

DETERMINATION OVERLAP RATIO ON SAVONIUS TWISTED WATER TURBINE USING NUMECA SOFTWARE

DR. Carolus Bintoro, Vicky Wuwung MT, Fathurrohman Nurdin,

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : bintoro@polban.ac.id, bintoroc@yahoo.com, vicky.wuwung@polban.ac.id

Abstrak

Kinerja turbin air sangat dipengaruhi oleh profil bilah turbinnya, serta kondisi pemasangannya. Oleh karena itu penelitian ini dikonsentrasikan untuk mendapatkan rancangan pemasangan bilah turbin Savonius yang ideal. Paper ini mengulas masalah tersebut dan diberi judul “*Determination Overlap Ratio on Savonius Twisted Water Turbine Using Numeca Software*”. Perancangan dilakukan dengan memodelkan profil bilah turbin yang kemudian disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak CFD Numeca. Kaji komputasional tersebut dilakukan dengan mengasumsikan kecepatan aliran air dan putaran turbin. Turbin air Savonius dirancang dengan diameter 0.4 m, ketinggian 0.9 m dan sudut twisted sebesar 120 derajat. Dalam kaitan untuk meningkatkan kinerjanya, maka poros pada celah turbin dihilangkan, dengan demikian bilah turbin dirancang sebagai struktur yang mampu mendukung beban. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan celah yang paling ideal memiliki rasio $e/d = 0.2358$, yang menghasilkan daya turbin 296,064 Watt.

Kata kunci: Turbin Air Savonius Twisted, Torsi, Daya, Perangkat lunak CFD Numeca, Perangkat lunak CATIA.

1. PENDAHULUAN

Banyak negara mengakui pentingnya memanfaatkan sumber energi terbarukan sebagai pengganti energi fosil, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas yang memiliki efek merusak lingkungan. Selain hal tersebut, dengan semakin menipisnya cadangan energi fosil, maka menyebabkan kenaikan harga BBM di masyarakat. Pada saat yang sama, energi fosil akan melepaskan emisi karbon ke atmosfer, yang menjadikannya sebagai penyumbang utama pada pemanasan global. Dengan demikian para peneliti dunia berusaha mencari solusi yang dapat memecahkan masalah tersebut.

Dari sekian banyak energi terbarukan yang tersedia di alam, energi yang potensial untuk digunakan saat ini adalah energi air. Energi air ini sangat melimpah di alam Indonesia, hampir disetiap daerah memiliki energi ini yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Energi air tersebut, merupakan sumber energi yang ramah lingkungan yang telah digunakan dan dikembangkan untuk waktu yang lama sebagai pembangkit tenaga listrik. Hanya penggunaan selama ini terfokus pada energi potensial air. Prinsip kerja turbin air pada umumnya mengubah energi potensial atau

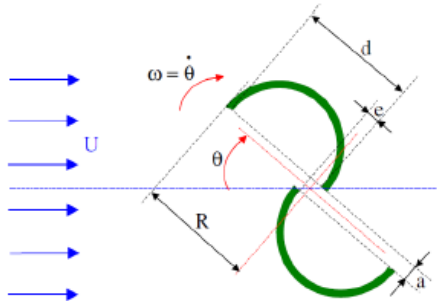
kinetik menjadi energi mekanik, yang kemudian memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Dari sumber literatur, 16% dari energi listrik dunia disumbangkan oleh energi tenaga air.

Pemanfaatan energi air untuk pembangkit listrik dibagi 2 (dua) bagian, yaitu energi potensial karena ketinggian jatuh air dan energi kinetik aliran air. Umumnya, yang banyak digunakan sebagai sumber pembangkit listrik masih memanfaatkan energi potensial air. Teknologi turbin ini sudah pada kondisi mapan. Yang sedang berkembang dalam dua hingga tiga dekade ini adalah pemanfaatan energi aliran air sebagai penggerak turbin. Kecepatan aliran air akan mendorong bilah turbin, yang kemudian akan menggerakkan poros turbin dan diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu turbin yang banyak digunakan adalah turbin angin sumbu vertikal model Savonius, yang sekarang cenderung digunakan di air. Pemanfaatan turbin jenis ini di air, karena massa jenisnya yang sekitar 800 kali lebih besar dari udara.

Hingga saat ini turbin air sumbu vertikal jenis Savonius masih dalam tahap

pengembangan teoritis ataupun eksperimental sebagai pembangkit listrik tenaga air. Oleh karena massa jenis air yang lebih besar, diharapkan dapat menghasilkan energi listrik yang lebih besar. Pengembangan turbin air jenis Savonius disini adalah dengan menghilangkan poros tengahnya, sehingga bilah turbin menjadi struktur yang memutar turbin secara keseluruhan. Hal tersebut dapat dilakukan, karena TASV Savonius tersebut direalisasikan dengan menggunakan material komposit laminasi basah. Yang menjadi permasalahan adalah penentuan overlap ratio (e/d) yang ideal untuk mendapatkan TASV Savonius pada kondisi aliran di Indonesia. Apabila digunakan e/d yang ideal maka interaksi aliran air dengan TASV Savonius menjadi lebih optimal, dengan demikian dapat dihasilkan peningkatan kinerja dan efisiensi turbin.

Hikkaduwa Vithanage Ajith, (2012), telah melakukan penelitian desain dan analisis kinerja pitched - Plate Vertical Axis Wind Turbine sebagai pembangkit listrik dan menjelaskan pengaruh overlap ratio (e/d) terhadap koefisien torsi. Gambar 1 memperlihatkan skema potongan melintang TASV Savonius.



Gambar 1 Potongan melintang TASV Savonius

Rancangan pada Gambar 1 tersebut umumnya digunakan untuk turbin angin vertikal. Rancangan TASV Savonius dibuat agar dapat berputar dengan arah angin dari mana saja. Rotasi yang dihasilkan berasal dari energi aliran fluida, sehingga menjadi momen yang memutar poros turbin. Rotasi turbin tersebut juga sangat dipengaruhi oleh adanya gaya hambat (drag). Efisiensi TASV Savonius dapat mencapai 30%. Apabila dibandingkan dengan tipe horizontal, rotasi turbin ini lebih lambat, namun dapat menghasilkan momen torsi yang lebih besar.

TASV Savonius memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan jenis turbin lainnya, selain karena konstruksinya yang sederhana dan murah, serta dapat memanfaatkan aliran fluida dari berbagai arah. Dengan demikian TASV Savonius tidak memerlukan reorientasi berdasarkan arah aliran fluida dan dapat berputar pada kecepatan fluida yang rendah.

Tabel 1 Hasil penentuan jarak gap bilah turbin

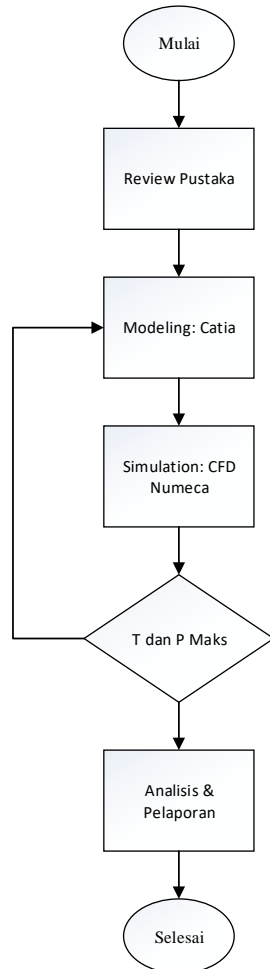
| Overlap ratio : e/d | Torque coefficient: cm |
|-----------------------|------------------------|
| 0.1 | 0.24 |
| 0.13 | 0.27 |
| 0.16 | 0.28 |
| 0.22 | 0.29 |
| 0.242 | 0.33 |
| 0.28 | 0.27 |
| 0.32 | 0.24 |
| 0.5 | 0.18 |

Berdasarkan pada Tabel 1, maka dapat ditentukan jarak antar turbin yang ideal untuk mendapatkan torsi yang maksimal. Pada tabel tersebut dinyatakan bahwa torsi akan maksimal apabila nilai e/d adalah 0.242.

Penelitian yang dilakukan adalah mewujudkan TASV Savonius dengan profil bilah yang hidrodinamik, sehingga dengan putaran yang rendah dapat menghasilkan daya yang maksimal. Mendapatkan nilai torsi, daya TASV Savonius untuk dimensi model kajian, dan dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi turbin.

1. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas yang terdapat pada perangkat lunak CFD Numeca, dalam kaitan untuk mendapatkan nilai torsi dan daya TASV. Model berbagai bentuk TASV dibuat dengan memanfaatkan perangkat lunak CATIA. Metode komputasi yang digunakan dapat digambarkan pada diagram alir sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



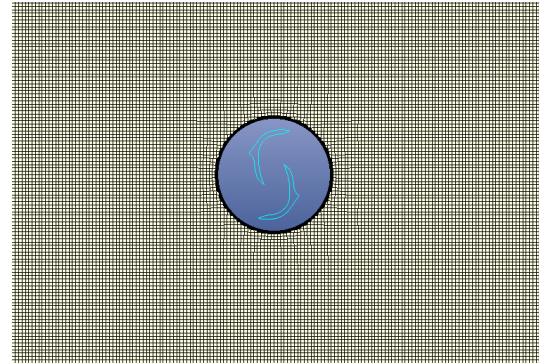
Gambar 2 Proses kajian yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Setelah melakukan kajian literatur, maka aktivitas difokuskan pada pemodelan bilah TASV Savonius menggunakan perangkat lunak CATIA. Untuk mendapatkan putaran yang tepat dari bilah, maka dilakukan kajian komputasi 2D pada berbagai putaran TASV pada setiap 30 derajat putaran TASV. Konfigurasi grid dan penentuan parameter simulasi numerik dapat dijelaskan sbb :

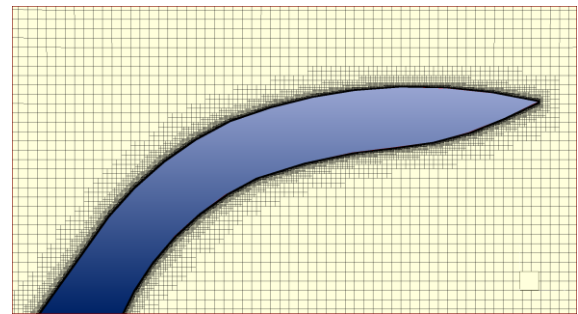
Grid

Grid yang digunakan untuk simulasi numerik TASV ini adalah *unstructure hexahedral grid* 2D. Grid tersebut dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Numeca HEXPRESS, dengan parameter lapisan viskos grid Y^+ sebesar 30 dan jumlah keseluruhan grid adalah 800.000 *cell* grid. Grid pada kasus ini terdiri dari dua buah blok grid (kasus *multiblock grid*), yaitu bagian *rotating*/berputar untuk bilah TASV dan bagian statik untuk aliran disekitar bilah

TASV yang berputar. Kedua blok grid tersebut terhubung melalui koneksi *rotor-stator* yang disebut dengan *frozen rotor/stator*. Bentuk dari grid yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 3 Multiblock grid pada TASV, bagian dalam (*rotating*), bagian luar (*statik*)



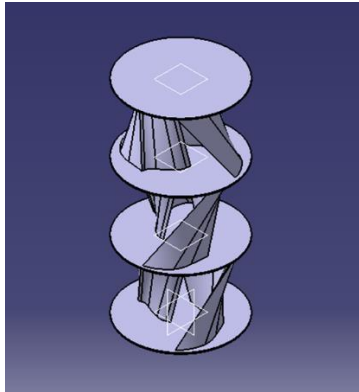
Gambar 4 Grid pada Bilah TASV dengan Parameter Lapisan Viskos Y^+ Sebesar 30

Simulasi Numerik

Simulasi numerik aliran pada TASV dilakukan dengan menyelesaikan persamaan RANS (Reynolds Average Navier-Stokes) sebagai model umum aliran disekitar TASV dan dengan pemilihan model aliran khusus turbulen adalah model turbulen *Spalart-allmaras*. Simulasi numerik ini diselesaikan dengan menggunakan perangkat lunak Numeca Fine Open dengan konfigurasi: *steady*, inkompresibel, skema diskritisasi *central difference*, level *multigrid*: 3, dan kriteria konvergensi untuk semua kuantitas aliran yang dihitung sebesar 10^{-4} .

Hasil yang diperoleh dari simulasi numerik aliran 2D ini kemudian digunakan untuk menentukan putaran ideal TASV dan kecepatan putaran sebagai prediksi awal. Dengan demikian, maka perhitungannya

menjadi lebih cepat dibandingkan dengan penentuan langsung menggunakan simulasi numerik 3D. Hasil proses komputasi CFD Numeca sangat dipengaruhi oleh Kualitas grid yang digunakan (jumlah, orthogonalitas, aspect ratio, Y^+ , dsb). Semakin *fine*/baik kualitas grid, maka kepresisian hasil perhitungan dapat diperoleh, meskipun tentu saja waktu simulasi numerik semakin lama dan membutuhkan sistem komputasi yang lebih canggih. Sebaliknya, semakin *coarse*/kasar kualitas grid, maka error hasil perhitungan akan semakin besar, meskipun waktu simulasi numerik semakin cepat. Setelah diperoleh bagaimana geometri yang ideal maka TASV Savonius 3D dapat dimodelkan, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 5 Model TASV Savonius dengan profil hidrodinamis

Nilai daya hasil komputasi akan digunakan dalam penentuan twisted dari bilah TASV Savonius.

2. HASIL DAN DISKUSI

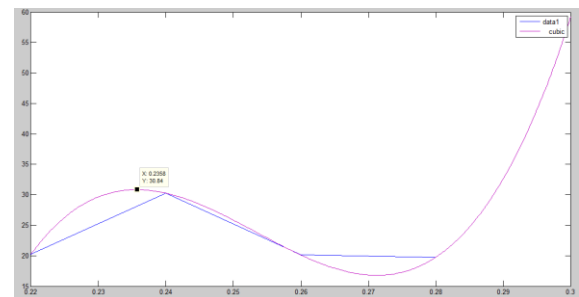
Dalam simulasi CFD kasus 2D ini, didapatkan nilai torsi dan daya TASV Savonius pada kecepatan aliran yang diasumsikan, dalam hal ini 1,2 m/s. Berdasarkan hasil studi literature diketahui bahwa kecepatan air laut rata-rata adalah 4 m/s [2]. Dengan demikian dalam memprediksi hasil kaji eksperimental dengan kecepatan sesungguhnya, perlu dilakukan konversi menggunakan perbandingan parameter yang berubah. Oleh karena nilai daya yang ditentukan, berdasarkan $\frac{1}{2}\rho SV^3$, dan yang bervariasi hanyalah V^3 , maka nilainya menjadi $\left(\frac{4}{1.2}\right)^3 = 37.04$ kali nilai hasil kaji komputasional. Walaupun nilai

tersebut masih harus dikoreksi kembali karena beberapa masalah pemasangan, namun nilainya tetap menjanjikan.

Pengaruh *overlap ratio* (e/d) berdasarkan studi literatur [2], sangat berpengaruh pada interaksi aliran air melalui celah TASV Savonius. Perubahan aliran dalam celah turbin tersebut, akan mempengaruhi torsi dan daya turbin yang diperoleh, sehingga kajian ini perlu dilakukan pada tahap awal. Kajian dilakukan dengan melakukan simulasi pada CFD Numeca, dengan berbagai jarak celah turbin. Dengan mendasarkan pada nilai torsi dan daya yang diperoleh maka jarak celah TASV Savonius dapat ditentukan. Hasil kaji komputasional penentuan celah tersebut diperlihatkan pada Tabel 2, dan proses curve fitting penentuan titik komputasi diperlihatkan pada Gambar 4.

Tabel 2 Hasil simlasi pada CFD Numeca

| No. | Overlap rasio (e/d) | Total Torsi (Nm) | Daya (Watt) |
|-----|---------------------|------------------|-------------|
| 1 | 0.22 | 20.22 | 194.112 |
| 2 | 0.2358 | 30.84 | 296.064 |
| 3 | 0.24 | 30.27 | 290.592 |
| 4 | 0.26 | 20.11 | 193.056 |
| 5 | 0.28 | 19.76 | 189.696 |



Gambar 6 Gambar penentuan titik pada proses curvefitting menggunakan Matlab

Kajian penentuan overlap ratio dilakukan dengan membandingkan 5 jarak celah yang berbeda, sebagaimana dituliskan pada Tabel 2. Dari 4 nilai jarak yang berbeda maka dapat ditentukan nilai ke 5, yang diperkirakan akan menghasilkan nilai torsi dan daya TASV Savonius yang paling maksimum. Kajian ini dilakukan dari 3 titik dan seterusnya.

Jarak celah (e) dapat ditentukan berdasarkan overlap ratio yang ideal. Model TASV Savonius tersebut kemudian dibuat dan disimulasikan pada perangkat lunak CFD

Numeca. Hasil simulasi untuk menentukan pola aliran yang terjadi diperlihatkan pada Gambar 5. Dapat diamati bahwa pada celah air masih mengalir, dan dengan kecepatan sekitar 0.6 m/s.

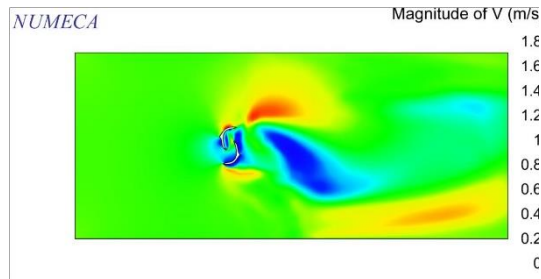


Figure 7 Magnitude of V dari Overlap rasio 0.2358

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi 2D pada model TASV Savonius dengan celah yang ideal, profil yang ideal dan tanpa menggunakan poros tengah, maka diperoleh nilai torsi teoritis sebesar 30,84 Nm dan daya teoritis sebesar 296,064 Watt. Jadi jarak celah hasil perhitungan ini yang kemudian akan digunakan dalam proses pembuatan TASV Savonius untuk diuji pada aliran air sungai maupun laut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nurdin, Muhamad Sidiq, Technical Analysis Aspect of Torque and Power of Savonius Turbine with Hydrodynamic Profile for Hydrodynamic Power Plant, Bandung Polytechnic State, 2013
2. Hassan, Md Imtiaj. Performance of a Quarter Pitch Twisted Savonius Turbine. Final Project Electrical and Electronic Engineering. Bangladesh : Islamic University of Technology, 2012.
3. Ajith, Hikkaduwa Vithanage. Design and Performance Analysis Of Pitched Plate Vertical Axis Wind Turbine For Domestic Power Generation. s.l. : Master of Science Thesis KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology, 2012.