



ANALISA PERUBAHAN ALIRAN PADA MODEL SPAR (4VP)

Nurhikma, dan Fuad Mahfud Assidiq

Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

nurhikman20d@student.unhas.ac.id

Abstrak

Penelitian mengenai aliran di sekitar model SPAR dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar efek aliran terhadap struktur SPAR yang di gunakan pada *offshore wind turbine*. SPAR merupakan jenis *floating structure* biasanya dapat digunakan di laut dalam dan menjadi struktur yang efektif dan dapat diandalkan dari segi konstruksi. Spar memiliki keunggulan yang mana letak titik *buoyancy* (KB) berada di atas titik gravitasi (KG) sehingga memberikan stabilitas yang baik. Namun penggunaan struktur SPAR di laut dalam juga masih terdapat kendala terkhusus Ketika kondisi lingkungan yang ekstrim, yang mana struktur SPAR yang belum mampu meredam arus pada tingkat kecepatan tertentu. Kemudian pada penelitian ini bermaksud untuk menguji model SPAR dengan sistem konfigurasi empat pelat vertical (4VP) yang kemudian dimodelkan dengan pemodelan numerik berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang bertujuan untuk menginfestigasi aliran sekitar SPAR yang ditinjau dari kecepatan aliran. Terutama pada tingkat kecepatan aliran tertentu, kecepatan dipilih dengan cermat disetiap tingkatannya mulai dari : $V1 = 0.611\text{m/s}$, $V2 = 6.114$, $V3 = 61.144$, $V4 = 611.438$. Penambahan pelat vertical pada konstruksi bawah SPAR memiliki peran dalam meredam aliran dan juga efek turbulen akibat hantaman arus.

Kata Kunci: CFD, Fluida, Offshore wind turbine, SPAR, Turbulensi.

Abstract

Research on the flow around the SPAR model was carried out with the aim of finding out how much effect the flow has on the SPAR structure used in offshore wind turbines. SPAR is a type of floating structure that can usually be used in deep seas and is an effective and reliable structure in terms of construction. Spar has the advantage that the buoyancy point (KB) is above the gravity point (KG), thus providing good stability. However, there are still obstacles to the use of SPAR structures in the deep sea, especially when environmental conditions are extreme, where SPAR structures are not able to reduce currents at a certain speed level. Then, this research aims to test the SPAR model with a four vertical plate (4VP) configuration system which is then modeled using *Computational Fluid Dynamics* (CFD) based numerical modeling which aims to investigate the flow around the SPAR in terms of flow velocity. Especially at certain flow velocity levels, the velocity is chosen carefully at each level starting from: $V1 = 0.611\text{m/s}$, $V2 = 6.114$, $V3 = 61.144$, $V4 = 611.438$. The addition of vertical plates to the bottom construction of the SPAR has a role in dampening the flow and also turbulent effects due to current impacts.

Keyword: CFD, Fluida, Offshore wind turbine, SPAR, Turbulensi.

1. PENDAHULUAN

Spar merupakan jenis *floating structure* yang dapat digunakan di laut dalam dan menjadi struktur yang efektif dan dapat diandalkan dari segi konstruksi. Spar memiliki ciri khas dengan letak titik *buoyancy* (KB) berada di atas titik gravitasi (KG) sehingga memberikan stabilitas yang baik. Spar memiliki kelemahan yaitu rendahnya damping dan natural period sehingga perlu adanya penambahan heave plate pada spar platform[1]. Konsep struktur spar memungkinkan pemasangan di kedalaman air lebih dari 100 m. Bagian atas struktur lebih ringan dibandingkan bagian bawah, sehingga menaikkan pusat daya apung. Untuk mencapai stabilitas statis, ia



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

menggunakan pemberat pemberat yang ditempatkan rendah di pelampung, sehingga pusat gravitasinya lebih rendah daripada pusat apung. Oleh karena itu, ia memberikan ketahanan yang tinggi terhadap gerakan rotasi pitch and roll[2]. Berbeda dengan semi-submersible dan TLP, substruktur SPAR sering dipilih karena desainnya yang sederhana dan stabilitas yang sangat baik. Selain itu, ia memiliki area bidang air yang kecil, aliran udara yang dalam akan berkurang beban gelombang, dan manfaat tambahan periode alami.

Meskipun kelayakan komersialnya semakin cepat, anjungan terapung memiliki fluktuasi tinggi dalam pembebanan arus. Interaksi bangunan strukturnya sebagian besar rumit, yang dapat menyebabkan kesulitan SPAR dalam meredam hantaman arus dan juga pada bagian pasca hantaman berdampak pada perubahan aliran turbulen. Perbedaan fase ini selanjutnya akan menyesuaikan perilaku substruktur karena daya yang dihasilkan berfluktuasi[3].

Beberapa modifikasi pada substruktur yang ada seperti SPAR berundak, cakram penyeimbang, dan pelat vertikal ditawarkan sebagai alternatif. Awalnya, model SPAR berundak menunjukkan banyak keunggulan dibandingkan model dasar SPAR, termasuk kinerja hidrodinamik yang dapat diterima berdasarkan turbulen angin, penggunaan pola tambatan 4 x 1 sebagai pitch aktif redaman, dan kemungkinan untuk diterapkan di perairan sedang untuk potensi penghematan. Juga, dibandingkan tanpa penggunaan cakram, teknologi cakram penyeimbang benar-benar dapat menambah massa, redaman, dan tambahan penurunan gerak hentakan. Pelat heave, sama seperti teknologi sebelumnya, merupakan perbaikan cepat untuk meningkatkan redaman vertikal namun sangat cocok untuk FPSO atau struktur kolom mono. Semuanya hampir tidak mungkin untuk mengurangi gerakan gelombang besar secara tidak memadai. Berdasarkan keahlian terbaik penulis, pelat vertikal adalah solusi redaman SPAR paling canggih. Hal ini disebabkan fakta bahwa redaman gerakan pitch lebih penting daripada redaman gerakan heave. Dimungkinkan untuk merealisasikan pengurangan gerak nada yang cukup melalui penggunaan empat pelat vertikal sebagai pengganti pelat heave, seperti yang sangat disarankan dalam penyelidikan mereka[4]. Namun, jika empat pelat vertikal tidak disamakan dengan jumlah pelat vertikal lainnya, maka fungsinya menjadi ambigu. Atas dasar tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kondisi aliran sekitar SPAR dalam pertimbangan kecepatan dan tekanan fluida.

2. METODE PENELITIAN

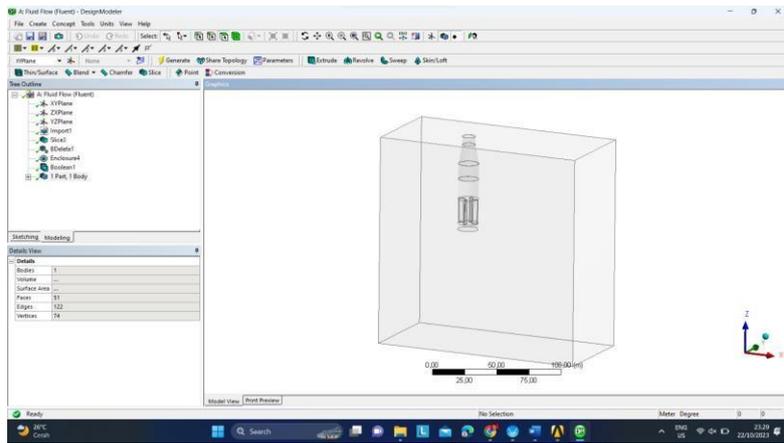
Model yang digunakan ialah spar dengan sistem konfigurasi empat pelat vertical (4VP) yang kemudian dimodelkan dengan pemodelan numerik berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang bertujuan untuk menginfestigasi aliran sekitar SPAR yang ditinjau dari kecepatan aliran. Terutama pada tingkat kecepatan aliran tertentu, kecepatan dipilih dengan cermat disetiap tingkatannya mulai dari : $V1 = 0.611\text{m/s}$, $V2 = 6.114$, $V3 = 61,144$, $V4 = 611,438$. Dengan *viscous model* menggunakan *Detached Eddy Simulation* (DES), RANS model SST k_omega dengan jenis turbulen *Shielding Function* IDDES dengan rasio intensitas turbulen 5%. Kemudian untuk solusi untuk pengujian model menggunakan skema SIMPLE dengan diskritasi spasial gradien *Leats Square Cell Based*, Tekanan Second Order, *Momentum Bounded Central Differencing*, Turbulen Energi Kinetik *Sceond Order Upwind*, Tingkat Disipasi *Second Order Upwin*. Kemudian untuk selanjutnya dilakukan pengujian dengan meninjau hasil dari kalkulasi perhitungan ANSYS Fluid Flow (Fluent).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan SPAR

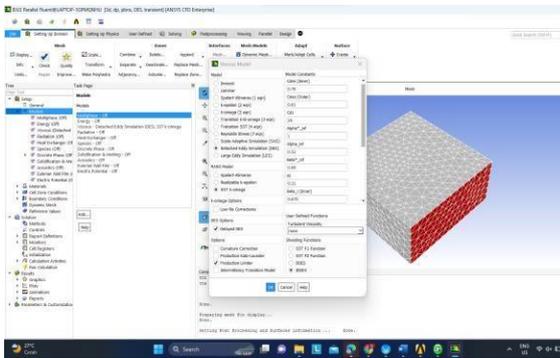
Pemodelan SPAR pada penelitian ini menggunakan *ANSYS Fluid Flow (Fluent)* yang dimulai dengan input geometry yang sebelumnya sudah direkayasa menggunakan *AUTOCAD*.



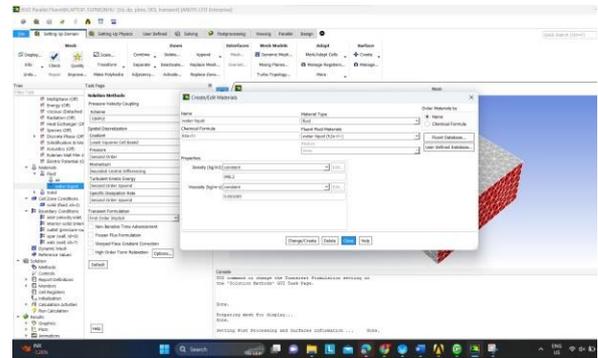


Gambar 1. Geometri dan domain pengujian model.

Setelah input geometry, selanjutnya memasukkan nilai domain sebagai wadah pengujian model SPAR dengan nilai antara lain; $X+ = 100$ m, $X- = 50$ m, $Y+ = 30$ m, $Y- = 30$ m, $Z+ = 1$, $Z- = 90$. Kemudian masuk ke *setup* untuk mengimput koefisien dalam pengujian SPAR.



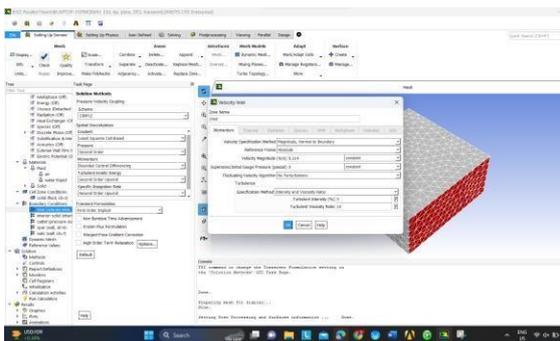
Gambar 2. Models Viscous



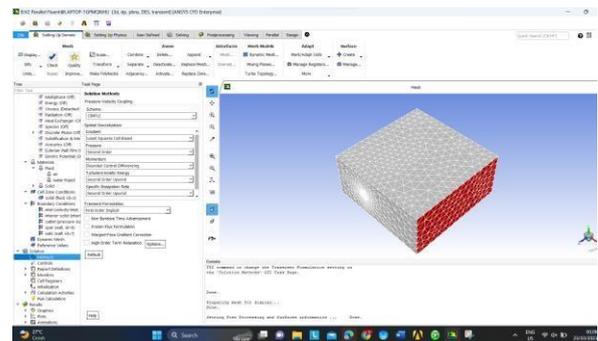
Gambar 3. Input material yang digunakan

Untuk Model menggunakan "Detached Eddy Simulation" kemudian untuk RANS Model menggunakan "SST k-omega" dengan Sheilding Functions "IDDES"

Dengan material menggunakan "Water-Liquid"



Gambar 4. Velocity inlet

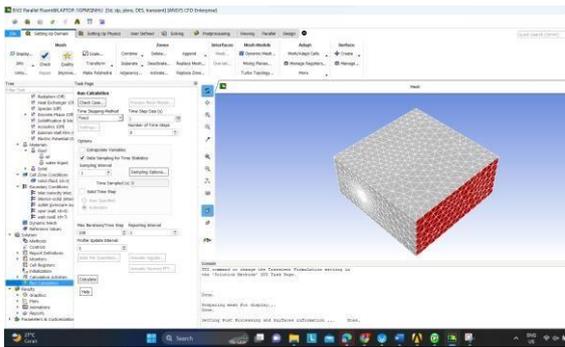


Gambar 5. Solution methods

Kemudian untuk Boundary Conditions mengimput velocity magnitude yang dengan variasi nilai yang telah ditentukan sebelumnya sebagai bahan pengujian, mulai dari $V1 = 0,611$, $V2 = 6,114$, $V3 = 61,144$, $V4 = 661,438$.

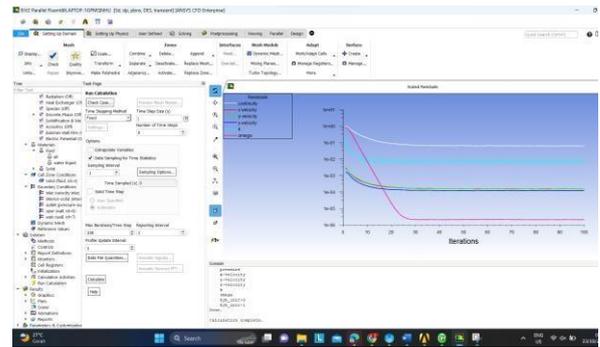
Untuk metode sendiri dalam ANSYS *Fluent Fluid Flow (Fluent)* menggunakan skema "Simple" dengan instalasi metode *Hybrid Initialization*.





Gambar 6. Run calculation

Masuk kedalam *Run Calculation* dengan “*Max Iterations/Time Step*” menggunakan interval 100.



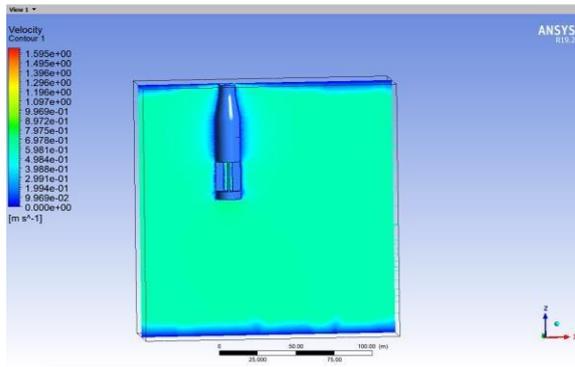
Gambar 7. Hasil iterasi

Sehingga menghasilkan grafik iterasi dengan interval 100, kemudian pengujian sama akan dilakukan untuk mendapat iterasi dengan variasi kecepatan yang berbeda-beda.

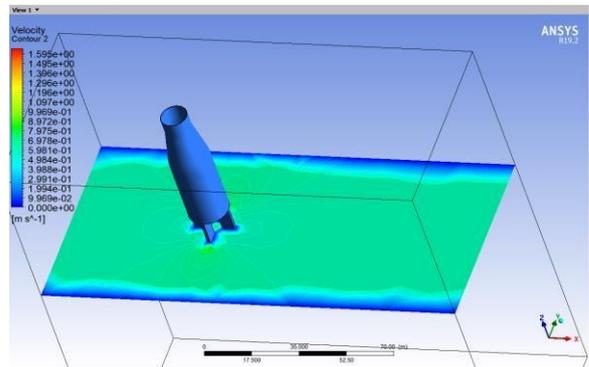
3.2. Kecepatan aliran sekitar SPAR

Kondisi aliran setelah menghantam model SPAR mengalami perubahan seperti halnya dengan kecepatan aliran yang berubah setelah melewati model SPAR yang mana kecepatan yang digunakan V1, V2, V3, V4, berdasarkan hasil dari pengujian kecepatan menunjukkan bahwa penambahan pelat vertikal pada struktur bagian bawah SPAR bisa dikatakan efisien dalam meredam kecepatan arus yang menghantam SPAR dengan melihat bentuk aliran setelah SPAR khususnya pada kecepatan aliran $V4 = 611,438 \text{ m/s}$.

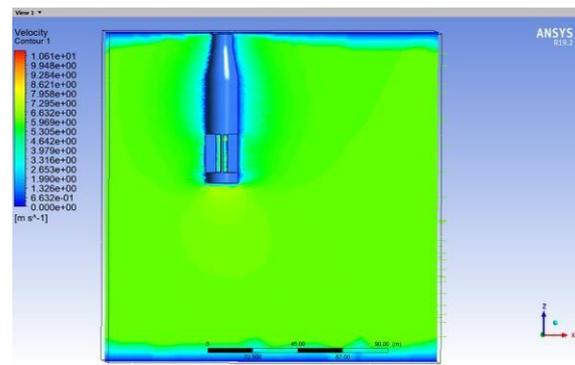
3.2.1. Kecepatan $V1 = 0,611 \text{ m/s}$



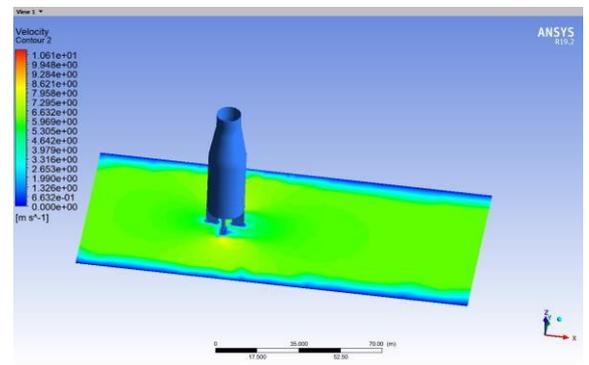
Gambar 8. Hasil pengujian kecepatan V1. *Max velocity* = 1,64886 m/s



3.2.2. Kecepatan $V2 = 6,114 \text{ m/s}$



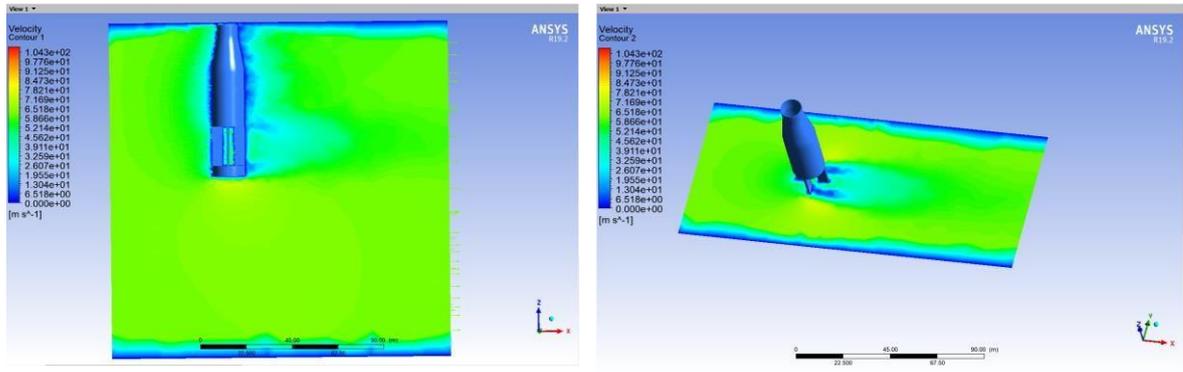
Gambar 9. Hasil pengujian kecepatan V2. *Max velocity* = 10,9423 m/s



3.2.3. Kecepatan $V3 = 61,144 \text{ m/s}$

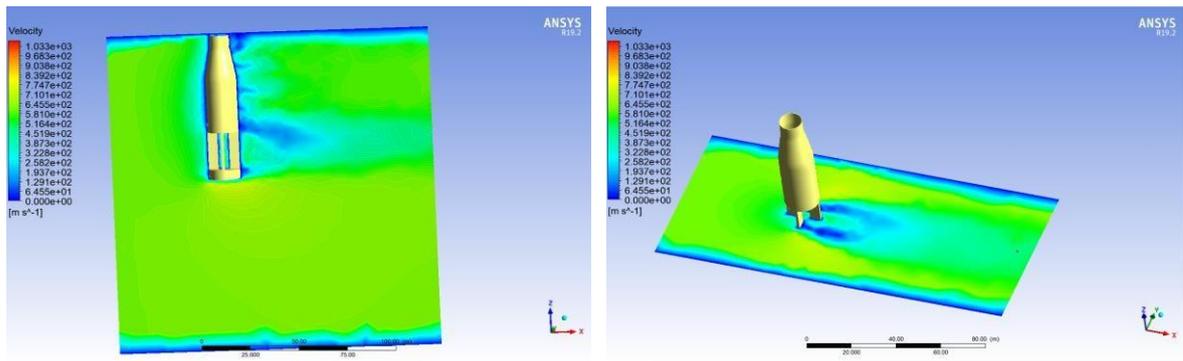


copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 10. Hasil pengujian kecepatan V3. Max velocity = 107,541 m/s

3.2.4. Kecepatan V4 = 611,438 m/s



Gambar 11. Hasil pengujian kecepatan V4. Max velocity = 1065,15 m/s

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan perubahan aliran yang signifikan terletak pada pengujian kecepatan aliran V4 = 611,438 m/s dengan *max velocity* = 1065,15m/s, hal ini menunjukkan bahwa penambahan pelat vertikal mampu menyesuaikan terhadap kecepatan aliran. Sehingga dari hasil simulasi diatas, diperoleh nilai kecepatan maksimum (*max velocity*) aliran fluida di sekitar SPAR sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai kecepatan masksimum aliran fluida sekitar SPAR

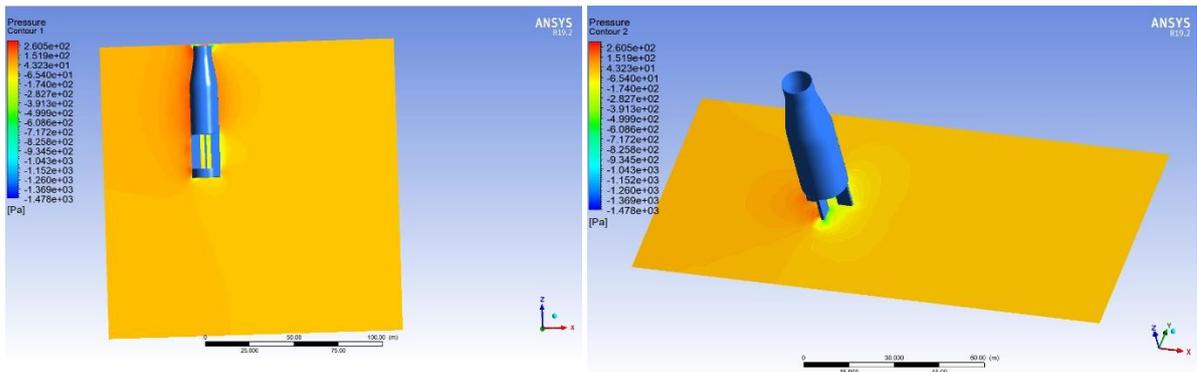
	Kecepatan arus (m/s)	Kecepatan maksimum (m/s)
V1	0,661	1,648
V2	6,114	10,942
V3	61,144	107,541
V4	611,438	1065,15

3.3. Tekanan aliran sekitar SPAR

Hasil dari pengujian tekanan pada model SPAR yang mana kita lihat respon SPAR terhadap kecepatan aliran menunjukkan tingkat tekanan yang berbeda-beda di setiap variasi kecepatan. Letak tekanan dapat di lihat pada bagian atas ataupun bagian tubular SPAR, berbeda pada bagian pelat vertikal yang menunjukkan bahwa daerah tersebut mampu meredam tekanan, dengan kata lain daerah tersebut efek tekanan yang dihasilkan sedikit.

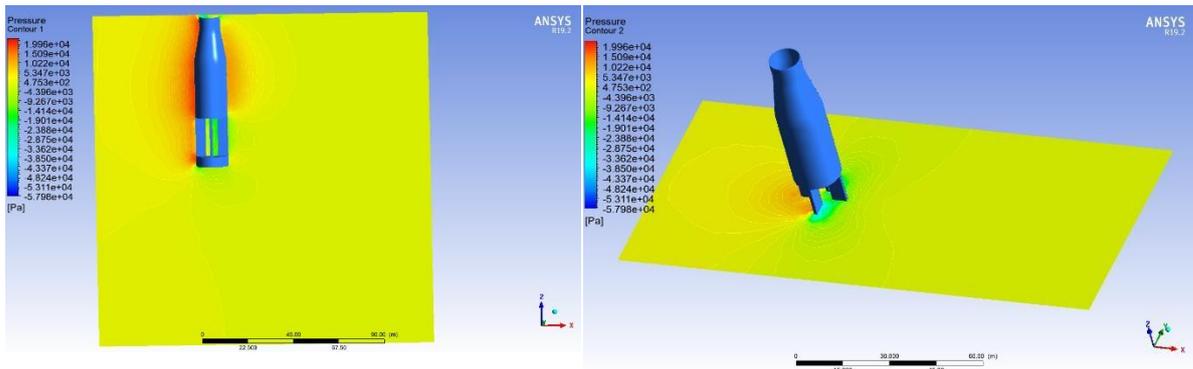
3.3.1. Tekanan pada kecepatan V1 = 0,611 m/s





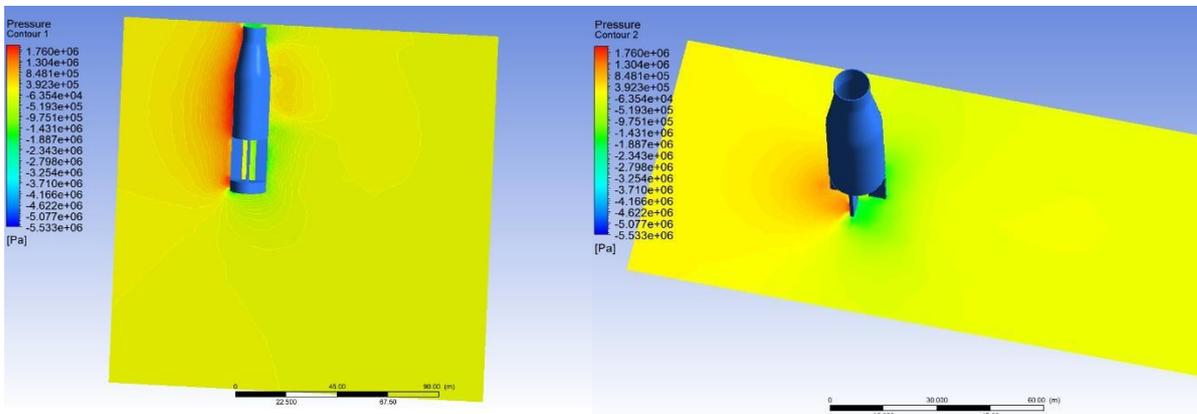
Gambar 12. Hasil pengujian tekanan pada kecepatan V1.

3.3.2. Tekanan pada kecepatan V2 = 6,114 m/s



Gambar 13. Hasil pengujian tekanan pada kecepatan V2.

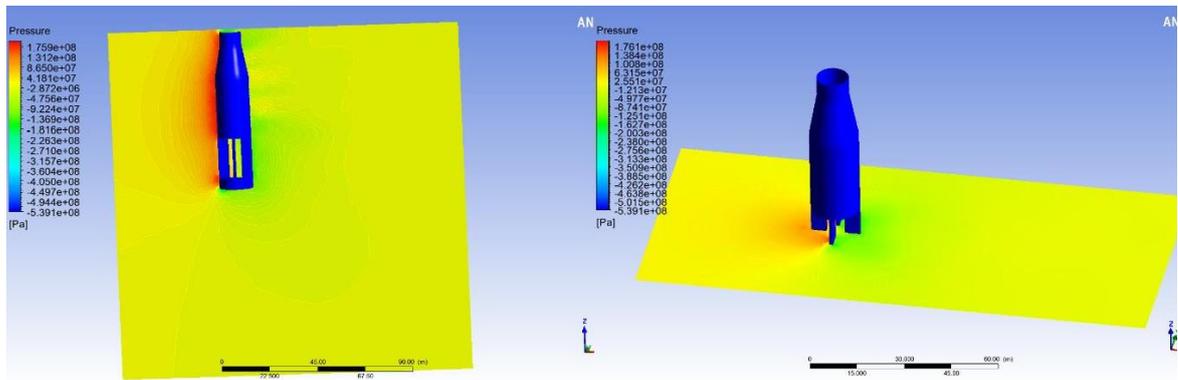
3.3.3. Tekanan pada kecepatan V3 = 61,144 m/s



Gambar 14. Hasil pengujian tekanan pada kecepatan V3.

3.3.4. Tekanan pada kecepatan V4 = 611,438 m/s





Gambar 15. Hasil pengujian tekanan pada kecepatan V4.

Dari hasil pengujian tekanan diatas dapat kita lihat bahwa tingkat kecepatan sangat mempengaruhi tekanan yang berdampak pada SPAR akibat hantaman arus.

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 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] Assidiq, Fuad M., et. all., “*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), 163-174, 2023.
- [2] Assidiq, Fuad M., et. al., “*Influence of Vertical Plate on the Pitching Motion of a SPAR Wind Floater in Waves*”, CCORE 2022, SPESS, pp. 30-42, 2023.
- [3] Shafiee, Mahmood. 2022. “*Failure analysis of spar buoy floating offshore wind turbine systems*”. Innovative Infrastructure Solutions, 8-28.
- [4] Vernanda, Adytia Z, 2018, “*Analisis Respons Dinamis Floating Offshore Wind Turbine Tipe Semi-Sub Dengan Variasi Desain Wind Turbine 1,5MW, 2,5MW DAN 5 MW Untuk Perairan Natuna*”, Institute Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

