



## ANALISIS KONDISI ALIRAN FLUIDA DAN TEKANAN DI SEKITAR SPAR DENGAN SISTEM REDAMAN LIMA PLAT VERTIKAL

Dimas Fitrawan, and Fuad Mahfud Assidiq  
Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia  
\*dimasfitrawan30@gmail.com

### Abstrak

Floating Turbine wind tipe SPAR merupakan structure terapung yang memanfaatkan kecepatan angin laut untuk menggerakkan turbine yang dapat menghasilkan energi listrik. SPAR merupakan structure terapung berbentuk silinder yang memiliki draft yang dalam dan handal beroperasi di laut dalam dengan waktu yang lama. Pada penelitian ini menggunakan model SPAR dengan sistem redaman lima plat vertikal yang berada bagian bawah structure SPAR dimana pada penelitian ini dilakukan analisis mengenai kondisi aliran fluida dan tekanan yang berada di sekitar SPAR. Penelitian ini dilakukan dengan perhitungan numerik berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan empat variasi kecepatan aliran fluida yang digunakan untuk mengamati perubahan kondisi aliran fluida dan tekanan di sekitar SPAR. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati kondisi dan pengaruh di sekitar *structure floating turbine wind* tipe SPAR yang diharapkan bisa menjadi solusi untuk permasalahan energi di dunia.

**Kata Kunci :** CFD, FLUIDA, SPAR

### Abstract

*Spar type Floating wind Turbine is a floating structure that utilizes the speed of the sea wind to drive a turbine that can generate electrical energy. SPAR is a cylindrical floating structure that has a deep draft and is reliable in operating in the deep sea for a long time. In this study using a SPAR model with a damping system of five vertical plates located at the bottom of the SPAR structure where in this study the analysis about fluid flow conditions and pressures that are around the SPAR. This study was conducted by calculation numerical based CFD (Computational Fluid Dynamics) with four variations of fluid flow velocity used to observe changes in fluid flow conditions and pressure around the SPAR. This study aims to observe the conditions and influences around the SPAR type floating wind turbine structure which is expected to be a solution to energy problems in the world.*

**Keyword :** CFD, FLUIDA, SPAR



## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi menyebabkan meningkatnya konsumsi akan hidrokarbon sebagai bahan baku penghasil energi. Karena eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon khususnya di daerah laut dangkal semakin menipis, maka eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon mengarah ke laut dalam. Dengan beralihnya eksplorasi dan eksploitasi dilaut dalam, maka diperlukan struktur anjungan yang mampu bertahan pada kondisi lingkungan di laut dalam. Anjungan lepas pantai merupakan struktur atau bangunan yang di bangun di lepas pantai. Menurut jenis strukturnya, anjungan lepas pantai dibagi dalam tiga kelompok yaitu, struktur terpancang (*fixed structure*) atau disebut juga sebagai pile-supported platform, struktur terapung (*floating structure*) dan struktur lentur (*compliant structure*). SPAR adalah jenis anjungan lepas Pantai berupa suatu unit produksi terapung (*floating structure*) berbentuk silinder vertikal (kolom tunggal) dengan ciri sarat air (draft) cukup dalam, Silinder vertikal tersebut utamanya berfungsi sebagai penopang geladak (*deck*)[1]. SPAR merupakan bangunan apung yang handal untuk beroperasi di tengah laut dalam waktu yang lama dengan kondisi lingkungan ekstrim. Karena akan beroperasi di perairan dalam (*deep water*) dengan jangka waktu yang lama maka perlu dilakukan berbagai analisis dalam perancangannya [2]

Floating wind turbin tipe spar merupakan contoh sumber penghasil energi terbarukan yang memanfaatkan kecepatan angin laut untuk menggerakkan turbine yang dapat menghasilkan energi listrik. *Floating turbine wind* tipe SPAR ini berupa struktur terbung yang memanfaatkan daya apung untuk mendukung fasilitas di Deck untuk melakukan produksi energi terbarukan yang memanfaatkan kecepatan angin laut. Desain vertikal pada SPAR dengan draf yang sangat besar dapat meningkatkan stabilitas yang dapat mengurangi kemungkinan *floating turbine wind* tipe SPAR terbalik dan desain spar juga sangat efisien dikarenakan dapat ditempatkan di perairan yang dalam[3]. Namun, desain SPAR untuk turbin angin lepas pantai juga memiliki beberapa kelemahan salah satunya biaya konstruksi dan pemeliharaan yang mahal dikarenakan desainnya yang cukup rumit sehingga dibutuhkan peralatan dan keahlian khusus dalam pembuatannya.

Pada penelitian ini berfokus pada kondisi aliran dan tekanan yang terjadi di sekitar SPAR. Meskipun kelayakan komersialnya semakin cepat, anjungan lepas Pantai memiliki fluktuasi tinggi dalam pembebanan arus. Interaksi bangunan structure yang rumit dapat menyebabkan kesulitan pada SPAR dalam meredam hantaman arus dan juga pada bagian pasca hantaman berdampak pada perubahan aliran turbulensi. Perbedaan fase ini akan menyesuaikan perilaku substruktur karna daya yang dihasilkan berfluktuasi[4]. Pengaruh kecepatan aliran fluida dapat menciptakan aliran turbulensi dan memberikan tekanan dinamis pada struktur SPAR. Beberapa modifikasi pada substruktur yang ada seperti SPAR berundak, cakram penyeimbang dan pelat heave ditawarkan sebagai alternatif. Awalnya, model SPAR berundak menunjukkan banyak keunggulan dibandingkan model dasar SPAR, termasuk kinerja hidrodinamik yang dapat diterima berdasarkan turbulen angin. Pelat vertikal adalah solusi system redaman SPAR paling canggih. Ini disebabkan oleh fakta bahwa redaman gerakan pitch lebih penting daripada redaman gerakan heave, Hal ini dimungkinkan untuk mewujudkan pengurangan gerakan nada yang cukup melalui penggunaan lima pelat vertikal sebagai pengganti pelat heave[5]. Sehingga Analisa mengenai kondisi aliran fluida dan tekanan di sekitar SPAR ini sangat di pengaruhi dari variasi kecepatan, disain struktur dan system peredam 5 plat vertikal yang terletak di bagian bawah struktur spar. Pada Analisa ini nantinya akan menghasilkan parameter seperti bentuk aliran dan tekanan disekitar spar berdasarkan pengaruh dari empat variasi kecepatan.

## 2. METODE

Dalam penilitian model SPAR (5VP) menggunakan metode pemodelan 3 D dengan menggunakan perhitungan numerik berupa CFD (*computational fluid dynamics*) dimana penelitian ini bertujuan ununtuk menganalisis kondisi aliran fluida dan tekan di sekitar spar berdasarkan empat variasi kecepatan aliran fluida yaitu  $V1=0.611$  m/s,  $V2=6.114$  m/s,  $V3=61.144$  m/s dan  $v4=611.438$  m/s. Selanjutnya turbulensi yang digunakan adalah DES-SST (*Detached Eddy Simulation*) dengan *Shear-Stress* Transport k omega dengan material yang digunakan dalam simulasi ini yaitu pada type solid digunakan material aluminium dan type fluid digunakan material water- liquid. Pada tahapan boundary condution digunakan zone inlet



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

sebagai arah masuknya aliran fluida dengan insensitas turbelensy sebesar 5%, tahap solution digunakan *pressure velocity scheme SIMPLE* dengan *turbelency kinetic* dan specific Dissipation rate yaitu *secondary order upwind*, data *solution controls* yaitu *pressure = 0.3, density=1, body forces=1, momentum=0,7* dan *turbelency kinetic=0.8*. Selanjutnya pada *solution initialization* menggunakan *metode hybrid instalazation*. Selanjutnya data yang telah di input kemudian di *calculate* dan hasil penelitian yang akan disajikan dalam bentuk visualisasi gambar yang menampilkan perubahan kecepatan, tekanan, dan bentuk aliran fluida sekitar SPAR berdasarkan variasi kecepatan aliran fluida. Selanjutnya dilakukan analisis hasil pemodelan untuk mengetahui kondisi perubahan yang terjadi pada aliran fluida dan tekanan disekitar SPAR berdasarkan variasi kecepatan yang telah diujikan untuk memberikan kesimpulan pada penelitian ini.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

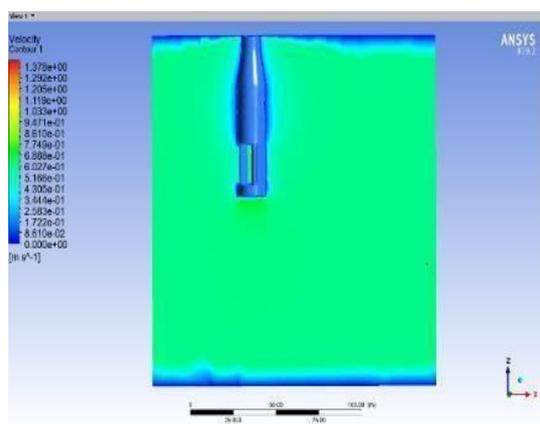
Pada pemodelan SPAR 5VP ini dilakukan dengan simulasi CFD (*computational fluid dynamics*) melalui *ANSYS Fluid Flow (Fluent)* dimana pada model SPAR 5VP terdapat 5 plat vertical yang berfungsi sebagai redaman yang mempengaruhi kondisi aliran fluida dan tekanan di sekitar SPAR Berikut ini adalah tahapan dalam simulasi pemodelan SPAR 5VP

1. pemodelan geometri Pada tahap ini model SPAR 5VP yang di modelkan di software CAD di impor ke *ANSYS Fluid Flow (Fluent)* pada tahapan ini dilakukan penentuan batas area simulasi(Domain) dengan titik kordinat  $+x=100$  m,  $-x=50$  m,  $+y=30$  m,  $-y=30$  m,  $+z=1$  m dan  $-z=90$  m.
2. Tahap mesh dimana pada tahap di penentuan path conforming method dengan section inlate, outlate, wall, dan spar yang menjadi objek dalam simulasi nantinya
3. Tahap Setup dimulai dengan general models viscous Detache Eddy Simulation(DES) k-omega dengan material water-liquid, pada boundary conditions dengan zone inlate tipe velocity dengan variasi kecepatan yaitu  $V1=0.611$  m/s,  $V2=6.114$  m/s,  $V3=61.144$  m/s dan  $v4=611.438$  m/s.pada solution digunakan schame SIMPLE dengan turbelensi kinetic energy dan specific dissipation rate berupa second order upwind selanjutnya di lakukan solution hybrid initialization dan run calculate dengan 100 time stap/max iterations
4. Pada tahap results dilakukan penentuan loksi pemodelan simulasi untuk mendapatkan visualisasi kondisi aliran dan tekanan di sekitar SPAR berdasarkan 4 variasi kecepatan aliran fluida. Visualisasi ini nantinya akan menggambarkan kondisi dan tekanan yang tampak dari atas dan samping.

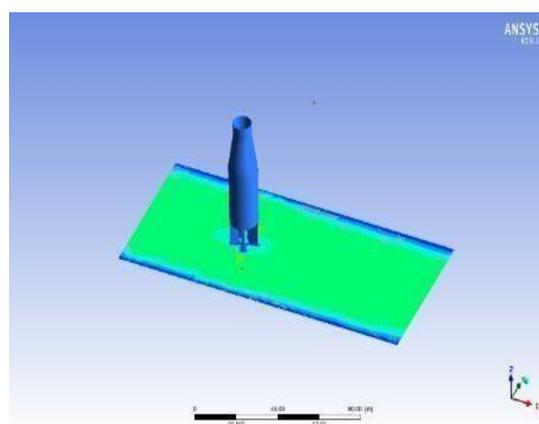
#### Hasil simulasi pemodelan SPAR 5VP

##### Kondisi Aliran Fluida di sekitar SPAR 5VP

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V1=0.611$  m/s  
Tampak samping



Tampak atas

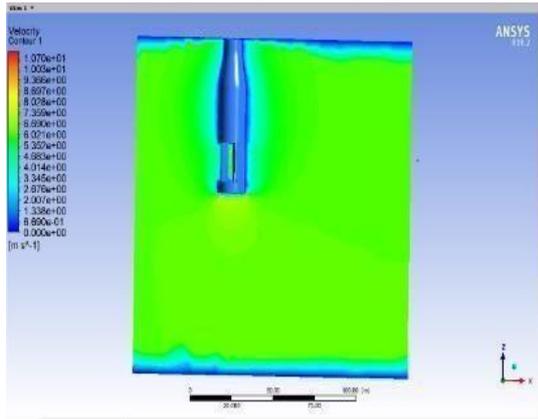


**Gambar 1.** Visualisasi kondisi aliran fluida di sekitar SPAR pada kecepatan  $v1=0.611$  m/s.

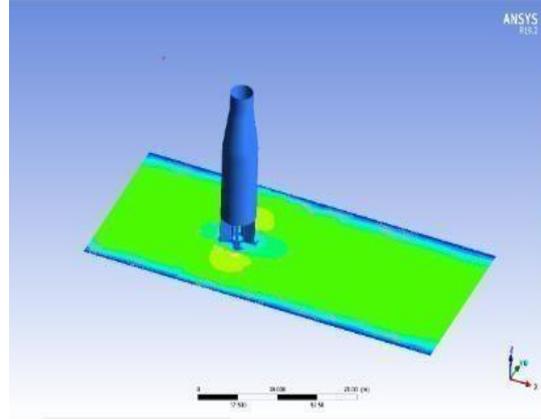


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V_2=6.114$  m/s  
Tampak samping

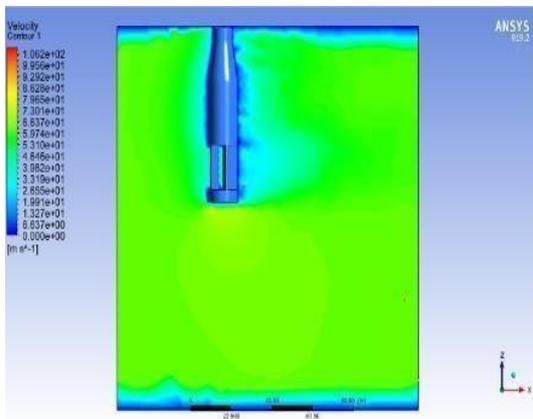


Tampak atas

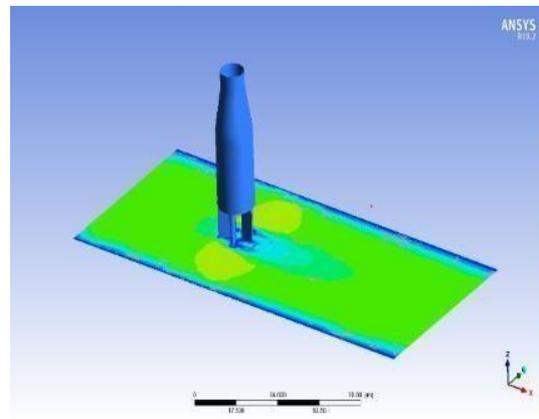


**Gambar 2.** Visualisasi kondisi aliran fluida di sekitar SPAR pada kecepatan  $v_2=6.114$  m/s.

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V_3=61.144$  m/s  
Tampak samping

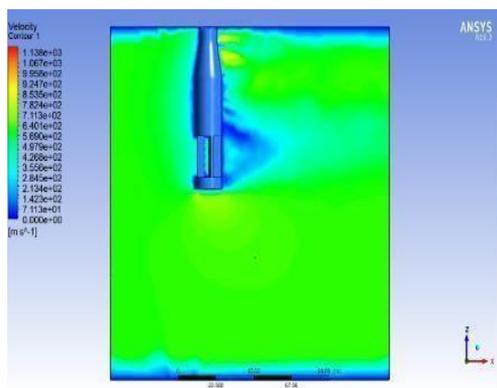


Tampak atas

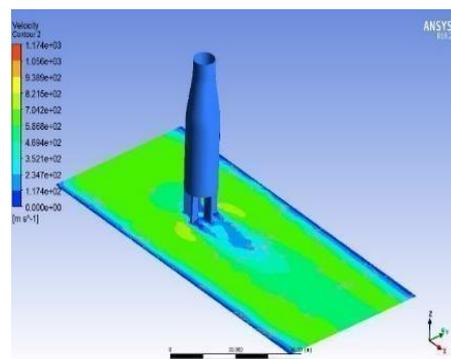


**Gambar 3.** Visualisasi kondisi aliran fluida di sekitar SPAR pada kecepatan  $v_3=61.144$  m/s.

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V_4=611.438$  m/s



Tampak samping



Tampak atas

**Gambar 4.** Visualisasi kondisi aliran fluida di sekitar SPAR pada kecepatan  $v_4= 611.438$  m/s.



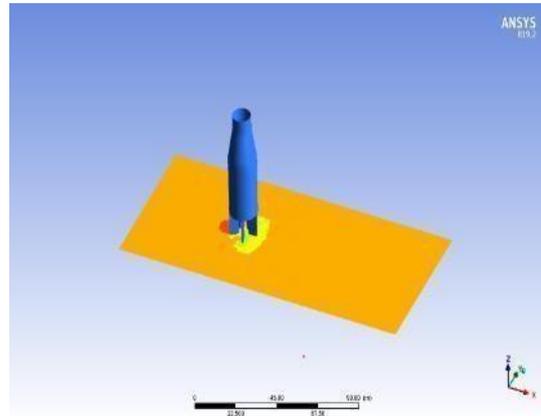
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## Kondisi tekanan di sekitar SPAR 5VP

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V1=0.611$  m/s  
Tampak samping

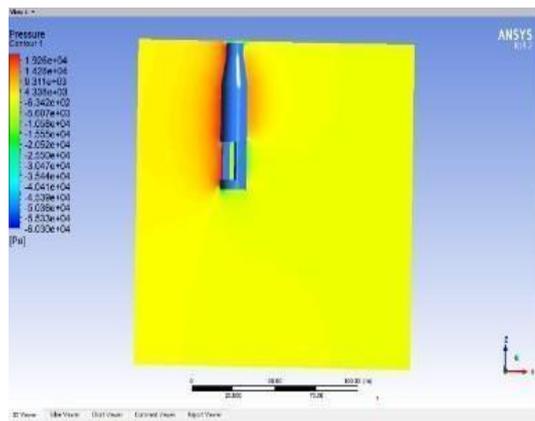


Tampak atas

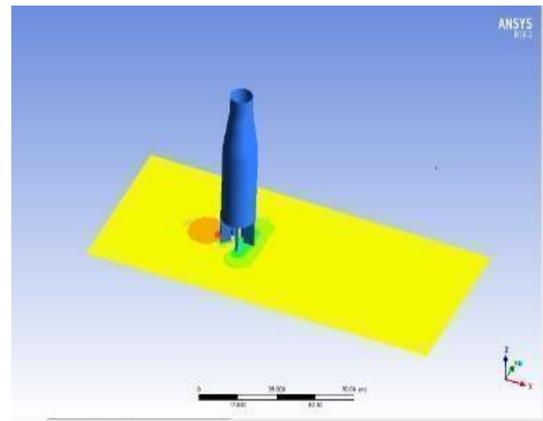


**Gambar 5.** Visualisasi Tekanan di sekitar SPAR pada kecepatan  $v1=0.611$  m/s

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V2=6.114$  m/s  
Tampak samping

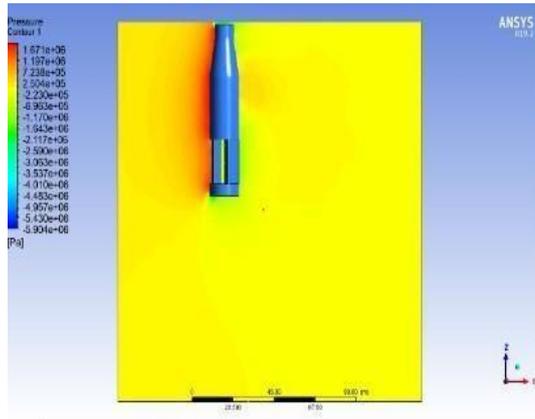


Tampak atas

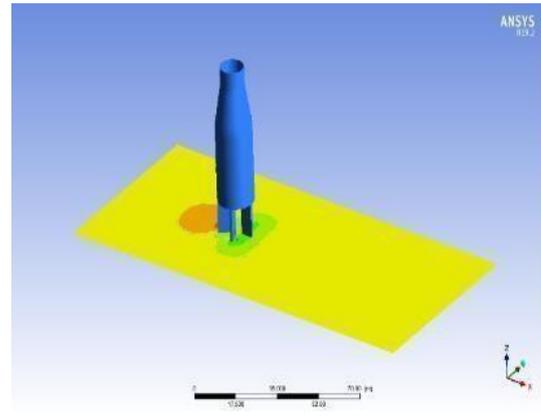


**Gambar 6.** Visualisasi Tekanan di sekitar SPAR pada kecepatan  $V2=6.114$  m/s.

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V_3=61.114$  m/s  
Tampak samping

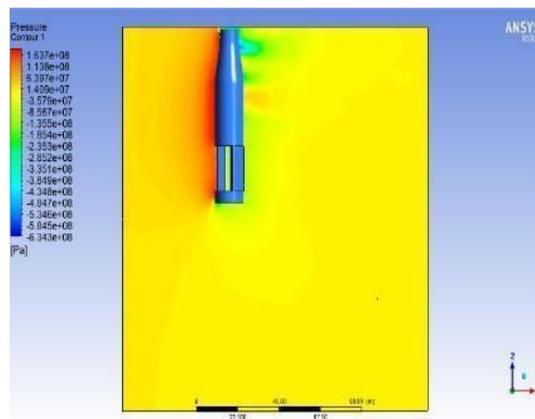


Tampak atas

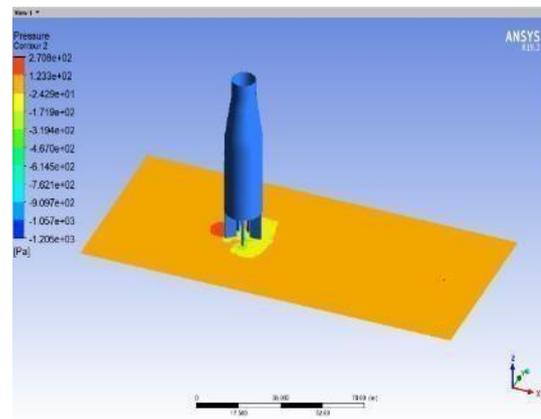


**Gambar 7.** Visualisasi Tekanan di sekitar SPAR pada kecepatan  $V_3=61.114$  m/s.

- ❖ Hasil simulasi pada kecepatan  $V_4=611.438$  m/s  
Tampak samping



Tampak atas



**Gambar 8.** Visualisasi Tekanan di sekitar SPAR pada kecepatan  $v_4=611.438$  m/s.

Dari hasil pengujian simulasi kondisi aliran fluida dan tekanan dapat dilihat dari visualisasi di delapan gambar menunjukkan bahwa kondisi aliran fluida dan tekanan di sekitar struktur SPAR sangat di pengaruhi oleh variasi kecepatan, struktur SPAR dan system redaman lima plat pertikal yang terletak di bagian bawah struktur SPAR.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil simulasi tekanan aliran fluida sekitar SPAR dengan variasi kecepatan yang berbeda, kita dapat membuat beberapa kesimpulan:

1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa aliran fluida di sekitar SPAR sangat sensitif terhadap perubahan kecepatan aliran. Peningkatan kecepatan aliran dapat mengakibatkan perubahan yang signifikan dalam parameter seperti tekanan dan kecepatan maksimum.
2. Data dari simulasi menunjukkan bahwa efek perubahan kecepatan dalam aliran fluida sekitar SPAR cenderung bersifat eksponensial. Ini mengindikasikan bahwa perubahan kecil dalam kecepatan dapat menghasilkan perubahan besar dalam parameter aliran fluida.
3. Simulasi menunjukkan bahwa tekanan maksimum dalam aliran fluida sekitar SPAR dapat mencapai



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

level yang sangat tinggi ketika kecepatan aliran mencapai tingkat yang signifikan. Hal ini dapat diamati pada simulasi V4 611.438 m/s, yang menunjukkan perubahan tekanan dan kecepatan aliran fluida sekitar SPAR yang meningkat secara signifikan bila dibandingkan pada 3 simulasi sebelumnya.

Penelitian ini memiliki potensi aplikasi praktis dalam desain dan pengoperasian SPAR, khususnya dalam mengoptimalkan kecepatan aliran fluida untuk mengelola tekanan yang ada dan memastikan kinerja yang aman dan efisien. Penelitian ini masih terbatas pada parameter yang digunakan serta kurangnya pemahaman dalam pengoperasian software ANSYS Fluent. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih mendalam untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal. Uji model dapat menjadi salah satu cara memperoleh hasil data yang lebih valid dengan membandingkannya dengan hasil pengujian dengan metode numerik (CFD).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indiyono, P. 2004. "Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai". Surabaya: SIC.
- [2] Matos, V. L. Ribeiro, E. O., Simos, A. N. 2010. 2nd Order Pitch and Roll Motion of a Semi-Submersible Platform" Wind Energy 6.3 (2003): 219- 240, 2003.
- [3] Soedjono, J. J. 1998. "Diktat Mata Kuliah Konstruksi Bangunan Laut II".
- [4] Surabaya:Jurusan Teknik Kelautan ITS.
- [5] Assidiq, Fuad M., et. Al., "influence of vertical plate in the pitching motion of a SPAR Wind Floater in Waves". CCORE 2022, SPESS, PP,30-40,2023.
- [6] Assidiq, Fuad M., et. Al., Experimental Investigation on the Characteristics of Pitch Motion for a Novel SPAR type FOWT in Regular Waves" . Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan, 20 (2) (2023):163-174, 202

