

## STUDI PENGARUH JARAK CELAH BLADE PENGGANGGU DENGAN BLADE UTAMA TERHADAP KINERJA SAVONIUS DENGAN TINJAUAN NUMERIK

**Iqbal Lazuardi Rakasiwi Akbar**

S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [iqbalakbar@mhs.unesa.ac.id](mailto:iqbalakbar@mhs.unesa.ac.id)

**Indra Herlamba Siregar, S.T., M.T**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [indraherlambasiregar@unesa.ac.id](mailto:indraherlambasiregar@unesa.ac.id)

### Abstrak

Turbin angin merupakan alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi energi gerak dan menghasilkan listrik. Banyak kelebihan yang dimiliki turbin angin jenis ini. Penelitian simulasi blade pengganggu yang dilakukan oleh Sonu & Rajesh (2016) Konfigurasi dengan penambahan 2 Blade pengganggu diamati memiliki kinerja yang lebih baik daripada konfigurasi konvensional. Metode penelitian yang digunakan adalah metode simulasi numerik. Dengan menggunakan simulasi numerik berbasis komputasi *CFD* ini mempermudah peneliti untuk mendapatkan parameter – parameter hasil pengujian tanpa eksperimen aktual dan parameter – parameter hasil yang bisa didapat lebih banyak dibanding dengan eksperimen uji aktual Pada penelitian ini di harapkan memengaruhi hasil dari daya turbin dan efisiensi yang di hasilkan dengan harapan terjadi peningkatan pada kinerja turbin. Hasil masing – masing dari data di tampilkan dalam bentuk tabel dan grafik ke mudian di analisis kesimpulanya, hasil akhir penelitian ini di peroleh pemodelan turbin angin *savonius* tipe- S yang sesuai dengan tujuan yang di harapkan. Dengan Variasi jarak digunakan dalam penelitian ini yaitu pada variasi jarak 4cm, 6cm dan 8cm.

**Kata kunci:** *Savonius*, vertikal, *blade pengganggu*, numerik

### Abstract

The wind turbine is a device that converts wind energy into motion and generates electricity. There are many advantages of this type of wind turbine. The disturbance blade simulation research conducted by Sonu & Rajesh (2016) The configuration with the addition of 2 disturbing blades was observed to have better performance and conventional measures. The research method used is the numerical simulation method. By using numerical simulation based on *CFD* computation, it makes it easier for researchers to get test result parameters without actual experiments and more parameter results than the actual experimental test in this study which can affect the results of the turbine and the resulting efficiency hope of an increase in turbine performance. The results of each data are displayed in the form of tables and graphs to the conclusion analysis, the results of this final research obtained S-type *savonius* wind turbine modeling in accordance with the expected objectives. With variations in the distance used in this study, namely the variations in the distance of 4cm, 6cm and 8cm.

**Keywords:** *Savonius*, vertical, disturbing blade, numeric.

### PENDAHULUAN

Masalah kependudukan dan kerusakan lingkungan hidup merupakan dua permasalahan yang kini sedang dihadapi bangsa Indonesia, pertumbuhan penduduk yang cepat meningkatkan permintaan terhadap sumber daya alam, pada saat yang sama meningkatnya konsumsi yang disebabkan oleh membengkaknya jumlah penduduk yang pada akhirnya akan berpengaruh pada semakin berkurangnya sumber daya alam.

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya di dunia pada umumnya terus meningkat karena pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi, salah satu sumber pemasok listrik PLTA bersama pembangkit listrik tenaga uap PLTU dan pembangkit listrik tenaga gas PLTG memegang penting untuk persiapan listrik terutama Jawa, Madura, dan Bali.

Menurut penelitian Sulis Yulianto dan Irvan Aryawidura (2012) tentang pengaruh waktu tahan *hot*

*dipped Galvanizing* terhadap sifat mekanik, tebal lapisan, dan struktur mikro baja rendah. Menyimpulkan bahwa semakin lama waktu tahan pencelupan akan mengakibatkan semakin tebal lapisan *zinc* yang dihasilkan dan nilai kekerasannya semakin tinggi.

Penelitian juga dilakukan Aris rahmanto “studi eksperimen pengaruh jarak celah blade pengganggu dengan blade utama terhadap kinerja *savonius*” Setelah dilakukan penelitian terhadap studi eksperimental model turbin angin *savonius* dengan penambahan jarak celah blade pengganggu pada blade utama 0cm, 2cm, 4cm, 6cm pada kecepatan angina 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s

Hasil jejak penelitian diatas pada dasarnya dilakukan demi mencapai prestasi kerja maksimal yang dapat diperoleh oleh turbin angin tipe *savonius* secara efisien sehingga dapat menjadi langkah penting dalam peningkatan performansi turbin angin *savonius*. Maka dari latar belakang di atas, penulis tertarik untuk melakukan

penelitian tentang “Studi Eksperimental Pengaruh Jarak Celah Blade Pengganggu dengan Blade Utama terhadap kinerja Savonius”.

### Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

Bagaimana karakteristik (rpm, torsi, daya, efisiensi, TSR) pengaruh perbedaan jarak pada bilah pada turbin angin sumbu vertikal jenis *Savionus* terhadap kinerja turbin dengan metode simulasi numerik ?

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui pengaruh besarnya daya yang di hasilkan turbin angin savonius dengan penambahan jarak celah blade pengganggu.
- Untuk mengetahui pengaruh penambahan bld pengganggu pada turbin angina savonius terhadap efisiensi.

### Turbin Angin Savonius

Turbin angin savonius pertama kali diperkenalkan oleh insinyur Finlandia Sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Turbin angin sumbu vertikal yang terdiri dari dua sudu berbentuk setengah silinder atau *elips* yang dirangkai sehingga membentuk ‘S’, satu sisi setengah silinder berbentuk cembung dan sisi lain berbentuk cekung yang dilalui angina. Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor turbin ini memanfaatkan gaya hambat *drag* saat mengekstrak energi angin dari aliran angin yang melalui sudu turbin. Koefisien hambat permukaan cekung lebih besar dari pada permukaan cembung. Oleh sebab itu sisi permukaan cekung setengah silinder yang dilalui angin akan memberikan gaya hambat yang lebih besar dari pada sisi lain sehingga rotor dapat berputar. Setiap turbin angin yang memanfaatkan potensi angin dengan gaya hambat memiliki efisiensi yang terbatas Karena kecepatan sudu tidak dapat melebihi kecepatan angin yang melaluinya.

### Definisi CFD (Computational Fluid Dynamic)

*Computational Fluid Dynamic* atau biasa disingkat dengan *CFD* merupakan salah satu inovasi teknologi dibidang dinamika benda – benda dan zat – zat yang mengalir menggunakan sistematik metode numerik. Secara definisi *CFD* sendiri adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menggunakan persamaan-persamaan matematika. Pada dasarnya, persamaan-persamaan fluida dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan-persamaan diferensial parsial (PDE = Partial Differential Equation) yang merepresentasikan hukum konservasi massa, momentum, dan energi. Berikut dasar persamaan – persamaan diferensial diatas:

Persamaan momentum (*Navier-Stokes*):

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2.9)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \rho g_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (2.10)$$

$$\rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (2.11)$$

### Tahapan *Postprocessing*

Hasil yang dapat ditampilkan dalam tahapan *postprocessing* adalah sebagai berikut:

- a. Contour, yaitu untuk menampilkan pola fluida yang disimulasikan dan dapat ditampilkan berupa contour kecepatan, tekanan, temperatur, dan lain-lain.
- b. Vector, yaitu untuk menampilkan arah dari besaran vektor, misalnya kecepatan pada aliran fluida.
- c. Pathline, yaitu untuk menampilkan lintasan aliran fluida yang disimulasikan.

### METODE

#### Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode simulasi numerik. Dengan menggunakan simulasi numerik berbasis komputasi CFD ini mempermudah peneliti untuk mendapatkan parameter – parameter hasil pengujian tanpa eksperimen aktual dan parameter – parameter hasil yang bisa didapat lebih banyak dibanding dengan eksperimen uji aktual

#### Tempat dan Waktu Penelitian

1. Waktu Penelitian  
Penelitian ini akan dilaksanakan setelah proposal ini diseminarkan dan disetujui.
2. Tempat Penelitian  
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Termodinamika Gedung A8 Lt. 4 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

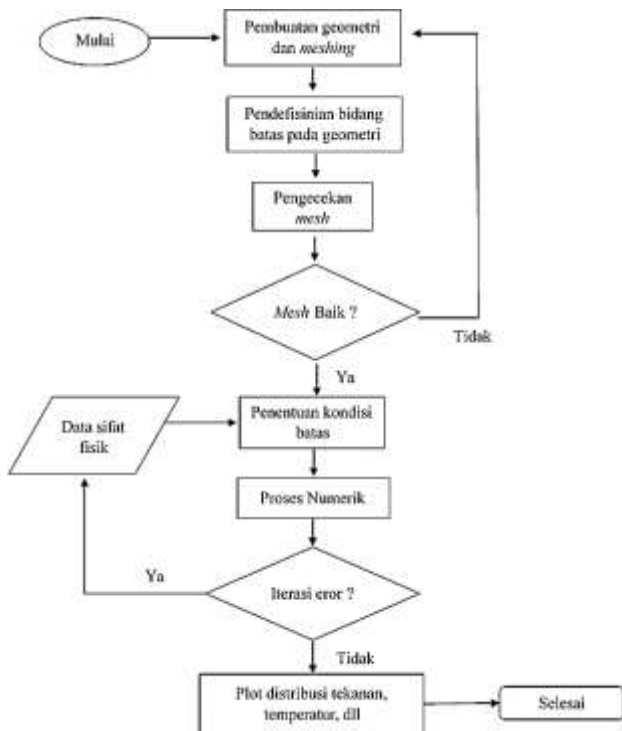
#### Variabel Penelitian

Nilai atau sifat dari sebuah objek yang bervariasi tertentu dalam suatu penelitian dan di tentukan oleh peneliti disebut variabel penelitian. Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah: Pada penelitian ini menggunakan tiga variabel yaitu :

- Variabel Terikat
  - Untuk kerja turbin angin
  - Daya yang dihasilkan turbin angin
  - *Velocity contour* model turbin angin
  - *Streamline* model turbin angin
- Variabel Bebas
  - Model turbin angin sumbu vertical jenis *savionus* berjarak celah terhadap diameter turbin 4 cm, 6 cm dan 8 cm
  - Kecepatan angin untuk menggerakkan turbin, yaitu 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s, 6 m/s
- Variabel kontrol
  - Jumlah bilah pada turbin angin
  - Spesifikasi dimensi turbin angin
  - Material turbin angin
  - Kondisi fluida (angin) yang digunakan

#### Rancangan Penelitian

Rancangan proses dari penelitian digambarkan dalam diagram alir guna memudahkan dalam proses pengumpulan data.



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

**Teknik Pengumpulan Data**

Dari spesimen hasil eksperimen yang digunakan pada penelitian selanjutnya diambil nilai ketebalan dan kekilapannya dalam bentuk tabel dan digambarkan dalam bentuk diagram yang selanjutnya dibandingkan dengan bentuk grafik.

**Teknik Analisis Data**

Penelitian ini diadakan guna mengetahui pengaruh jarak celah bilah pada turbin angin sumbu vertikal jenis *Savonius* terhadap kinerja turbin angin tersebut dengan menganalisa dalam bentuk 3D kemudian disajikan dalam bentuk kontur distribusi kecepatan. Pada tahapan akhir akan menentukan beberapa parameter dan kecepatan aliran yang optimum, sehingga diadakan perhitungan unjuk kerja turbin angin sumbu vertikal jenis *Savonius* dengan masing – masing variasi yang telah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan metode simulasi seperti yang telah dibahas dalam pembahasan sebelumnya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pelaksanaan Peneliti**

Pada bagian pelaksanaan penelitian ini akan dijelaskan bagaimana tahap – tahap yang dilakukan hingga mendapat data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Pengaturan Solver

Boundary Conditions					
Kecepatan		3	4	5	6
Reynolds Number		3,82 x 10 <sup>4</sup>	3,82 x 10 <sup>4</sup>	5,102 x 10 <sup>4</sup>	6,37 x 10 <sup>4</sup>
Velocity Inlet	Turbulence Specification Method	Intensity and Viscosity Ratio			
	Turbulence Intensity	1 %			
	Turbulent Viscosity Rat.	10			
Pressure Outlet	Gauge Pressure	0 Pascal			
	Direction	Normal to Boundary			
	Specification Method	Intensity and Viscosity Rat			
	Backflow Tur. Intensity	5 %			
	Backflow Tur. Viscosity Ratio	10			
Wall Zones	No Slip				
Fluid Properties	Fluid Type	Air			
	Density	$\rho = 1,19 \text{ kg/m}^3$			
	Kinematic viscosity	$\nu = 1,568 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$			

**Mesh Quality**

Ukuran mesh pada suatu objek akan mempengaruhi ketelitian hasil yang akan diperoleh. Semakin kecil dan halus ukuran mesh, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti namun membutuhkan kemampuan komputasi dan waktu perhitungan yang lebih lama. Sehingga perlu dilakukan pengaturan mesh agar mendapatkan ukuran mesh yang kecil dan disesuaikan dengan kemampuan perangkat komputer yang digunakan. Berikut hasil mesh yang digunakan dalam penelitian ini:

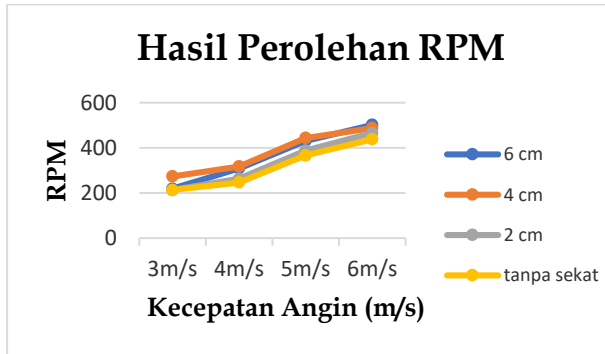
Tabel 2 Hasil Meshing

Jarak Bilah	Nodes	Element	Element Quality
Tanpa	63068	323574	0,293588
2	64114	326773	0,3885
4	65304	331993	0,352489
6	78427	399862	0,35096

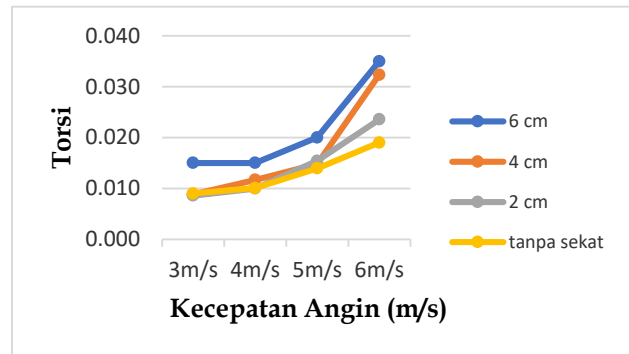
Pada tabel diatas menunjukkan bahwa Element Quality pada masing – masing model Jarak bilah mendapatkan hasil yang merata berada pada angka 0,68 sehingga menunjukkan kualitas meshing yang cukup baik dan data yang akan dihasilkan akan memiliki ketelitian yang sama. Setelah pembuatan meshing selesai dan menghasilkan data diatas maka selanjutnya akan dilakukan proses penentuan solver dengan pengaturan sebagaimana telah diberikan pada tabel 4.1 dan melakukan perhitungan hingga menghasilkan data yang konvergen.

**Perhitungan Performansi Jarak Bilah dari Turbin Angin**

Hasil simulasi yang telah disajikan diatas menunjukkan pengaruh dari Jarak bilah pada turbin angin jenis *Savonius* dengan hasil yang beragam dari tiap – tiap Jarak Celah



Gambar 3. Grafik hasil perolehan RPM



Gambar 4. Grafik hasil perolehan torsi

Kec. Angin (m/s)	Jarak Celah	Putaran RPM		Error (%)
		Eksperimen	Simulasi	
3	2	196,5	213,7	8,04
	4	225,2	274,01	17,84
	6	190,4	219,2	13,13
4	2	239.1	263	9.99
	4	282.3	317.8	12.57
	6	446.4	488	9.31
5	2	350.2	388	10.79
	4	401.2	443.9	10.64
	6	433.5	480.7	10.89
6	2	413,6	465,8	11,24
	4	433,5	487,7	11,11
	6	446,4	501,9	11,05
Rata – rata error				12,06

Tabel 2. Persentase Nilai error RPM

Dilihat dari grafik diatas bahwa rata – rata hasil perolehan rpm menunjukkan tren menaik Fenomena ini terjadi karena kecilnya celah pada turbin angin dengan Jarak bilah 2-6 cm

Kenaikan rata – rata rpm yang terjadi tidak lepas dari kenaikan kecepatan angin yang menerjang turbin. Turbin dengan Jarak bilah 6 cm yang disimulasikan dengan kecepatan aliran angin sebesar 6 m/s memiliki perolehan rpm yang paling tinggi dibanding dengan variasi Jarak lainnya, yaitu sebesar 501,9 rpm. RPM tertinggi dengan Jarak bilah 6 cm dengan kecepatan 6 m/s. Hal ini disebabkan semakin besarnya jarak maka kecepatan rpm juga semakin bertambah namun bisa lebih besar lagi jika jarak bilah yang di terpa angin lebih luas dan merata.

Dengan bilah yang lebar dan berjarak maka luasan penampang bilah yang diterpa angin juga akan semakin luas dan menghasilkan dorongan yang lebih kuat. Dengan adanya dorongan yang kuat maka momen torsi yang akan dihasilkan juga akan semakin besar dan mempengaruhi efisiensi yang akan dihasilkan. Berikut grafik hasil torsi yang didapatkan dari simulasi:

Kenaikan juga terjadi dalam grafik hasil torsi. Kenaikan torsi juga berbanding lurus dengan jarak yang semakin tinggi. Namun terjadi fenomena bahwa kenaikan signifikan terjadi pada turbin dengan Jarak bilah 6 cm pada Kecepatan 6 m/s dengan nilai 0.035 N.m. Hal ini terjadi karena luasan bilah yang diterpa angin pada Jarak 6 cm cukup luas dan memiliki celah yg tidak sempit sehingga lebih efisien dibanding dengan variasi Jarak yang lain. Sehingga dorongan angin yang terjadi akan semakin besar dan cepat akan menghasilkan gaya dan torsi yang semakin besar pula. Semakin besarnya torsi maka juga akan semakin berpengaruh pada efisiensi turbin.

Tabel 3. Hasil Daya Turbin pada Jarak bilah 2 cm

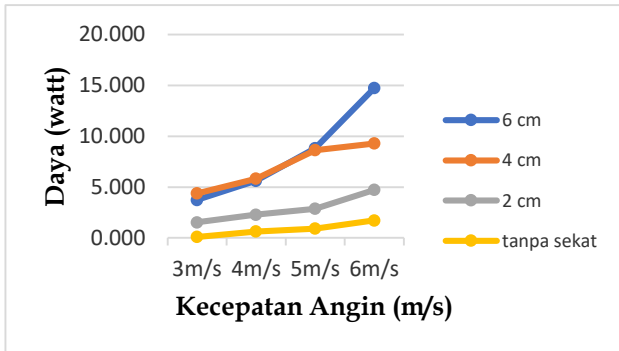
V (m/s)	P <sub>T</sub> (Watt)	T (Nm)	ω (rpm)	Acuan Data Eksperimen (rpm)
3	1.527	0,019	213,7	196,5
4	2.282	0,01394	263	239,1
5	2.864	0,01008	388	350,2
6	4.723	0,009	465,8	413,6

Tabel 4. Hasil Daya Turbin pada Jarak bilah 4 cm

V (m/s)	P <sub>T</sub> (Watt)	T (Nm)	ω (rpm)	Acuan Data Eksperimen (rpm)
3	4.379	0,032	274,01	225,2
4	5.825	0,01	317,85	282,3
5	8.631	0,0116	443,90	401,2
6	9.286	0,009	487.74	

**Tabel 5.** Hasil Daya Turbin pada Jarak bilah 6 cm

V (m/s)	P <sub>T</sub> (Watt)	T (Nm)	ω (rpm)	Acuan Data Eksperimen (rpm)
3	3.730	0,029	219,21	190,4
4	5.628	0,019	309,09	254,3
5	8.821	0,015	430,75	366,5
6	14.739	0,015	501,99	446,4



**Gambar 5.** Hasil perhitungan daya turbin angin

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh daya turbin angin terbesar didapatkan pada turbin angin dengan Jarak 6 cm dengan kecepatan yaitu 15.9 watt.

Berikutnya akan dihitung besarnya daya angin di setiap jarak yang digunakan dalam simulasi ini yang nantinya akan digunakan dalam menghitung efisiensi yang akan dihasilkan.

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Daya Angin

V (m/s)	Daya Angin (Pw) (Watt)
3	0.2
4	4.7
5	9.2
6	15.9

Dengan hasil daya angin diatas maka kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan efisiensi dari turbin angin.

Jarak Bilah	Effisiensi (%)			
	Kec. Angin 3 m/s	Kec. Angin 4 m/s	Kec. Angin 5 m/s	Kec. Angin 6 m/s
Tanpa Sekat	29,09	9.89	4.82	2.89
2	30,07	10.80	5.58	3.17
4	36,08	11.17	6.28	3.19
6	40,96	11.79	6.91	4.79

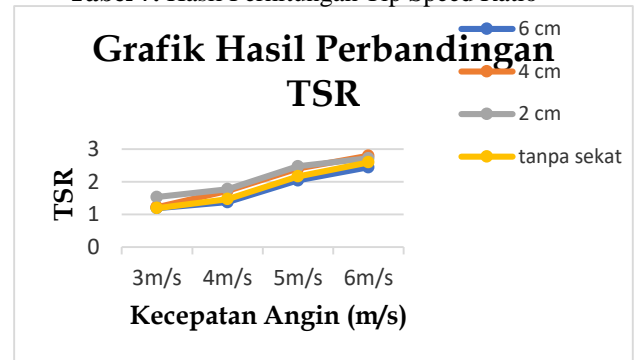
**Gambar 6.** Hasil Perhitungan Effisiensi Turbin

Data diatas menunjukkan efisiensi turbin tertinggi didapat dalam kondisi Kecepatan 6 m/s dengan Jarak bilah 6 cm yaitu 40,96 dan terkecil selain pada Jarak Tanpa Bilah yang bernilai 2.89 dengan kecepatan yang sama

Hasil perhitungan Tip Speed Ratio ( $\lambda$ ) disajikan dalam tabel berikut:

Jarak Celah	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s
Tanpa Sekat	1,19119	1,4660	2,16246	2,59617
2	1,527167	1,77150	2,47400	2,71835
4	1,221733	1,72264	2,40070	2,79776
6	1,191283	1,3744	2,04177	2,44346

**Tabel 7.** Hasil Perhitungan Tip Speed Ratio



**Gambar 7.** Grafik TSR Turbin

Tip Speed Ratio merupakan perbandingan antara kecepatan putar turbin dengan jarak yang menerpa turbin. Dengan memperhatikan tabel diatas menunjukkan bahwa nilai Tip Speed Ratio tertinggi didapat pada kondisi kecepatan 6 m/s dengan Jarak bilah turbin 4cm . Hasil ini tak dipengaruhi oleh losses yang besar sehingga mendapatkan hasil RPM yang maksimal.

**Hasil Perolehan Nilai Coeffisien Lift (cl) dan Coeffisien Drag (cd) pada Turbin Angin**

Pada bilah turbin terjadi gaya lift dan gaya drag yang bergantung pada nilai CL dan CD nya. Kedua gaya ini akan mempengaruhi kinerja dari bilah turbin tersebut yang berhubungan dengan perbandingan nilai antara CL dengan CD. Perbandingan nilai CL dengan CD ini disebut Glide Ratio. Berikut tabel nilai perbandingan dari kedua nilai tersebut:

**Tabel 8.** Hasil nilai cl dan cd pada Turbin Angin Jenis Helikal di kecepatan 3 m/s

Jarak Bilah Turbin	Coef. Lift (cl)	Coef. Drag (cd)	cl/cd
Tanpa bilah	4,9e-02	9,6e-01	6.3
2 cm	6,6e-01	9,1e-02	7,2
4 cm	2,8e-01	6,9e-02	4,1
6 cm	3e-01	4e-02	7,5

**Tabel 9.** Hasil nilai  $c_l$  dan  $c_d$  pada Turbin Angin Jenis Helikal di kecepatan 4 m/s

Jarak Bilah Turbin	Coef. Lift ( $c_l$ )	Coef. Drag ( $c_d$ )	$c_l/c_d$
Tanpa bilah	4,9e-02	9,6e-01	15,7
2 cm	3,1e-01	2,1e-02	14,76
4 cm	4,2e-01	2,7e-02	15,6
6 cm	4,9e-01	2,5e-02	19,6

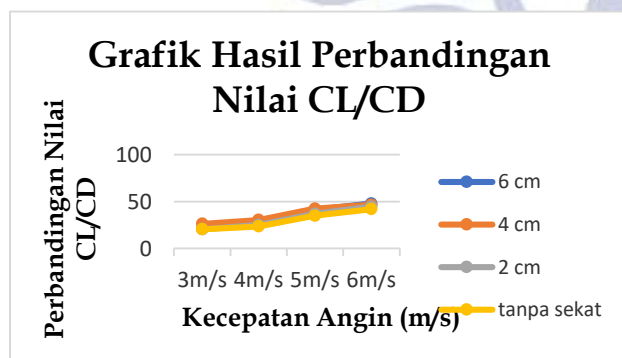
**Tabel 10.** Hasil nilai  $c_l$  dan  $c_d$  pada Turbin Angin Jenis Helikal di kecepatan 5 m/s

Jarak Bilah Turbin	Coef. Lift ( $c_l$ )	Coef. Drag ( $c_d$ )	$c_l/c_d$
Tanpa bilah	4,9e-02	9,6e-01	20,6
2 cm	5,6e-01	3,6e-02	15,55
4 cm	4,5e-01	3e-02	15
6 cm	4,9e-01	1,8e-02	27,8

**Tabel 11.** Hasil nilai  $c_l$  dan  $c_d$  pada Turbin Angin Jenis Helikal di kecepatan 6 m/s

Jarak Bilah Turbin	Coef. Lift ( $c_l$ )	Coef. Drag ( $c_d$ )	$c_l/c_d$
Tanpa bilah	4,9e-02	9,6e-01	21,3
2 cm	8,8e-01	5,5e-2	16
4 cm	6,9e-01	3,7e-2	18,6
6 cm	1,62	4,67e-02	34,7

Tabel diatas kemudian akan di masukkan dalam grafik perbandingan dengan Jarak bilah turbin.

**Gambar 8.** Grafik perbandingan nilai CL/CD dengan Jarak bilah turbin

Pada grafik diatas telah ditunjukkan hasil perbandingan dari nilai CL/CD atau Glide Ratio dengan Jarak bilah turbin. Didapatkan bahwa nilai Glide Ratio mengalami kenaikan dari Jarak 2cm hingga 6cm. Nilai Glide Ratio terbesar didapatkan pada Jarak bilah turbin 6 cm dengan nilai 36,7 pada kecepatan 6 m/s, namun ada pula nilai yang mengalami penurunan pada Kecepatan 6 m/s yaitu Jarak bilah turbin 4cm turun menjadi 31,4. Hal ini karena nilai CD yang begitu besar jika dibandingkan dengan nilai CL nya. Semakin melebarnya aliran fluida yang melewati bilah turbin sehingga aliran tidak kontinu sehingga nilai CL semakin kecil. Sedangkan Semakin kecilnya nilai CD juga menandakan semakin baiknya kinerja bilah turbin.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil analisa data penelitian pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan velocity contour semakin besar variasi jarak celah dan kecepatan aliran yang mengenai permukaan sudu turbin semakin merata. Berdasarkan velocity streamline, semakin besar variasi jarak celah arah aliran mengenai turbin savionus yang menyebabkan turbin berputar lebih cepat dan optimal. Berdasarkan pressure contour variasi jarak celah paling besar memiliki tekanan di setiap blade pengganggu turbin yang mempengaruhi torsi yang dihasilkan.
- Daya tertinggi yang dihasilkan pada turbin aliran vortex ini yaitu pada jarak celah 6 cm dengan kecepatan 6 m/s sebesar 14.73 watt.
- Kenaikan rata – rata rpm yang terjadi tidak lepas dari kenaikan kecepatan angin yang menerjang turbin. Turbin dengan Jarak bilah 6 cm yang disimulasikan dengan kecepatan aliran angin sebesar 6 m/s memiliki perolehan rpm yang paling tinggi dibanding dengan variasi Jarak lainnya, yaitu sebesar 501,9 rpm. RPM tertinggi dengan Jarak bilah 6 cm dengan kecepatan 6 m/s. Hal ini disebabkan semakin besarnya jarak maka kecepatan rpm juga semakin bertambah namun bisa lebih besar lagi jika jarak bilah yang di terpa angin lebih luas dan merata. Sedangkan efisiensi turbin tertinggi didapat dalam kondisi Kecepatan 6 m/s dengan Jarak bilah 6 cm yaitu 40,96 dan terkecil selain pada Jarak Tanpa Bilah yang bernilai 29.09 dengan kecepatan yang sama
- Kenaikan torsi juga berbanding lurus dengan jarak yang semakin tinggi. Namun terjadi fenomena bahwa kenaikan signifikan terjadi pada turbin dengan Jarak bilah 6 cm pada Kecepatan 6 m/s dengan nilai 0.035 N.m. Hal ini terjadi karena luasan bilah yang diterpa angin pada Jarak 6 cm cukup luas dan memiliki celah yg tidak sempit sehingga lebih efisien dibanding dengan variasi Jarak yang lain. Sehingga dorongan angin yang terjadi akan semakin besar dan cepat akan menghasilkan gaya dan torsi yang semakin besar pula. Semakin besarnya torsi maka juga akan semakin berpengaruh pada efisiensi turbin
- Dengan menggunakan variasi jarak celah pada turbin savionus, mulai dari tanpa bilah pengganggu, 2 cm, 4 cm, 6 cm memiliki hasil performa turbin yang bervariasi. Pada jarak celah 6 cm yang dimiliki paling optimal dengan kecepatan 6 m/s

### Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis mencantumkan beberapa saran sebagai berikut :

- Diharapkan pada penelitian simulasi numerik selanjutnya bisa menggunakan perangkat computer

atau laptop yang lebih baik sehingga hasil akan lebih akurat, tepat dan tidak lama.

- Pada penelitian selanjutnya diharapkan variabel penelitian yang digunakan baru dan lebih banyak sehingga hasil akan lebih baik dan diikuti dengan penelitian eksperimen sehingga hasil bisa dibandingkan secara bersamaan.
- Diharapkan pada penelitian selanjutnya proses meshing bisa disempurnakan dengan kerapatan meshing lebih tinggi dan memiliki nilai yang mendekati sempurna.
- Diharapkan penelitian selanjutnya simulasi dilakukan dengan time step dan iterasi yang lebih banyak sehingga hasil simulasi akan menjadi semakin baik.