

# ANALISA VARIASI SUDUT DAN DIAMETER *STAGGER* PENGHALANG PADA SISI *RETURNING BLADE* TERHADAP KINERJA TURBIN AIR *SAVONIUS* DENGAN PERSAMAAN *MYRING* $n=1$ DAN $n=2$

Widya Febrian Prasetia <sup>1\*</sup>, Priyo Agus Setiawan <sup>2</sup>, Pranowo Sidi <sup>3</sup>

Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negri Surabaya, Surabaya, Indonesia <sup>1</sup> Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negri Surabaya, Surabaya, Indonesia <sup>2</sup> Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negri Surabaya, Surabaya, Indonesia <sup>3</sup> Jln. Teknik kimia, Kampus ITS Sukolilo Surabaya

Email : widya febrian@student.ppns.ac.id

## ABSTRAK

Turbin air *savonius* adalah jenis turbin sumbu vertikal yang mempunyai torsi awal yang tinggi dan dapat berputar pada kecepatan aliran fluida yang rendah, sehingga dapat diterapkan pada perairan di Indonesia. Turbin tersebut dapat digunakan pada aliran air untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Potensi tersebut akan dapat meningkatkan performa turbin. Penelitian ini akan menggunakan metode simulasi CFD (*Computational Fluid Diagram*) dengan *software Ansys Fluent* dan mengkombinasikan dua sudu berbeda yang merupakan hasil variasi nilai ( $n$ ) pada persamaan *Myring*  $n=1$  dan  $n=2$ . Turbin yang akan disimulasikan memiliki ukuran tinggi 40 cm dan diameter 40 cm. Selain kecepatan arus yang digunakan sebesar 0,22 m/s. Di depan sisi *returning blade*, silinder sirkular dipasang sebagai pengganggu dengan variasi diameter 8 cm, 12cm, dan 16 cm yang berfungsi untuk meningkatkan performa turbin. *Stagger* divariasikan pada sudut  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ . Hasil yang diperoleh pada simulasi ini menunjukkan bahwa diameter *stagger* 16 cm dengan sudut  $60^\circ$  memiliki peningkatan performa tertinggi, yakni sebesar 19,9007%. Sedangkan variasi diameter *stagger* 16 cm dengan sudut  $0^\circ$  menurun sebesar 30,1087% dari turbin air *savonius* tanpa *stagger*.

Kata Kunci :Turbin air *savonius*, persamaan *myring*, *stagger*, *returning blade*, CFD, *software ansys fluent*.

### Nomenclature

N = Jumlah Putaran  
n = Kecepatan putaran  
 $\theta$  = Derajat waktu langkah putaran  
 $\omega$  = Kecepatan sudut

U = Kecepatan aliran fluida  
D = Diameter turbin  
H = Tinggi turbin  
 $\rho$  = Massa jenis  
P = Daya turbin

## PENDAHULUAN

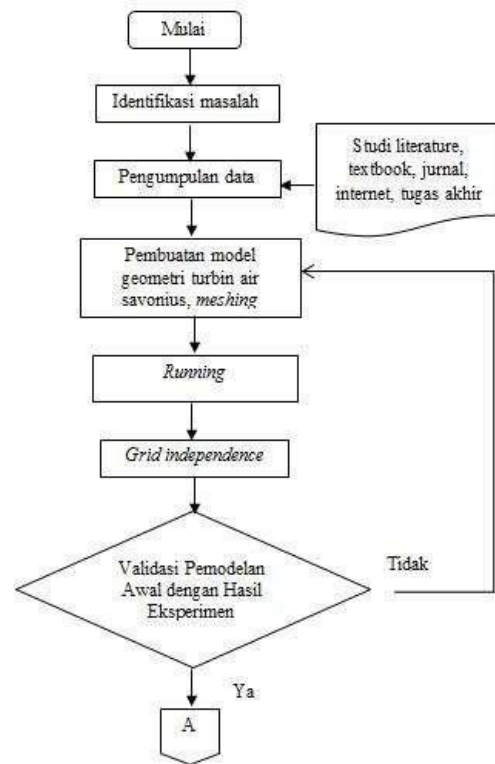
Listrik dapat dikatakan sebagai suatu bentuk hasil teknologi yang sangat vital dalam kehidupan manusia. Semakin lama tidak ada satupun alat kebutuhan manusia yang tidak membutuhkan listrik, oleh karena itu manusia selalu berpikir bagaimana menciptakan dan menggunakan energi listrik secara efektif dan efisien. Perkembangan teknologi yang pesat meningkatkan kebutuhan energi. Sementara itu ketersediaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui semakin menipis. Sumber penghasil energi listrik di Indonesia kebanyakan masih menggunakan generator dengan sumber bahan bakar berupa batubara, minyak bumi dan gas alam yang merupakan energi fosil. Dalam menghasilkan listrik diperlukan suatu instalasi pembangkit listrik. Dari berbagai inovasi, alat untuk menghasilkan listrik sudah banyak dibuat manusia seperti halnya turbin gas, turbin uap, turbin air, kincir air, kincir angin, reaktor nuklir dan *solar cell* dengan berbagai keuntungan dan kerugian masing-masing. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin besar, pemanfaatan sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan. Dalam menghasilkan listrik diperlukan suatu instalasi pembangkit listrik. Dari berbagai inovasi, alat untuk menghasilkan listrik sudah banyak dibuat manusia seperti halnya turbin gas, turbin uap, turbin air, kincir air, kincir angin, reaktor nuklir dan *solar cell* dengan berbagai keuntungan dan kerugian masing-masing. Sumber energi terbarukan seperti energi potensial pada air sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan. Potensi energi air di Indonesia sangat melimpah, hal ini bisa menjadi alternatif untuk sumber penghasil listrik. Di Indonesia, sumber air sangatlah melimpah, tetapi untuk memanfaatkannya memerlukan alat-alat yaitu salah satunya adalah turbin air yang mampu mengubah energi potensial dan kinetik menjadi energi mekanik.

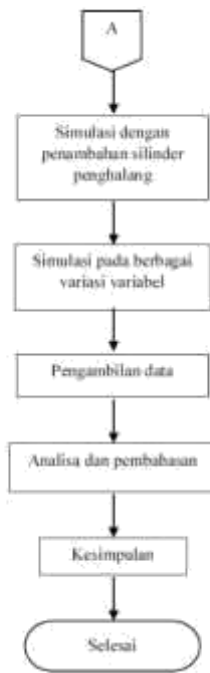
Dengan adanya permasalahan tersebut maka penulis akan melakukan penelitian dengan penambahan stagger silinder sirkular pada sisi *returning blade* turbin air *savonius*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah secara numerik dengan ukuran domain simulasi panjang inlet 6D, outlet 15D, panjang upper side dan lower side 550mm dari pusat turbin. Modifikasi dilakukan dengan blade tipe myring  $n=1$  &  $n=2$  serta penambahan silinder sirkular agar kecepatan aliran fluida yang menuju *returning blade* semakin tinggi, sehingga diduga dapat menaikkan efisiensi turbin.

Sudut penempatan silinder penghalang sebesar  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ . Rasio antara diameter silinder sirkular dengan diameter rotor divariasikan pada nilai 0.2, 0.3, 0.4.. Dari variasi tersebut akan diketahui pengaruh variasi terhadap turbin air Savonius tipe myring  $n=1$  &  $n=2$  serta koefisien torsi dan koefisien daya yang paling tinggi untuk turbin air.

## 2. METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :





Gambar 2.1 Langkah – Langkah Pelaksanaan Penelitian

### 2.1 Definisi Turbin Savonius

Turbin Savonius ditemukan oleh Insinyur asal Finlandia bernama Sigurd Johannes Savonius pada tahun 1922. Turbin Savonius adalah salah satu tipe turbin yang sangat sederhana. Turbin ini memiliki sumbu vertikal yang terdiri dari dua sumbu berbentuk setengah silinder yang dirangkai sehingga berbentuk seperti huruf “S”. Satu sisi berbentuk cembung dan yang lain berbentuk cekung nantinya akan menciptakan gaya hambat yang timbul oleh air. Kedua sudu pada turbin *Savonius* disebut juga sebagai *advancing blade* dan *returning blade* yang bertujuan untuk menciptakan torsi positif dan torsi negatif dan gaya hambat yang berbeda pada setiap sudu turbin. Perbedaan gaya hambat ini dari *advancing blade* dan *returning blade* akan menghasilkan torsi, yang apabila dikalikan dengan kecepatan angular dari turbin air maka akan menghasilkan daya yang diciptakan oleh turbin air. Dengan semakin besarnya selisih gaya hambat pada kedua sudu tersebut maka daya yang dihasilkan akan semakin besar pula.

### 2.2 Performa Turbin

Turbin Savonius berputar 360 derajat mulai dari posisi pertama dan kembali pada posisi yang relatif sama terhadap sumbu tengah untuk mencapai satu rotasi. Time step size (TSS) mewakili kenaikan sudut untuk setiap rotasi langkah dan number of time step

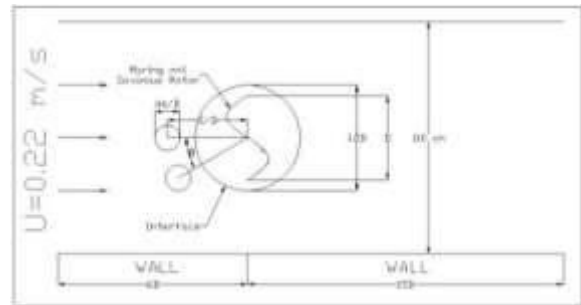
(NTS) mewakili total putaran turbin. Persamaan dari time step size (TSS) dan number of time step (NTS) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$NTS = \frac{360}{\omega} \dots$$

$$TSS = \dots$$

### 2.3 Simulasi Numerik

Dalam tahap ini dilakukan penggambaran sesain sesuai dengan konfigurasi turbin air savonius konvensional saat pengujian berupa dua dimensi dan pemberian kondisi batas.



Gambar 2.2. Domain Pemodelan

### 2.4 Meshing

Setiap model geometri yang sudah dibuat akan dibagi menjadi elemen-elemen kecil. Bentuk, jumlah dan ukuran elemen yang diperlukan ditentukan sesuai dengan kebutuhan supaya didapatkan hasil yang akurat dan baik. Pada pembuatan mesh ini dipilih Quad Map pada daerah luar sudu dan dipilih tipe Quad Pave untuk daerah disekitar sudu. Meshing dilakukan disekitar sudu dan di luar sudu sehingga diharapkan turbin savonius tipe myring berada dalam kondisi di dalam sebuah lorong air.



Gambar 2.3. Domain Meshing

### 2.5 Perhitungan TSS dan NTS

Perhitungan TSS dan NTS dilakukan setelah mengetahui nilai TSR, RPM, dan  $\omega$  dari hasil pengujian experiment. Nilai TSS dan NTS

digunakan sebagai inputan pada software simulasi sehingga nilai TSR simulasi mendekati dengan hasil eksperimen. TSS dan NTS di hitung pada kecepatan aliran  $U=0.22$  m/s

| TSR | U (m/s) | D (m) | w (rad/s) | n (rpm)  | NTS (s)  | TSS (s)  |
|-----|---------|-------|-----------|----------|----------|----------|
| 0.4 | 0.22    | 0.4   | 0.44      | 4.20169  | 1512.609 | 0.039668 |
| 0.6 | 0.22    | 0.4   | 0.66      | 6.302536 | 2268.913 | 0.026445 |
| 0.8 | 0.22    | 0.4   | 0.88      | 8.403381 | 3025.217 | 0.019834 |
| 1   | 0.22    | 0.4   | 1.1       | 10.50423 | 3781.521 | 0.015867 |
| 1.2 | 0.22    | 0.4   | 1.32      | 12.60507 | 4537.826 | 0.013223 |

Tabel 2.1. Hasil Perhitungan NTS dan TSS

## 2.6 Validasi

Pada penelitian ini dilakukan validasi antara hasil simulasi dan pengujian eksperimen. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil simulasi sudah mendekati atau sesuai dengan hasil eksperimen. Validasi dilakukan pada kondisi turbin tanpa penghalang stagger silinder sirkular. Proses validasi didasarkan dari pola kurva koefisien torsi ( $C_m$ ) dan *Tip Speed Ratio* (TSR) yang dihasilkan dari simulasi dan eksperimen. Model dapat diterima apabila pola kurva  $C_m$ -TSR eksperimen dan simulasi memiliki kemiripan. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi di 4 variasi TSR terhadap hasil eksperimen.

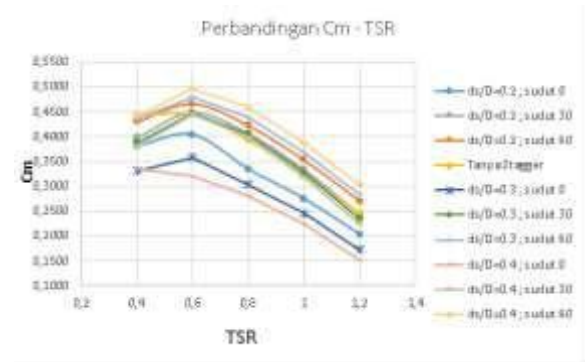


Gambar 2.4. Grafik Validasi Hasil Simulasi dan Eksperimen

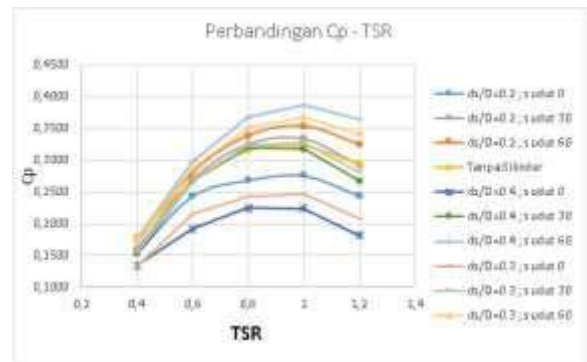
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil perbandingan dari berbagai macam variasi berupa koefisien torsi ( $C_m$ ) dan

koefisien daya ( $C_p$ ). Peningkatan terjadi pada sudut  $60^\circ$  dengan  $ds/D=0,2$  ;  $ds/D=0,3$  ; dan  $ds/D=0,4$ .



Gambar 3.1. Grafik Perbandingan Koefisien Torsi



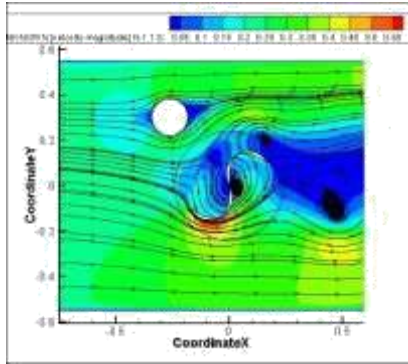
Gambar 3.2. Grafik Perbandingan Koefisien Daya

### 3.1 Karakteristik Aliran

Karakteristik aliran yang melalui turbin udara yang sulit dipelajari dalam percobaan. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian yang berbasis simulasi dengan metode CFD agar dapat membahas fenomena-fenomena yang tidak dapat dibahas dalam eksperimen. Karakteristik aliran yang diperoleh dari visualisasi hasil simulasi juga dapat digunakan untuk menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja turbin air Savonius.

### 3.2 Kontur Kecepatan

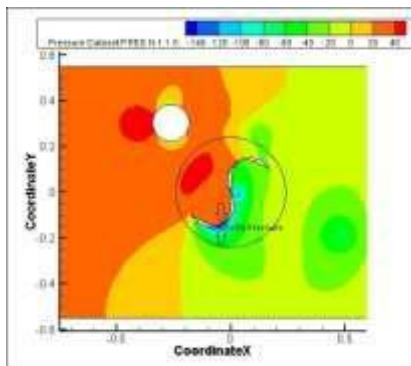
Pola kecepatan aliran digunakan untuk mempelajari bangun yang tersusun dari interaksi vortex saat membahas sudu turbin Savonius.



Gambar 3.3. Kontur Kecepatan Aliran Variasi  $ds/D=0.4$  ;  $60^\circ$

Gambar diatas menunjukkan kontur aliran pada turbin air *savonius* dengan diameter *stagger* 16 cm dan sudut *stagger* 60 derajat. Terjadi peningkatan kecepatan atau *attached flow* pada sisi belakang *advancing blade* yang ditunjukkan dengan warna merah dan pada bagian *attached flow* akan mengakibatkan penurunan tekanan atau *delta pressure* di sisi depan dan belakang *advancing blade* yang dapat dilihat dalam gambar kontur tekanan. Dengan menempatkan *stagger* di sisi datangnya aliran akan mengakibatkan *stagnation flow* atau kecepatan aliran mendekati berhenti yang cukup signifikan di area *returning blade*. Hal ini menyebabkan tekanan di depan *returning blade* menjadi lebih besar.

### 3.4 Kontur Tekanan



Gambar 3.4. Kontur Tekanan Variasi  $ds/D=0.4$  ;  $60^\circ$

Gambar diatas menunjukkan kontur tekanan pada turbin air *savonius* dengan diameter *stagger* 16 cm

dan sudut *stagger* 60 derajat. Terjadi *delta pressure* pada sisi bagian depan dan belakang *advancing blade* yang dapat meningkatkan performa turbin. Sedangkan pada sisi depan *returning blade* terjadi kenaikan tekanan yang dapat mengakibatkan performa turbin sedikit menurun.

### 3.5 Distribusi Tekanan

Setelah proses simulasi dilaksanakan pada seluruh variasi, pada sub bab ini akan dilakukan perbandingan hasil simulasi berupa *Pressure Distribution* pada setiap variasinya. Peningkatan tertinggi tekanan terjadi pada sudut *stagger*  $60^\circ$  pada dua variasi diameter *stagger* silinder, yakni  $ds/D=0,3$  dan  $ds/D=0,4$  sebesar 50. Untuk melihat distribusi tekanan sepanjang *blade* untuk semua variasi secara kuantitatif dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.5. Distribusi Tekanan

## 4 KESIMPULAN

| Variasi       | TSR               | Nilai Cp | Peningkatan (%) | Kategori |       |
|---------------|-------------------|----------|-----------------|----------|-------|
| Tanpa Stagger | 1                 | 0.3221   | -               | -        |       |
| $ds/D=0,2$    | $\theta=0^\circ$  | 1        | 0.2754          | 14.4906  | Turun |
|               | $\theta=30^\circ$ | 1        | 0.3337          | 3.6014   | Naik  |
|               | $\theta=60^\circ$ | 1        | 0.3533          | 9.6864   | Naik  |
| $ds/D=0,3$    | $\theta=0^\circ$  | 1        | 0.2456          | 23.7504  | Turun |
|               | $\theta=30^\circ$ | 1        | 0.3275          | 1.6765   | Naik  |
|               | $\theta=60^\circ$ | 1        | 0.3677          | 14.1571  | Naik  |
| $ds/D=0,4$    | $\theta=0^\circ$  | 0.8      | 0.2251          | 30.1087  | Turun |
|               | $\theta=30^\circ$ | 0.8      | 0.3197          | 0.7513   | Turun |
|               | $\theta=60^\circ$ | 1        | 0.3862          | 19.9007  | Naik  |

Berdasarkan hasil simulasi turbin air *savonius* dengan menambahkan *stagger* silinder sirkular menggunakan metode CFD dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Turbin air *savonius* dengan penghalang  $ds/D=0,4$  sudut  $60^\circ$  memiliki peningkatan

performa tertinggi pada TSR 1 sebesar 19,9007%, sedangkan pada  $ds/D=0,4$  sudut  $0^\circ$  mengalami penurunan daya terbesar pada TSR 1 sebesar 30,1087% dibandingkan tanpa *stagger*.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Priyo Agus Setiawan, ST.,MT. Selaku dosen pembimbing 1.
2. Bapak Pranowo Sidi., ST., MT. Selaku dosen pembimbing 2.
3. Orang tua penulis dan keluarga yang selalu memberi dukungan moril dan materil yang besar demi suksesnya Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman kuliah yang banyak memberikan masukan mengenai penulisan laporan ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Aymane, E. (2017) '*SAVONIUS VERTICAL WIND TURBINE : DESIGN , SIMULATION , AND PHYSICAL TESTING*', (May).

Kailash, G., Eldho, T. I. and Prabhu, S. V. (2012) '*Performance Study of Modified Savonius Water Turbine with Two Deflector Plates*', *International Journal of Rotating Machinery*, 2012, pp. 1–12. doi: 10.1155/2012/679247.

Patel, C. R. *et al.* (2013) '*Investigation of Overlap Ratio for Savonius Type Vertical Axis Hydro Turbine*', *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, (2), pp. 379–383.

Sarkar, J. and Bhattacharyya, S. (2012) '*Influence of Overlap Ratio and Aspect Ratio on the Performance of Savonius Hydrokinetic Turbine*', *Archives of Thermodynamics*, 33(4), pp. 23–40. doi: 10.1002/er.

Setiawan, P. A. (2018) '*Numerical simulation on improvement of a Savonius vertical axis water*

*turbine performance to advancing blade side with a circular cylinder diameter variations Numerical simulation on improvement of a Savonius vertical axis water turbine performance to adv*'.

Setiawan, P. A. *et al.* (2019) '*Numerical Study of a Circular Cylinder Effect on the Vertical Axis Savonius Water Turbine Performance at the Side of the Advancing Blade with Horizontal Distance Variations*', 9(2).

Setiawan, P. A., Yuwono, T. and Widodo, W. A. (2019) '*Effect of a Circular Cylinder in Front of Advancing Blade on the Savonius Water Turbine by Using Transient Simulation*', (April).

Yaakob, O. Bin, Tawi, K. B. and Sunanto, D. T. S. (2010) '*Computer Simulation Studies on the Effect Overlap Ratio for Savonius Type Vertical Axis Marine Current Turbine*', *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, 23(1), pp. 79–88.

