

# PENGARUH PENAMBAHAN DIMPLE PADA BLADE TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD) UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA TURBIN ANGIN SAVONIUS

I Kadek Alit Dwika Mahajaya<sup>1</sup>, Gunawan Sakti<sup>2</sup>, Bambang Bagus Hariyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Penerbangan Surabaya, Jemur Andayani 1/73 Wonocolo Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 60236  
<sup>2</sup>Corresponding author. Email: madealit34@poltekbangsby.ac.i

## ABSTRAK

Proyek akhir ini mengambil topik pengaruh penambahan *dimple* pada *blade* turbin angin Savonius. *Dimple* telah lama dikenal sebagai *device* yang sangat berguna untuk perbaikan karakteristik aerodinamis dengan cara menunda terjadinya separasi pada *blade* turbin. Separasi pada *blade* dapat menyebabkan membesarnya *pressure drag*. Dengan adanya *dimple* akan menunda separasi lebih lama mengikuti arah aliran *blade* turbin sehingga mengurangi *pressure drag*. Metode penelitian yang dilakukan yaitu secara studi numerik. Studi Numerik ini menggunakan software CFD sebagai simulasi pergerakan turbin angin savonius. Menggunakan turbin angin Savonius dengan diameter *blade*  $d = 100$  mm, kedalaman *dimple* pada *returning blade*  $k = 1$  mm dan jarak antara kolom *dimple*  $s = 7^\circ$  relatif terhadap titik pusat *blade* turbin. Penelitian dilaksanakan pada *Reynolds Number*  $Re = 56.78 \times 10^4$  dengan kecepatan angin  $V = 5$  m/s. Analisa dilakukan dengan membandingkan nilai *coefficient of power*, *coefficient of moment*, dan *pressure and velocity contour* dari turbin menggunakan *dimple* dengan turbin konvensional. Hasil pengukuran dibandingkan untuk melihat pengaruh *dimple* pada performa daripada turbin Savonius serta perbandingan dengan hasil ekperimental dari penelitian rujukan. Hasil studi numerik turbin angin Savonius dengan *dimple* mengalami penurunan performa tertinggi sebesar  $-28.8\%$  untuk *coefficient of moment* dan *coefficient of power*. Hal ini dikarenakan diperlukan pembelajaran lebih lanjut pada bagian setup dari ansys fluent.

**Kata kunci:** *Dimple*, CFD, Turbin Angin Savonius, Aerodinamika,

## 1. PENDAHULUAN

Dunia semakin panas selama beberapa dekade terakhir dan emisi gas rumah kaca menjadi alasan utama pemanasan global. Sektor energi termal memberikan kontribusi yang signifikan terhadap sumber emisi tersebut dan jika kita ingin menyelesaikan masalah maka beralih ke sumber energi terbarukan menjadi salah

satu solusinya. Salah satu sumber energi terbarukan yang layak digunakan adalah Energi Angin. Energi angin adalah salah satu teknologi hemat biaya dan merupakan salah satu sektor yang ditargetkan oleh unit produksi listrik.[1]

Turbin angin Savonius termasuk dalam kelompok sumbu vertikal. Dipatenkan oleh insinyur Finlandia Sigurd

Savonius pada tahun 1929. Prinsip kerja turbine Savonius adalah karena adanya perbedaan drag antara kedua sisi bilah turbin cekung atau *advancing blade* dengan sisi bilah turbin cembung atau *returning blade* yang menghasilkan gaya torsi putar. Kekurangan dari turbin ini yaitu performa relatif rendah diantara turbin tipe lainnya sehingga banyak peneliti melakukan riset dalam upaya meningkatkan kinerja turbin Savonius.

Salah satu cara untuk meningkatkan performa turbin angin savonius adalah dengan memodifikasi blade. Beberapa modifikasi turbin angin Savonius mulai dari penambahan *blade*, menambah *stage* pada turbin, kecepatan angin, memodifikasi bahan *rotor* dan modifikasi kekasaran permukaan. Salah satu modifikasi kekasaran permukaan yang dapat dilakukan adalah menggunakan *dimple*. *Dimple* merupakan lekukan berbentuk cekung yang terinspirasi dari struktur permukaan bola golf. Penambahan *dimple* pada sebuah benda bergerak juga dapat menunda terjadinya separasi aliran udara lebih lama daripada tanpa adanya penambahan *dimple*. [3]

(Salim, 2022) melakukan Analisa pada turbin Savonius dengan menambahkan *dimple* pada permukaannya. Menggunakan *dimple* ukuran 5 mm, jarak antar *dimple* 14°

dan kedalaman 1 mm. Tujuan penelitian untuk mengurangi gaya drag yang dihasilkan oleh turbin. Penelitian ini membandingkan hasil dari Torsi, RPM, dan Daya dari turbin standart dengan turbin menggunakan *dimple*. Hasilnya Rpm pada turbin konvensional 420,5 dan pada turbin dengan *dimple* 436,5 jadi rpm naik sebesar 3,66%. Torsi pada turbin konvensional 0.01 Nm dan pada turbin dengan *dimple* 0.02 Nm jadi torsi naik sebesar 12,33 %. Daya yang dihasilkan pada turbin konvensional 0.26 dan pada turbin dengan *dimple* 0.33 jadi daya naik sebesar 20,3%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *dimple* dapat meningkatkan efisiensi dari turbin savonius. [4]

Pada penelitian kali ini, akan digunakan turbin angin Savonius dengan *penambahan dimple pada blade turbin*. Penelitian ini menggunakan Turbin Angin Savonius tipe S. Menggunakan *dimple* ukuran 5 mm dan kedalaman *dimple* 1 mm. Jarak antar *dimple* di perkecil menjadi 7°. Dengan Renold Number  $56.78 \times 10^4$  dan kecepatan angin 5 m/s. Hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan turbin angin savonius tanpa *dimple*. Dimana dengan adanya *dimple* pada turbin Savonius akan memiliki performa lebih baik dari pada turbin konvensional. *Dimple* pada

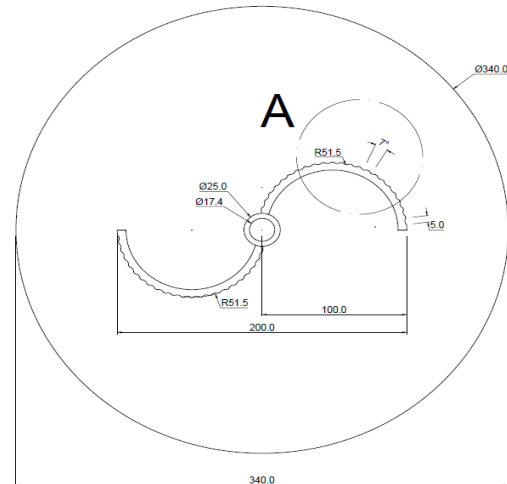
permukaan turbin dapat menunda terjadinya separasi dan akan mengurangi *pressure drag*.

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian ini dikumpulkan dengan metode numerik dengan teknologi Computational Fluid Dynamics (CFD). Teknik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non industri. Penelitian ini merupakan simulasi aliran udara pada turbin angin Savonius. Informasi yang dicari setelah simulasi adalah koefisien torsi dan daya serta visualisasi aliran udara yang melewati objek penelitian. Computational Fluid Dynamics (CFD) memiliki beberapa fase yaitu fase pre-processing, fase processing dan fase post-processing.

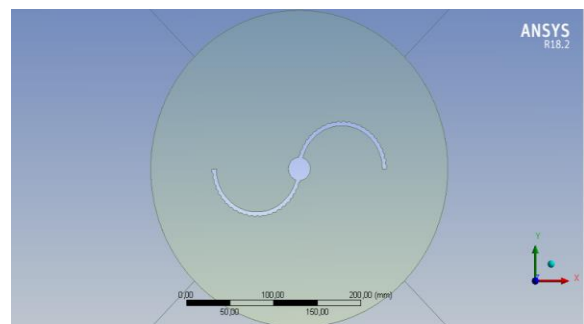
Penelitian numerik dilakukan dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan software Fluent 18.2 dan dengan software Autocad untuk membuat model awal. Setelah di buat model awal di autocad. Gambar 1 adalah model awal dari software Autocad. Selanjutnya masuk ke proses Geometri menggunakan software ansys fluent yang di gambarkan pada gambar 2. Dan Kemudian di lanjutkan ke tahap terakhir yaitu Meshing yang di tunjukan pada gambar 3. Proses

meshing adalah proses untuk membagi volume dari geometri benda uji menjadi bagian yang lebih kecil dan halus yang bertujuan untuk mendapatkan hasil komputasi analisa yang lebih akurat.

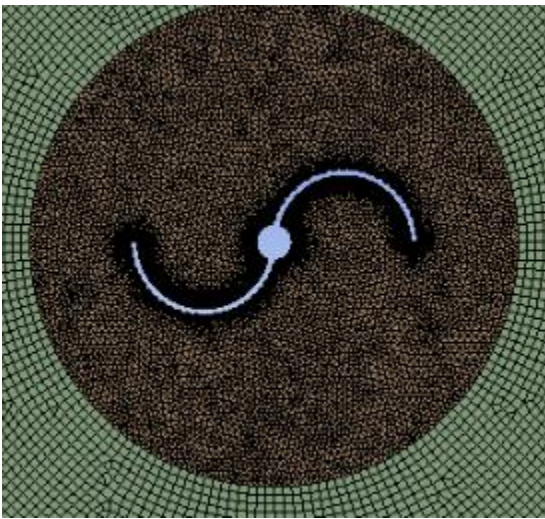


Gambar 1 model awal pada software autocad

Profil turbin yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua turbin angin savonius dimana masing-masing adalah turbin angin savonius tanpa dimple dan turbin angin savonius dengan dimple. Menggunakan dimple ukuran 5 mm, jarak antar dimple 7° dan kedalaman 1 mm.



Gambar 1 Geometri Turbin Angin Savonius Dengan Dimple



Gambar 3 Messing Turbin Angin Savonius Dengan Dimple

Dalam penggunaan Fluent 18.2 memerlukan keakuratan data baik pada langkah post processing maupun preprocessingnya. Langkah *grid independensi* diperlukan untuk menentukan tingkat serta struktur grid terbaik dan terefisien agar hasil pemodelan mendekati sebenarnya.

Tabel 1 Langkah-langkah pada fluent dan inputannya

Langkah		Input
Boundary Condition	Turbin Dinding	Wall wall

	Inlet	Velocity inlet (5 m/s)
	Outlet	Outflow
Models		k-epsilon
Material	Densitas ( $\rho$ )	1.1726 kg/m <sup>3</sup>
	Viskositas ( $\mu$ )	1,8553E-5.
Operating Condition	Temperature	28°

Setelah di lakukan tahapan praprosesan, selanjutnya di lakukan proses solver (proses). Dalam tahap ini dilakukan proses *solving*, akan dilakukan penghitungan iterasi sampai mencapai kondisi konvergen. Bila kondisi konvergen tersebut belum didapatkan, maka dapat mengulangi tahapan *meshing* untuk dilakukan reparasi. Perhitungan secara numerik digunakan untuk memecahkan permasalahan dengan metode CFD dalam tahap ini. Simulasi akan dilakukan pada tiap TSR ( $\lambda$ ). Tabel 3.1 merupakan tabel besaran sebagai input pada setup solver.

Tabel 2 Tabel Input Setup pada tiap TSR

$\lambda_{tsr}$	rad/s	time step size / waktu per 1 deg
-----------------	-------	----------------------------------

0.4	20.00	0.000873
0.5	25.00	0.000698
0.6	30.00	0.000582
0.7	35.00	0.000499
0.8	40.00	0.000436
0.9	45.00	0.000388
1.0	50.00	0.000349

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAAN

#### Analisa *coefficient of moment* terhadap Tip Speed Ratio (TSR)

Pada simulasi ini menunjukkan hasil dari pengukuran secara numerik dan konvensional dari *coefficient of moment* terhadap *tips speed rasio*(TSR). Pengukuran ini menggunakan 7 variabel TSR yang dimulai dari TSR 0.4 sampai dengan TSR 1.0.

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran nilai *coefficient of moment (Cm)* terhadap variable TSR pada turbin Savonius konvensional dan dengan penambahan dimple menggunakan metode studi numerik. penambahan dimple pada turbin angin savonius masih belum menunjukkan peningkatan performa dari turbin tersebut, namun penambahan dimple menunjukkan penurunan performa pada turbin tersebut. Penurunan nilai dimple terkecil terjadi pada

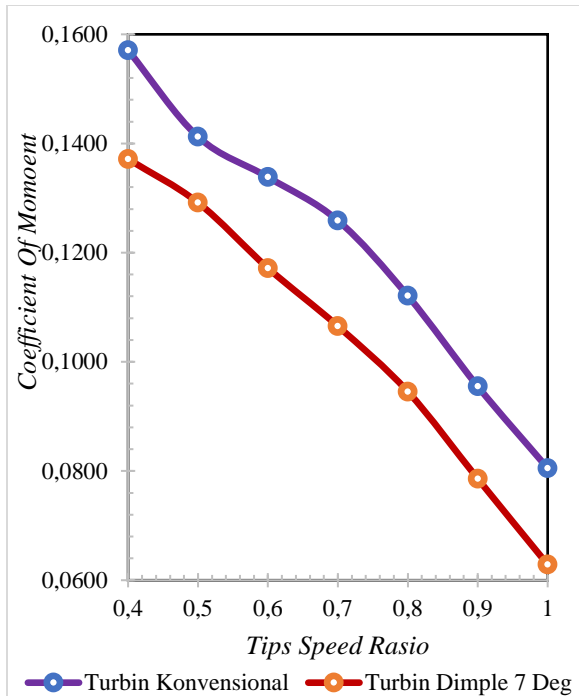
variable TSR 0.5, dimana nilai *coefficient of moment (Cm)* menurun sebesar -9.35%. Penurunan terbesar pada TSR 1.0, dengan nilai -28.08%.

Tabel 3 Nilai *coefficient of Moment (Cm)*

Studi numerik dimple 7 deg

TSR	Konvensional	Dimple 7 deg	Decrease $\Delta\%$
0.4	0.1571	0.1372	-14.53%
0.5	0.1412	0.1292	-9.35%
0.6	0.1338	0.1172	-14.21%
0.7	0.1259	0.1065	-18.17%
0.8	0.1121	0.0946	-18.56%
0.9	0.0955	0.0786	-21.53%
1	0.0805	0.0629	-28.08%

Gambar 4.3 menunjukkan hasil secara visual dari perbandingan *coefficient of moment (cm)* terhadap variable TSR antara turbin angin savonius dengan dimple dan tanpa dimple. Dari grafik tersebut, dapat dilihat Cm mengalami penurunan seiring dengan naiknya TSR. Selain itu, eksperimen dan numerik menghasilkan *coefficient of moment* yang berbeda. Untuk hasil eksperimen, turbin Savonius dengan pemberian dimple memiliki Cm yang lebih tinggi daripada turbin Savonius konvensional. Hal tersebut, berbanding terbalik pada hasil numerik. Turbin Savonius konvensional memiliki nilai Cm lebih tinggi dari pada turbin dengan dimple pada permukaan returning bladenya.



Gambar 4 Grafik *coefficient of moment* terhadap Tip Speed Ratio (TSR)

**Analisa *coefficient of power* terhadap Tip Speed Ratio**

Pada simulasi ini menunjukkan hasil dari pengukuran secara numerik dan konvensional dari *coefficient of power* terhadap *tips speed rasio*(TSR). Pengukuran ini menggunakan 7 variabel TSR yang dimulai dari TSR 0.4 sampai dengan TSR 1.0.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ) terhadap variable TSR pada turbin Savonius konvensional dan dengan penambahan dimple menggunakan metode studi numerik. Penambahan dimple pada turbin

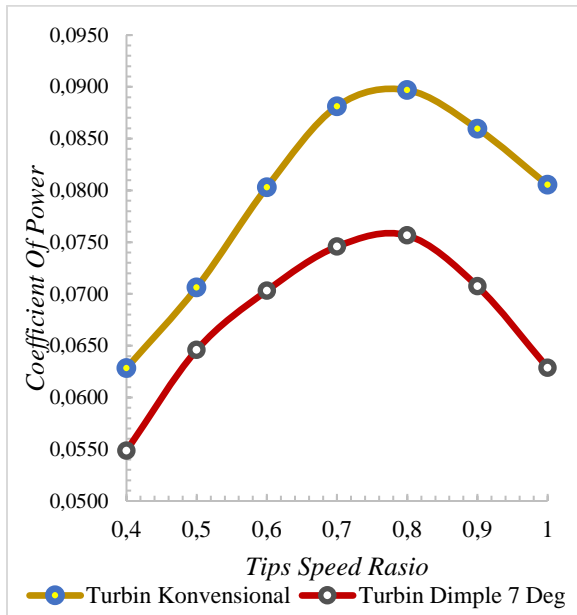
angin savonius masih belum menunjukkan peningkatan nilai *output(power)* dari turbin tersebut, namun penambahan dimple menunjukkan penurunan *output(power)* pada turbin tersebut. Penurunan nilai *output(power)* dimple terkecil terjadi pada variable TSR 0.5, dimana nilai *coefficient of moment* ( $C_m$ ) menurun sebesar -9.35%. Penurunan terbesar pada TSR 1.0, dengan nilai -28.08%.

Tabel 4 Data *coefficient of power* hasil simulasi numerik

TSR	Konvensional	Dimple 7 deg	Decrease $\Delta\%$
0.4	0.0628	0.0549	-14.53%
0.5	0.0706	0.0646	-9.35%
0.6	0.0803	0.0703	-14.21%
0.7	0.0881	0.0746	-18.17%
0.8	0.0897	0.0756	-18.56%
0.9	0.0860	0.0707	-21.53%
1	0.0805	0.0629	-28.08%

Gambar 5 menunjukkan hasil secara visual dari perbandingan *coefficient of power* ( $C_p$ ) terhadap variable TSR antara turbin angin savonius dengan dimple dan tanpa dimple. Dari gambar tersebut, dapat dilihat  $C_p$  mengalami kenaikan nilai sampai dengan pada titik puncaknya pada variable TSR 0.8, kemudian nilai mengalami penurunan sampai pada variable TSR 1.0. Hasil studi numerik

terlihat bahwa garis tertinggi di dapatkan oleh turbin konvensional dan yang terendah didapatkan oleh turbin angin angin savonius dengan dimple 7.



Gambar 6 Grafik *coefficient of power* terhadap Tip Speed Ratio (TSR)

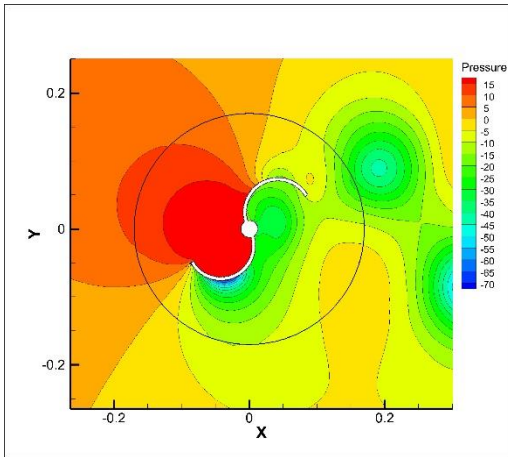
### Pressure contour

Analisa terkait kinerja turbin berdasarkan perubahan pressure drag efek dari penambahan dimple 7°. Nilai TSR  $\lambda=0.8$  dan posisi sudut( $\theta$ ) 30° (mewakili koefisien maksimum dan sudut terbaik) digunakan sebagai titik referensi dalam pertimbangan ini.

Gambar 4.6 menunjukkan static pressure contour antara turbin Savonius konvensional dan turbin dengan penambahan dimple 7° pada posisi sudut

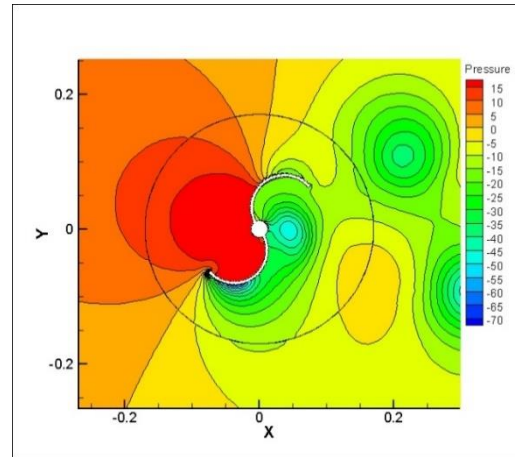
30°. Warna merah pada kontur menandakan pressure yang bernilai positif, sedangkan warna biru menandakan pressure yang bernilai negatif.

Pada gambar 7, advancing blade adalah blade yang berada di bagian bawah shaft sedangkan returning blade berada di bagian atas. Ketika angin datang dari sisi kanan dan menerpa bagian advancing blade, pressure di sisi cekung blade berwarna merah dan di sisi cembung berwarna biru. Artinya, terjadi perbedaan pressure antara bagian depan dan belakang blade sehingga menghasilkan drag positif karena memutar turbin sesuai arah putarannya. Sementara itu, pada bagian returning blade, pressure 15 berwarna merah hanya di sebagian sisi cembung blade dan di sisi cekung pressure berwarna hijau. Oleh karena itu, returning blade menghasilkan drag negatif karena berlawanan dari arah putaran turbin sehingga bersifat merugikan.



Gambar 7 Hasil Pressure contour dari Turbin konvensional.

Setelah ditambahkan dimple, pada gambar 8 hampir tidak terjadi perubahan signifikan pada kontur. Di daerah upstream, luasan warna merah lebih kecil dibandingkan turbin konvensional. Namun, terjadi perubahan di wake region. Di sisi cembung retuning blade, luasan warna hijau dengan kisaran pressure -10 lebih besar dibandingkan turbin konvensional. Hal ini membuktikan terjadi sedikit penurunan pressure sehingga menyebabkan *coefficient of power* ( $C_p$ ) lebih rendah daripada turbin konvensional. Dengan demikian, secara numerik static pressure contour sepakat dengan hasil *Coefficient of power* ( $C_p$ ) yang turun.



Gambar 8 Hasil Pressure contour dari turbin dengan dimple  $7^\circ$ .

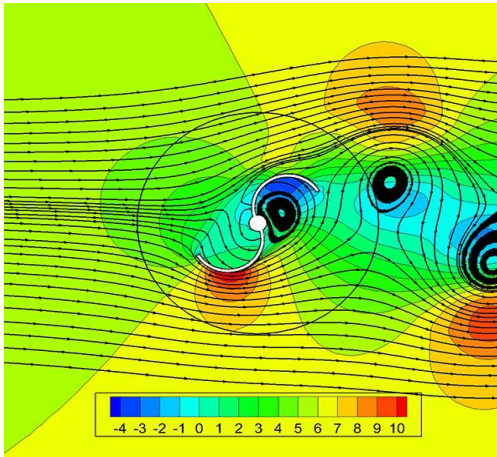
### Velocity Contour

Selanjutnya, dilakukan Analisa terkait kinerja turbin berdasarkan velocity efek dari penambahan dimple  $7^\circ$ . Nilai TSR  $\lambda=0.8$  dan posisi sudut( $\theta$ )  $30^\circ$  digunakan sebagai titik referensi dalam pertimbangan ini.

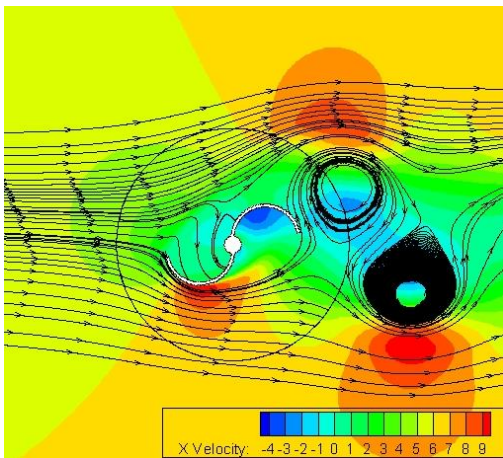
Gambar 4.7 menunjukkan velocity contour antara turbin Savonius konvensional dan turbin dengan penambahan dimple  $7^\circ$  pada posisi  $30^\circ$ . Garis-garis dengan panah pada gambar merupakan streamline aliran udara. Nilai positif dan negatif pada *contour legend* menyatakan arah aliran udara. Nilai positif menunjukkan arah aliran ke kanan sedangkan nilai negatif menunjukkan aliran balik (backflow). Luasan merah pada kontur menandakan terjadi peningkatan



kecepatan aliran udara sedangkan luasan hijau menggambarkan kecepatan aliran normal sesuai dengan kecepatan udara yang telah ditentukan, yakni 5 m/s.



Gambar 9 Hasil Pressure Velocity dari Turbin konvensional



Gambar 10 Hasil Pressure Velocity dari turbin dengan dimple 7°.

Pada posisi sudut 30°, titik stagnasi terjadi pada permukaan returning blade dekat dengan shaft turbin. Aliran udara kemudian terlepas dari permukaan membentuk daerah vortex. Setelah

ditambahkan dimple, vortex yang dihasilkan lebih kecil daripada turbin konvensional. Hal ini membuktikan terjadi sedikit penurunan pressure sehingga menyebabkan *coefficient of power* ( $C_p$ ) lebih rendah daripada turbin konvensional. Dengan demikian, secara numerik velocity contour sepadat dengan nilai *coefficient of power* ( $C_p$ ).

#### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai pengaruh *dimple* pada performa turbin angin savonius, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimple pada *returning blade* turbin angin Savonius tidak dapat mempengaruhi performa, melainkan turbin angin Savonius dengan dimple mengalami penurunan performa tertinggi sebesar – 28.8 % untuk *coefficient of moment* dan *coefficient of power*.

2. Untuk mengetahui pengaruh dimple pada *returning blade* turbin angin Savonius bisa dilihat melalui perbandingan antara turbin konvensional dengan turbin dimple dengan parameternya *coefficient of moment* dan *coefficient of power*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- K.K, A., V.R, N., Kumar S, S. V., & R, A. (2018). Analyzing the Effect of Dimples on Wind Turbine Efficiency Using CFD. *International Journal of Applied Engineering Research*, 4484 - 4489.
- Ma'ruf, F. (2016). APLIKASI MEDIA PEMBELAJARAN MATA KULIAH AERODINAMIKA BERBASIS FLASH. *Jurnal Teknik STTKD*, 31-40.
- Madhanraj, V., Reddy, E. H., Basha, S. S., Murthy, K. K., & Chandra, G. B. (2021). Investigation and Analysis of The Performance Characteristics of Horizontal Axis Wind Turbine Blade with Dimple By Using CFD. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 47-51.
- MASRAMON, E. M. (2015). *EXPERIMENTAL STUDY OF FLOW THROUGH A SAVONIUS WIND TURBINE*. Catalonia: universitat politècnica de catalunya.
- Mishra, N., Jain, A., Nair, A., Khanna, B., & Mitra, S. (2020). Numerical and Experimental Investigations on a Dimpled Savonius Vertical Axis Wind Turbine. *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, 646-653.
- RAUF, W. (2020). *Analisis Pengaruh Kontrol Aktif Separasi Aliran Pada Model Kendaraan Terhadap Hambatan Aerodinamika*. Gowa: UNIVERSITAS HASANUDDIN.
- SAKTI, G. (2018). *INVESTIGASI KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN METODE PENGGANGGU TIPE I-65° SEBAGAI KONTROL PASIF ALIRAN PADA SUDU RETURNING*. SURABAYA: INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER.
- Salim, L. L., Ridwan, Sari, S. P., & Setyawan, I. (2020). Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin. *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, 148-153.
- SALIM, M. A. (2022). *STUDI EKSPERIMEN UPAYA PENGURANGAN GAYA DRAG PADA TURBIN ANGIN SUMBU TEGAK UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA*. SURABAYA: POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA.