

Pengaruh Besar Celah dan Overlap Terhadap Torsi dan Medan Alir Rotor Savonius Jenis J dengan Computational Fluid Dynamics

Zulfikar dan Syawal Fitriansyah

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

Corresponding Author: zfikar.hamid@gmail.com

Abstrak – Perhatian dan ketertarikan dunia terhadap sistem energi baru dan terbarukan meningkat pesat karena faktor ramah lingkungan dan semakin berkurangnya cadangan energi fosil. Energi angin merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang sangat berpotensi dikembangkan di negara kepulauan seperti Indonesia. Potensi energi angin dapat dikonversikan dengan menggunakan turbin angin sumbu horizontal (TASH) maupun turbin angin sumbu vertikal (TASV). Turbin angin sumbu vertikal tidak membutuhkan pengarah dan konstruksi sederhana sangat sesuai diterapkan untuk keperluan pembangkit skala kecil, maupun non pembangkit pada daerah pesisir dan kepulauan yang kecepatan angin relatif rendah. Rotor Savonius merupakan salah satu turbin angin sumbu vertikal dengan bentuk sudu S. Pada artikel ini akan dikaji pengaruh besar celah dan overlap terhadap unjuk kerja rotor Savonius jenis J. Rotor Savonius jenis J memiliki diameter 300mm dengan overlap 10mm; 20mm; 30mm; 40mm; 50mm dan 60mm pada celah 20mm; 30mm dan 40mm. Rotor telah disimulasikan 2D dengan model k- ϵ standard dan kondisi tunak pada sudut putar 0o, 45o, 90o dan 135o. Hasil simulasi berupa kontur tekanan, medan vektor kecepatan dan torsi digunakan untuk menganalisa karakteristik unjuk kerja rotor. Hasil simulasi menunjukkan besar celah dan jarak overlap secara signifikan mempengaruhi torsi yang dibangkitkan rotor. Torsi meningkat seiring dengan meningkat celah pada batas celah yang diuji. Nilai torsi juga meningkat dengan semakin besar jarak overlap hingga 30mm, kemudian akan menurun karena efek pengereman yang terjadi pada ujung sudu sisi dalam overlap. Copyright © 2014 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: besar celah, jarak overlap, torsi, Savonius jenis J.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi meningkat pesat seiring dengan pertumbuhan populasi manusia dan aktivitas pembangunan. Pemanfaatan sumber energi fosil secara berlebihan dapat mempercepat habisnya cadangan energi tersebut dan juga berdampak buruk terhadap lingkungan. Kondisi ini dapat dihindari dengan upaya diversifikasi sumber energi dengan sumber-sumber energi alternatif dan terbarukan. Energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif dan terbarukan yang sangat berpotensi dikembangkan, terutama di daerah pesisir dan pulau-pulau kecil yang sangat terbatas akses energi.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki potensi angin darat laut dengan kecepatan 3m/s hingga 6m/s. Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 [1] memproyeksikan kontribusi energi angin mencapai

5% dalam bauran energi primer pada tahun 2005. Pengembangan energi angin mencakup pengembangan energi angin untuk listrik dan non listrik (pemompaan air untuk irigasi dan air bersih), pengembangan teknologi energi angin yang sederhana untuk skala kecil (10 kW) dan skala menengah (50- 100 kW) dan mendorong pabrikan memproduksi sistem konversi energi angin (SKEA) skala kecil dan menengah secara massal.

Turbin angin sumbu vertikal (TASV) sesuai untuk memanfaatkan potensi angin darat-laut, karena kecepatan angin rata-rata rendah dan dapat menerima angin dari segala arah tanpa membutuhkan pengarah sehingga konstruksinya sederhana. Turbin yang termasuk dalam katagori ini adalah turbin angin Savonius yang terdiri dari sudu setengah lingkaran dan disusun berbentuk S.

Turbin angin Savonius jenis sudu J merupakan pengembangan dari turbin angin Savonius dengan

bentuk sudu J dan disusun membentuk celah dan overlap antara kedua sudu. Perubahan bentuk sudu dan susunan ini dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kinerja turbin. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji pengaruh celah dan overlap terhadap prediksi medan alir dan kinerja turbin angin Savonius sudu jenis-J dengan pendekatan metode CFD (Computational Fluid Dynamics).

2. Dasar Teori

Sawada [2] telah mempelajari mekanisme rotasi rotor savonius dengan dua sudu semiselinder dan telah menemukan rasio celah 0,21 menghasilkan torsi statik positif pada setiap sudut.

Diaz [3] mengukur kinerja aerodinamis rotor nilai koefisien drag dan lift. Koefisien power maksimum terjadi pada $\lambda = 1$, dan koefisien drag turun tajam jika λ diperbesar atau diperkecil. rasio tip kecepatan bertambah atau berkurang dari nilai ini.

Rotor Savonius memiliki torsi awal tinggi meskipun hal tersebut tidak seragam pada semua sudut rotor. Karakteristik torsi dari savonius rotor biasa memiliki dua masalah. Pertama, sangat bervariasi pada sudut rotor berbeda menyebabkan getaran dan menurunkan daya tahan rotor. Kedua, torsi pada rentang sudut putar 135° sampai 165° dan 315° sampai 345° adalah negatif atau sangat kecil, yang menghambat penggunaannya sebagai penggerak awal [4]. Untuk mengurangi variasi torsi dan meningkatkan kemampuan starting telah dikembangkan rotor Savonius jenis baru terdiri dari tiga tingkat dengan pergeseran setiap tingkatnya 120° yang didesain oleh Hayashi [5]. Tes terowongan angin menunjukkan variasi torsi statis maupun dinamis lebih halus dibandingkan dengan rotor satu tingkat sehingga meningkatkan kemampuan start. Penggunaan sudu pengarah juga dapat meningkatkan koefisien torsi pada TSR rendah tetapi menurun pada TSR tinggi. Turbin Savonius konvensional dengan dua dan tiga tingkat dapat mengatasi masalah torsi negatif. namun, jumlah tingkat lebih dari tiga dengan desain yang sama akan menurunkan koefisien daya maksimum.

Kamoji dan Kedare [6] telah menguji rotor helik dengan puntiran 90° . Pengujian dilakukan pada terowongan angin terbuka rotor Savonius dengan dan tanpa poros antara pelat akhir dengan overlap berbeda-beda. Semua rotor Savonius heliks mereka menemukan bahwa semua rotor heliks memiliki koefisien daya positif untuk semua sudut putar rotor dan rotor tanpa poros memiliki nilai lebih tinggi daripada rotor dengan poros tengah.

Gupta [7] telah membandingkan turbin angin Savonius tiga sudu dengan turbin angin Savonius-darrius tiga sudu. Koefisien daya turbin kombinasi adalah menurun seiring dengan ratio overlap meningkat. Koefisien daya maksimum 51% dicapai ketika tidak ada overlap.

Hermawan [8] telah mengkaji enam model turbin angin savonius tiga tingkat yang memiliki luas sapuan rotor $430,398 \text{ mm}^2$ dan diuji pada kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$, $5,81 \text{ m/s}$ dan $6,35 \text{ m/s}$. Variasi pengujian juga dilakukan dengan variasi dua sudu dan tiga sudu, serta variasi posisi sudut turbin. Model 1 adalah turbin angin savonius U dua sudu dan posisi masing-masing tingkat sejajar. Model 2 adalah turbin angin savonius U dua sudu dan posisi masing-masing tingkat membentuk sudut 60° . Model 3 adalah turbin angin savonius U dua sudu dan masing-masing tingkat membentuk sudut 90° . Model 4 adalah turbin angin savonius U tiga sudu dan posisi masing-masing tingkat sejajar. Model 5 adalah turbin angin savonius U tiga sudu dan masing-masing tingkat membentuk sudut 40° . Model 6 adalah turbin angin savonius U tiga sudu dan masing-masing tingkat membentuk sudut 60° . Nilai C_p maksimum yang dicapai untuk turbin angin dengan dua sudu adalah 0,1016 atau 10,16 % diperoleh pada saat tip speed ratio sebesar 0,2474 dengan kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$, sedangkan nilai C_p maksimum yang dicapai untuk turbin angin dengan tiga sudu adalah 0,0755 atau 7,55% diperoleh pada saat tip speed ratio sebesar 0,2113 dengan kecepatan angin $4,92 \text{ m/s}$. Daya turbin maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin dengan dua sudu adalah $0,6451 \text{ Watt}$, yaitu pada model 1, pada putaran rotor sekitar $174,7 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$. Sedangkan daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin dengan tiga sudu adalah $0,3718 \text{ watt}$, yaitu pada model 4, pada putaran rotor sekitar $134,4 \text{ rpm}$, dicapai pada kecepatan angin $6,35 \text{ m/s}$.

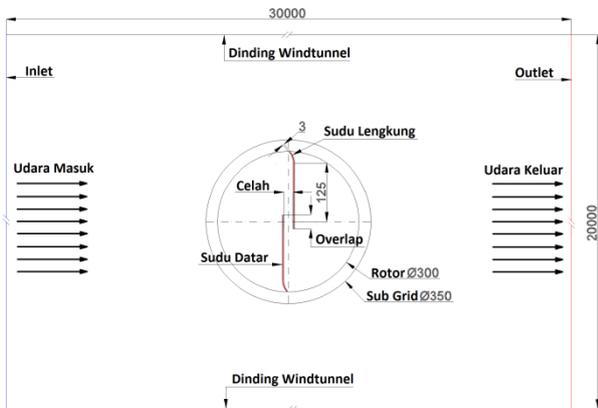
Morshed [9] telah melakukan pengujian terhadap rotor Savonius 3 sudu semi selinder dengan overlap yang berbeda dan tanpa overlap. Rotor diuji dengan bilangan Reynold berbeda-beda. Rasio overlap dan bilangan Reynolds secara signifikan mempengaruhi kinerja aerodinamis rotor Savonius. Pada bilangan Reynolds tinggi, rotor tanpa overlap memberikan koefisien aerodinamis yang lebih baik tetapi overlap memberikan hasil lebih baik pada bilangan Reynolds rendah.

Sharma [10] telah mengkombinasi turbin Savonius dan Darrius yang memiliki keunggulan yaitu torsi awal yang rendah, koefisien daya tinggi, rendah cut-in kecepatan angin. dengan Darrius dipasang di atas savonius rotor, untuk variasi tumpang tindih dari 10,8 % menjadi 25,8 %. Koefisien daya (C_p) dan koefisien torsi (C_t) dihitung dalam kisaran rendah dari Tip Kecepatan Ratio untuk setiap kondisi tumpang tindih. Nilai C_p meningkat dengan meningkatnya overlap hingga mencapai nilai maksimum kemudian C_p mulai menurun. Kecenderungan serupa juga terjadi dengan C_t . Nilai C_p maksimum 0.53 diperoleh pada TSR 0,604 untuk 16,8 % overlap optimal.

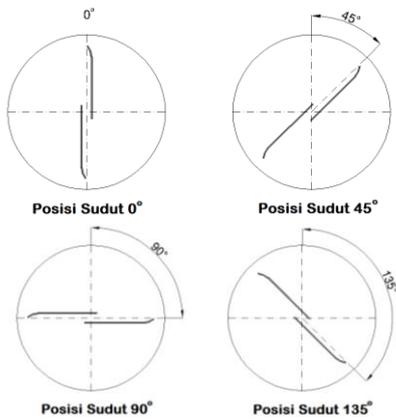
3. Metode Penelitian

Rotor Savonius jenis J dibangun dengan diameter

300mm, tebal sudu 3mm dan disimulasikan dalam bidang uji seperti pada Gambar 1. Nilai torsi diambil dari hasil simulasi 2-D rotor pada sudut putar 0°, 45°, 90° dan 135° (lihat Gambar 2).

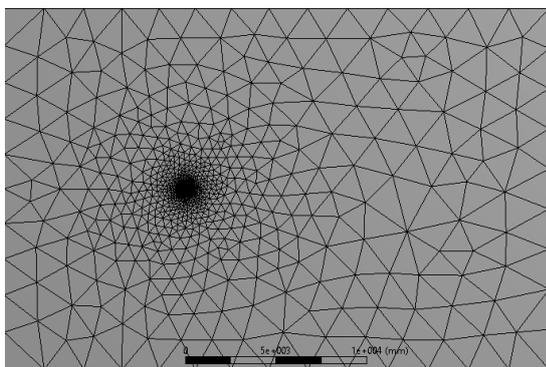


Gambar 1. Bidang uji dan letak rotor Savonius

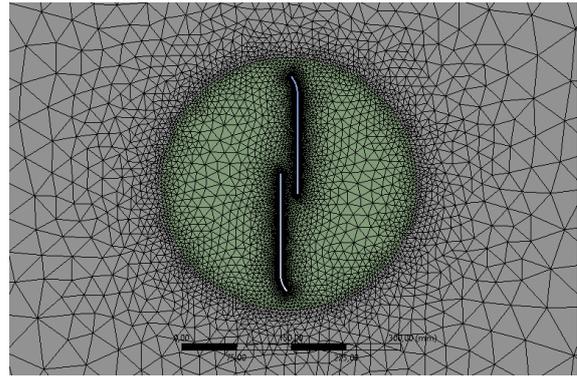


Gambar 2. Sudut putar rotor Savonius yang disimulasikan

Diskritisasi volume atur menggunakan element tri pada bidang uji (Gambar 3) dan bagian rotor (Gambar 4).



Gambar 3. Meshing pada ruang uji

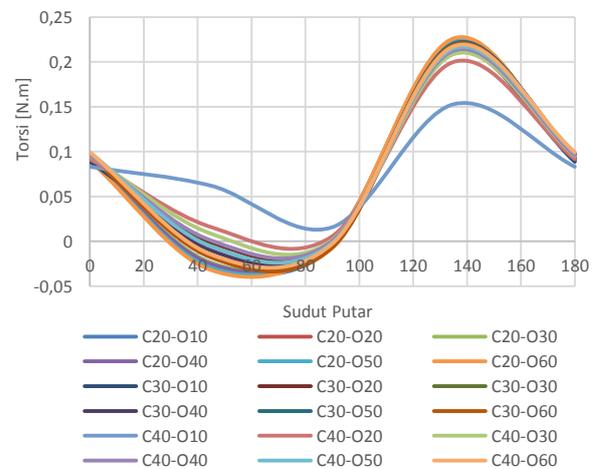


Gambar 4. Meshing pada rotor Savonius jenis L

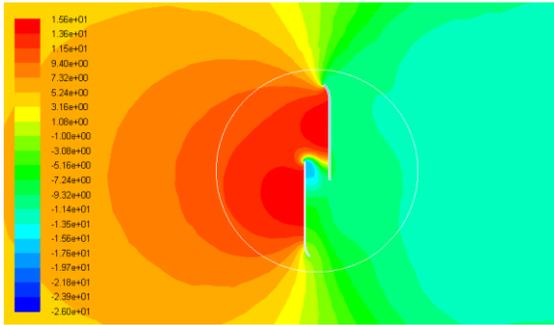
Kecepatan pada sisi masuk (*inlet velocity*) dan tekanan keluaran (*outlet pressure*) didefinisikan seragam serta pada sisi lainnya didefinisikan dengan dinding (*wall*). Kondisi aliran dalam turbin *crossflow* tunak dimodelkan dengan model k-ε standard dan diselesaikan dengan perangkat lunak CFD. Keakuratan perhitungan yang digunakan 10^{-3} untuk semua parameter medan alir.

4. Hasil dan Pembahasan

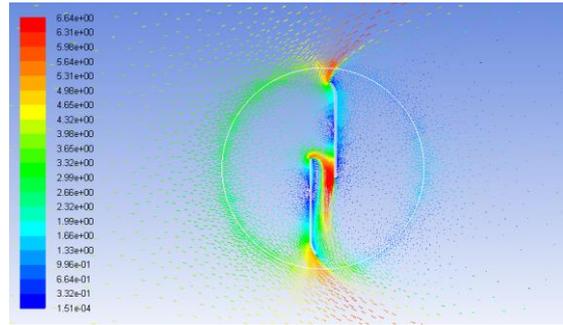
Nilai torsi terhadap sudut putar rotor membentuk gelombang sinusoidal (Gambar 5). Mula-mula nilai torsi menurun dengan berputarnya rotor hingga sudut putar 60°. Nilai torsi rendah terjadi pada sudut putar sekitar 60° hingga 80°, karena tekanan pada sisi depan sudu cekiung masih cukup tinggi (Gambar . terjadi pada sudut putar 135°. Torsi terendah dari semua rotor yang diuji memiliki nilai negatif atau torsi berlawanan arah putar sehingga mengurangi nilai torsi rata-rata rotor, kecuali rotor dengan celah 40 mm dan overlap 10 mm yang memiliki nilai torsi pada setiap sudut putar positif. Tetapi nilai torsi tertinggi relatif rendah sehingga tidak memberi dampak yang signifikan untuk meningkatkan nilai torsi rata-rata rotor (Gambar 5).



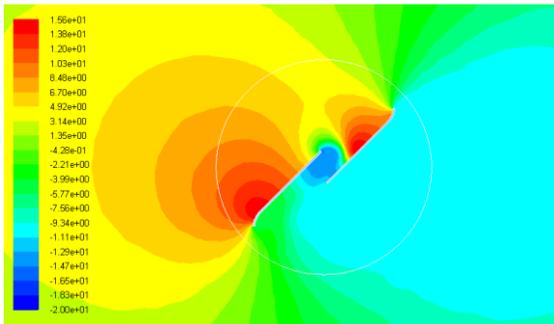
Gambar 5. Nilai torsi terhadap sudut putar rotor dengan variasi celah dan overlap



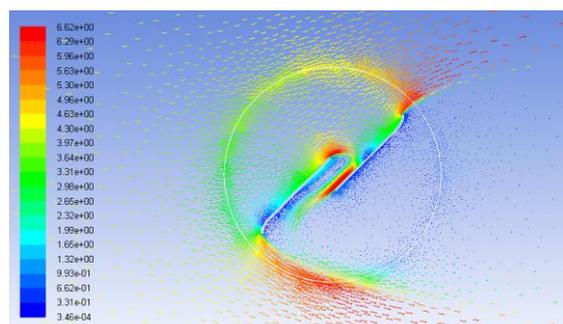
Gambar 6 Kontur tekanan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 0°



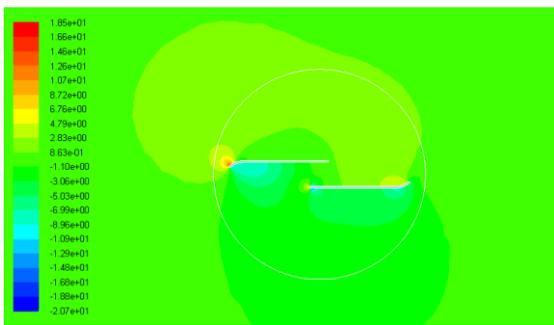
Gambar 10 Medan vektor kecepatan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 0°



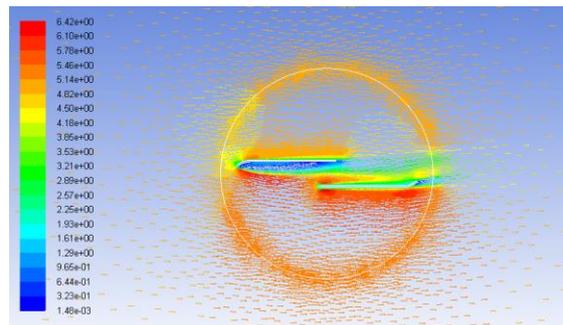
Gambar 7 Kontur tekanan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 45°



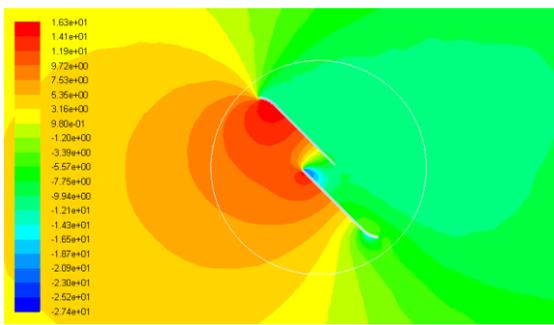
Gambar 11 Medan vektor kecepatan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 35°



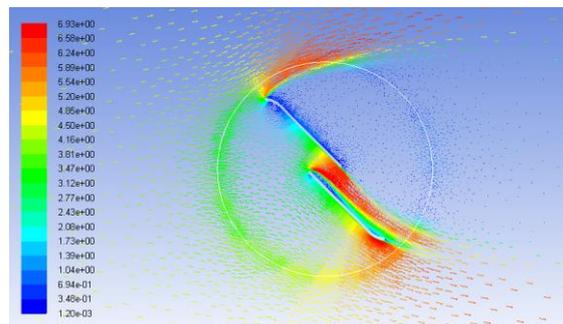
Gambar 8 Kontur tekanan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 90°



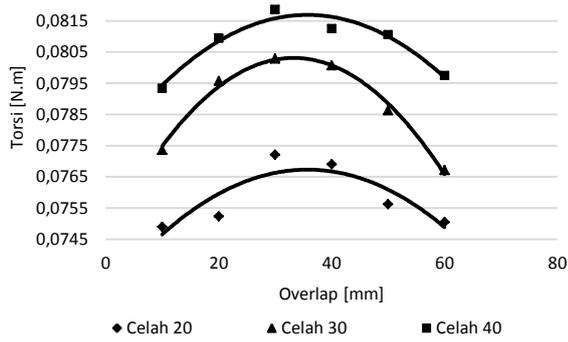
Gambar 12 Medan vektor kecepatan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 90°



Gambar 9 Kontur tekanan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 135°



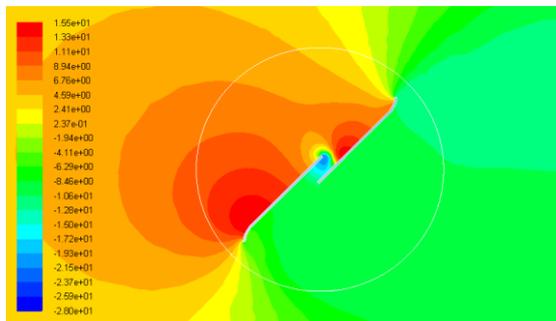
Gambar 13 Medan vektor kecepatan rotor dengan celah 40mm, overlap 30mm pada sudut putar 135°



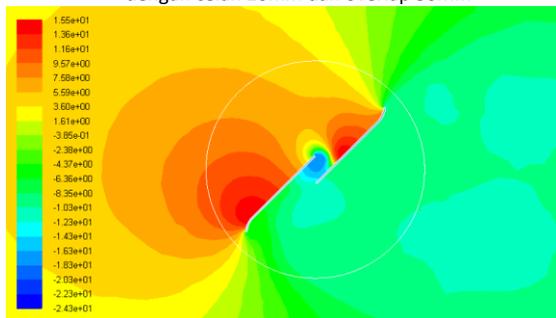
Gambar 14 Nilai torsi rata-rata terhadap variasi celah dan overlap

Gambar 14 memperlihatkan perubahan nilai torsi rata-rata rotor dengan celah 20mm, 30mm dan 40mm terhadap besar overlap membentuk kurva parabola dengan titik balik atas. Torsi rata-rata tertinggi terjadi pada besar overlap 30mm pada setiap celah yang diuji. Pembesaran celah berdampak terhadap peningkatan nilai torsi. Nilai torsi tertinggi untuk rotor yang diuji dicapai pada rotor dengan besar celah 40mm dan overlap 30mm.

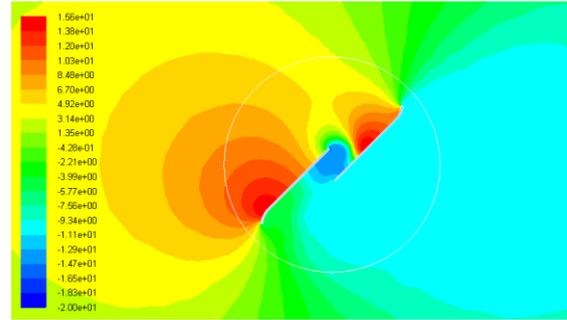
Pembesaran celah antar sudu mampu menurunkan tekanan depan sudu cekung dan belakang sudu cembung (Gambar 15 sampai dengan Gambar 17).



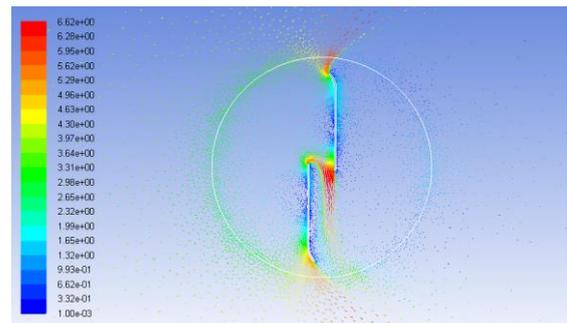
Gambar 15 Kontur tekanan pada rotor pada sudut putar 45° dengan celah 20mm dan overlap 30mm



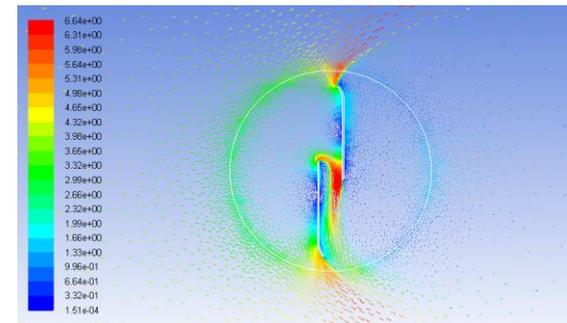
Gambar 16 Kontur tekanan pada rotor pada sudut putar 45° dengan celah 30mm dan overlap 30mm



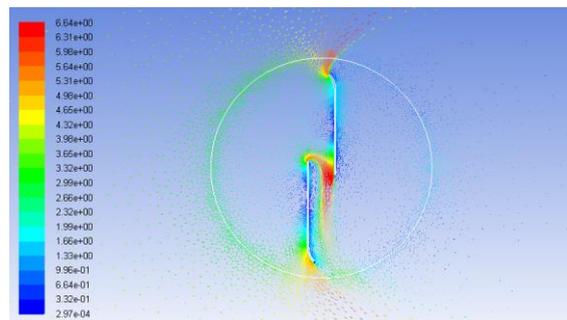
Gambar 17 Kontur tekanan pada rotor pada sudut putar 45° dengan celah 40mm dan overlap 30mm



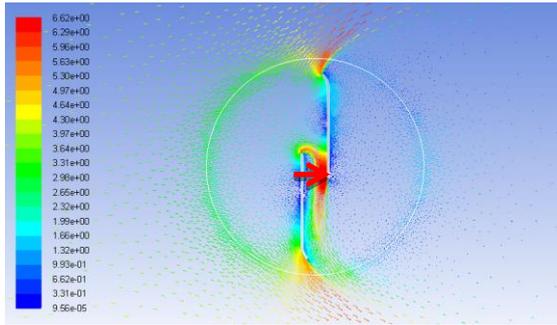
Gambar 18 Medan vektor kecepatan pada rotor pada sudut putar 0° dengan celah 40mm dan overlap 10mm



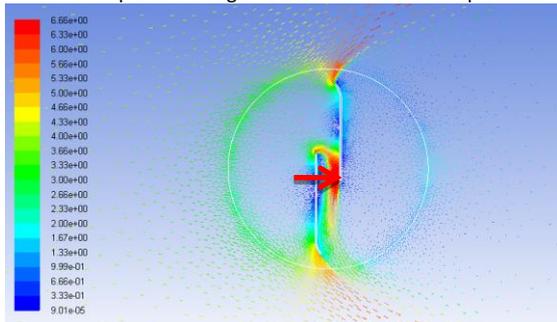
Gambar 19 Medan vektor kecepatan pada rotor pada sudut putar 0° dengan celah 40mm dan overlap 20mm



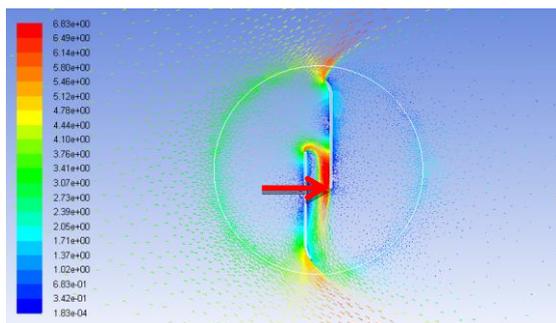
Gambar 20 Medan vektor kecepatan pada rotor pada sudut putar 0° dengan celah 40mm dan overlap 30mm



Gambar 21 Medan vektor kecepatan pada rotor pada sudut putar 0° dengan celah 40mm dan overlap 40mm



Gambar 22 Medan vektor kecepatan pada rotor pada sudut putar 0° dengan celah 40mm dan overlap 50mm



Gambar 23 Medan vektor kecepatan pada rotor pada sudut putar 0° dengan celah 40mm dan overlap 60mm

Jarak overlap secara signifikan berdampak terhadap torsi rotor. Nilai torsi meningkat seiring dengan penambahan jarak overlap hingga jarak overlap 30mm pada rotor yang diuji (Gambar 18 dan Gambar 20). Tetapi jarak overlap lebih besar dari 30mm akan memberi efek pengereman karena hambatan udara pada sisi ujung sudu overlap (Gambar 21 sampai dengan Gambar 23).

5. Kesimpulan

Simulasi CFD untuk mempelajari pengaruh jarak celah antar sudu dan jarak overlap terhadap performa yang dihasilkan dari rotor Savonius jenis J telah berhasil dilakukan. Dengan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Nilai torsi berubah terhadap sudut putar dan membentuk kurva sinusoidal dengan nilai terendah pada sudut putar 45° dan nilai tertinggi pada posisi sudut putar 135° .

- 2) Perubahan nilai torsi rata-rata terhadap jarak overlap membentuk kurva parabola dengan titik balik atas dengan nilai torsi rata-rata tertinggi terjadi pada besar overlap 30mm pada setiap celah yang diuji.
- 3) Pembesaran celah berdampak pada peningkatan terhadap nilai torsi yang dibangkitkan dengan nilai tertinggi pada celah 40mm.
- 4) Nilai torsi tertinggi untuk rotor yang diuji dicapai pada rotor dengan besar celah 40mm dan overlap 30mm.

References

- [1] Pemerintah Indonesia, PERATURAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 5 TAHUN 2006 TENTANG KEBIJAKAN ENERGI NASIONAL.
- [2] Sawada, T., Nahamura, M., Kamada, S. (1986) Blade force measurement and flow visualization of Savonius rotors, Bulletin of JSME, 29, 2095-2100.
- [3] Diaz, F., Gavalda, J., Massons, J. (1991) Drag and lift coefficients of the Savonius wind machine, Journal of Wind Engineering. 15, 240-246.
- [4] Hayashi, T., Li, Y., Hara, Y., Suzuki [2004] " Proceedings of European Wind Energy Conference and Exhibition, wind tunnel test on a three stage out phase Savonius rotor, London, England.
- [5] Hayashi, T. , Li, Y., Hara, Y. (2005). *Wind tunnel tests on a different phase three stage savonius rotor*. JSME international journal, 48, 9-16.
- [6] Kamoji, M. A., Kedare, S. B. (2007) Proceedings of 5th AIAA International Energy Conversion Engineering Conference. Wind tunnel tests on a single stage helical Savonius rotor.
- [7] Gupta, R., Biswas, A., Sharma, K. K. (2008). Comparative study of a three bucket savonius rotor with a combined three bucket Savonius –three bladed Darrieus rotor. Renewable Energy, 33, Page (1974-1981)
- [8] Hermawan, *Unjuk Kerja Model Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Sudu dan Variasi Posisi Sudut Turbin*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, Palembang, 13-15 Oktober 2010, hal. 31-37.
- [9] Morshed, K.N, Rahman. M, Molina. G., dan Ahmed. M., Wind tunnel testing and numerical simulation on aerodynamic performance of a three-bladed Savonius wind turbine, Int. J. Of Energy and Enviromental Engineering, 2013, 4:18
- [10] Sharma, K.K., Biswas, A., dan Gupta, R, *Performance Measurement of a Three-Bladed Combined Darrieus-Savonius Rotor*, Int. J. Of renewable Energy Research, 2013, Vol. 3., No.4., pp. 885-891.