

KAJIAN NUMERIK PENGARUH SOLIDITY TERHADAP KINERJA TURBIN SUMBU VERTIKAL DARRIEUS UNTUK KONVERSI ENERGI GELOMBANG DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL HIDROFOIL SIMETRIS NACA 0024

Farakeysa Najma Alia Hidayat^{1*}, Burniadi Moballa², George Endri Kusuma³

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: fnajma@student.ppns.ac.id^{1*}; bmoballa@ppns.ac.id²; kusuma.george@ppns.ac.id³

Abstract- With the increasing demand for electricity and concerns over global warming driving us to reduce dependence on fossil fuels, we are exploring ocean-based energy solutions. By exploiting the kinetic power of seawater, we can convert wave energy and ocean currents into electricity. The Darrieus turbine serves as the main tool in this process, converting kinetic energy into mechanical energy, which can then be converted into electricity. In this study, variations solidity of 0.3 and 0.15 were used on a Darrieus turbine with a symmetrical hydrofoil profile NACA 0024 with a turbine diameter of 1m to produce power coefficient. The highest Coefficient of Power (CP) values were obtained on the NACA 0024 symmetrical blade profile angle of attack 5° and solidity 0,3 which is equal to CP = 0,325.

Keyword : Renewable Energy, WEC (Wave Energy Converter), Eco-friendly energy

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia mengalami perkembangan positif dengan target pemerintah untuk meningkatkan kontribusi Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam portofolio energi nasional. Saat ini, capaian bauran EBT baru mencapai 13,1 persen, masih di bawah target 23 persen pada tahun 2025. Energi listrik, yang penting dalam kehidupan sehari-hari, kini semakin dibutuhkan seiring perkembangan teknologi, sementara sumber energi fosil semakin menipis dan menyebabkan kerusakan lingkungan serta emisi CO₂. Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif yang ramah lingkungan seperti energi gelombang laut yang berpotensi besar di Indonesia. Dengan potensi arus laut sebesar 63 GW, Indonesia dapat mengembangkan Wave Energy Converter (WEC) untuk mengubah energi gelombang menjadi listrik. Turbin arus laut, yang terdiri dari kipas atau turbin di dasar laut, dapat memanfaatkan energi kinetik arus laut. Penelitian ini akan memodelkan turbin hidrokinetik Darrieus dan melakukan simulasi CFD untuk menganalisis efisiensi, Coefficient of Torque (CT), dan Coefficient of Power (CP) dengan memodifikasi profil sudu. Data yang digunakan mencakup kedalaman perairan, kecepatan arus gelombang, panjang dan tinggi gelombang, serta data dari penelitian sebelumnya

2. METODOLOGI .

Tahap- tahap penelitian yang digunakan untuk penyelesaian dalam permasalahan yang telah ada adalah sebagai berikut:

2.1 Sumber Data

Pada penelitian ini akan memakai salah satu dari data gelombang 7 lokasi pada penelitian (Andhika, 2021). Parameter pemilihan pantai tersebut didasarkan pada nilai Reynold number yang paling rendah agar nantinya saat dilakukan proses meshing tidak membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga bisa segera dilakukan proses validasi dan grid independence. Berikut ini data gelombang pada lokasi perairan pantai Selatan Jawa Timur.

Tabel 1 : Data Gelombang Perairan Pantai Selatan Jawa timur (Andhika, 2021)^[1]

Lokasi	Max H _w (m)	Min H _w (m)	Re rata H _w (m)	Max T _w (s)	Max T _w (s)	Re rata T _w (m)
Tanjung Bili Malang	1.69	0.56	0.96	15.89	4.66	10.49

2.2 Variabel Penelitian

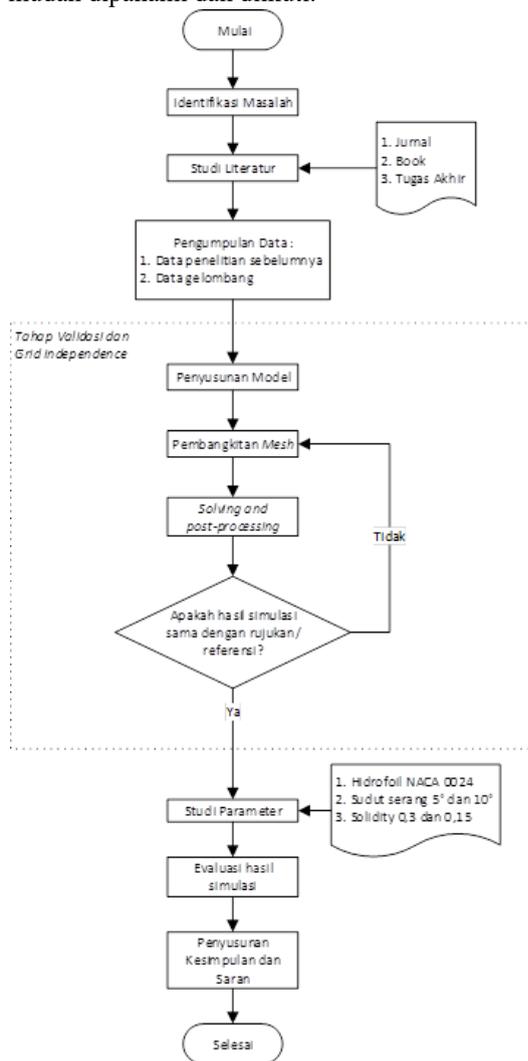
Variable penelitian merupakan karakteristik yang dimiliki oleh subjek penelitian yang bervariasi sehingga dapat diterapkan pada penelitian untuk dipelajari dan diambil kesimpulannya. Jenis variable penelitian untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel tetap yaitu kedalaman air (d), kecepatan aliran fluida, jumlah sudu turbin dan diameter turbin.
2. Variabel bebas yaitu variasi sudut serang.
3. Variable terikat yaitu hasil simulasi software berupa koefisien torsi (CT) dan koefisien daya (CP).

2.3 Diagram alir Penelitian

Diagram alir penelitian disusun agar penelitian dapat berjalan secara sistematis.

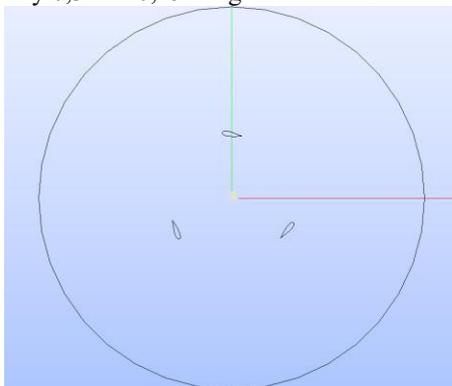
Berdasarkan Langkah yang telah ditentukan sebelumnya dapat disusun menjadi alir agar mudah dipahami dan diikuti.



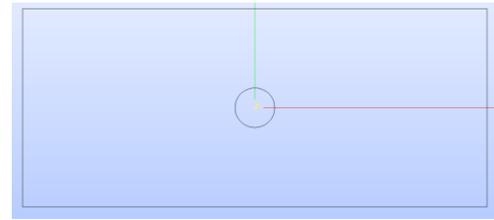
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan dengan SALOME

Dalam pemodelan menggunakan NACA 0024 dan memiliki sudut serang 5° dengan variasi solidity 0,3 dan 0,15 dengan diameter turbin 1 m.



Gambar 1 Rotor turbin NACA 0024



Gambar 2 Domain turbin NACA 0024

Gambar 1 menunjukkan penggambaran rotor turbin yang digunakan pada penelitian ini. Gambar 2 menunjukkan penggambaran domain, dan pada bagian outer terdapat silinder dan boundary condition (kondisi batas) sisi kiri domain diberi nama (inlet) yaitu arah masuk fluida. Daerah sisi kanan domain diberi nama (outlet) yaitu arah keluar fluida. Pada bagian atas diberi nama (top), bagian bawah diberi nama (bottom) dan pada silinder diberi nama menjadi cylinder AMI Domain.

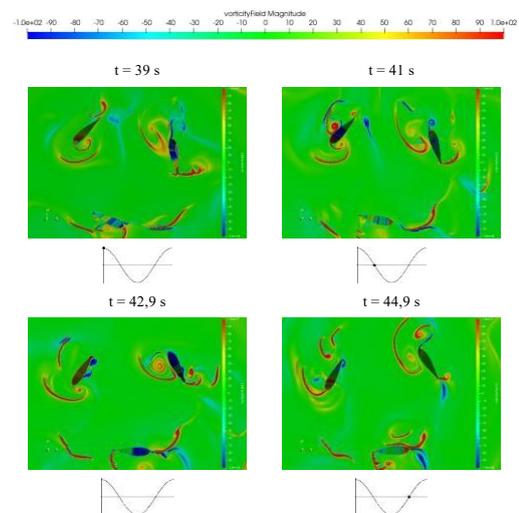
3.2 Computational Setup

Simulasi dilakukan dengan $\Delta t = 0,05$ dan maximum Courant Number = 0,01. Beberapa indikator lainnya yang harus dimasukkan yaitu kecepatan sudut turbin. Pada simulasi yang akan dilakukan ini menggunakan kondisi prescribed rotation yang dimana putaran turbin ditentukan dan kecepatan aliran gelombang yang mengalir bolak balik tetap. Pada penelitian ini digunakan TIP Speed Ratio (TSR) 1 sehingga kecepatan sudut yang digunakan mengacu pada perhitungan berikut :

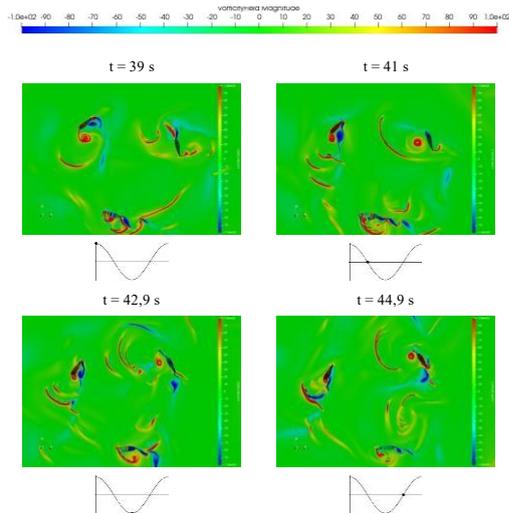
$$\begin{aligned} \text{Kecepatan sudut } (\omega) \\ R \text{ turbin} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{TSR } (\lambda) &= 0,5 \\ \omega &= \frac{\lambda}{R} = \frac{0,5}{0,5} = 1 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Setelah pengaturan, penelitian bisa dijalankan pada software OpenFOAM untuk memulai running. Time step yang diberikan pada kasus ini yaitu selama 50 detik.

3.3 Hasil Simulasi

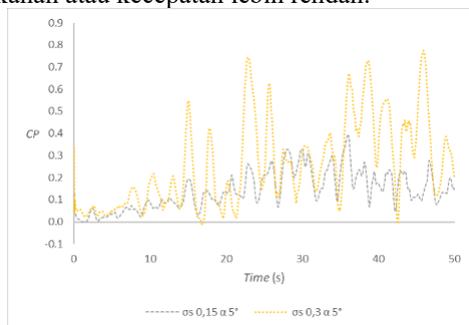


Gambar 3 Vorticity turbin Darrieus pada solidity 0,3 dan sudut serang 5°



Gambar 4 Vorticity turbin Darrieus pada solidity 0,15 dan sudut serang 5°

Gambar 3 dan 4 menunjukkan vorticity pada variasi solidity 0,3 dan 0,15 dengan sudut serang 5°. Pusaran (vortex) yang terbentuk di sekitar bilah turbin menunjukkan adanya aliran turbulen yang kompleks. Vortex ini terjadi karena interaksi antara aliran fluida dan bilah turbin, yang dipengaruhi oleh sudut serang dan solidity. Warna merah di sekitar bilah turbin menunjukkan area dengan tekanan atau kecepatan tinggi, sedangkan warna hijau dan biru menunjukkan area dengan tekanan atau kecepatan lebih rendah.



Gambar 5 Grafik coefficient of power TSR 0,5

Pada gambar 5 ditampilkan grafik koefisien daya yang dihasilkan dari simulasi, selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata dari nilai C_p tersebut dengan menggunakan metode *root mean square* (RMS). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil perhitungan root mean square *Coefficient of Torque*

Variation	TSR 0,5
	CP
σ 0,3 α 5°	0,325
σ 0,15 α 5°	0,167

Dapat dilihat bahwa variasi pengaruh sudut serang dapat mempengaruhi nilai C_p . Dari tabel tersebut didapatkan nilai tertinggi dari C_p pada variasi solidity 0,3 yang memiliki nilai $C_p = 0,325$.

4. KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir tersebut maka dapat disimpulkan pada NACA 0024 menaikkan solidity pada rentang 0,15 – 0,3, nilai koefisien Torsi yang dihasilkan cenderung mengalami kenaikan. Pada TSR 0,5, nilai CT untuk solidity 0,15 dan sudut serang 5° adalah 0,167, sedangkan untuk solidity 0,3 dan sudut serang 5° adalah 0,325 yang menunjukkan kenaikan sekitar 94.6%.

5. PUSTAKA

- [1] Andhika, D. R. (2021). Studi Potensi Energi Gelombang Laut Di Pantai Selatan Jawa Timur.