



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Olah Gerak Ponton Bentuk Silinder dengan Penambahan Heaving Plate Lingkaran pada Gelombang Reguler

Wahif Indramana <sup>1)</sup>, Eko Sasmito Hadi <sup>1)</sup>, Deddy Chrismianto <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*</sup>e-mail : wahifindramana@gmail.com, ekosasmitohadi@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id

### Abstrak

Dunia perkapalan telah mengalami banyak perkembangan dan inovasi yang telah dilakukan, termasuk perkembangan pengujian terhadap benda apung yang sangat bervariasi. Dalam pengujian benda apung terdapat berbagai macam cara, seperti pengujian benda apung di Laboratorium Hidrodinamika menggunakan Towing Tank, pengujian menggunakan software maupun pengujian dengan perhitungan manual. Penambahan heaving plate pada ponton dapat memberikan massa tambahan sehingga dapat mengurangi gerakan heaving. Dalam penelitian ini menggunakan metode CFD dengan software analisa olah gerak (*seakeeping*) untuk mendapat nilai olah gerak dengan variasi diameter heaving plate, panjang spar, sarat ponton dan tinggi gelombang. Nilai olah gerak ponton dengan heaving plate diantaranya nilai heaving tertinggi terdapat pada ponton dengan variasi spar pendek, heaving plate 5 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai 3.627 cm, nilai pitching tertinggi terdapat pada variasi spar pendek, heaving plate 1 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai 18.573° dan nilai rolling tertinggi terdapat variasi spar panjang, heaving plate 4 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 2 dengan nilai 0.079°. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa variasi heaving plate, spar dan muatan mempengaruhi nilai olah gerak yang berbeda-beda, tinggi gelombang memiliki pengaruh yang paling besar, semakin tinggi gelombang yang digunakan semakin besar nilai olah gerak.

Kata Kunci : Ponton, Heaving Plate, Spar, Olah Gerak, CFD, Gelombang Reguler

### 1. PENDAHULUAN

Dunia perkapalan telah mengalami banyak perkembangan dan inovasi yang telah dilakukan, termasuk perkembangan pengujian terhadap benda apung yang sangat bervariasi. Dalam pengujian benda apung terdapat berbagai macam cara, seperti pengujian benda apung di Laboratorium Hidrodinamika menggunakan Towing Tank, pengujian menggunakan software maupun pengujian dengan perhitungan manual. Ponton adalah perangkat apung yang memiliki daya apung yang cukup untuk mengapung sendiri serta dapat menanggung beban berat. Penelitian tentang ponton dengan variasi bentuk telah dilakukan dengan menggunakan pengujian percobaan di Towing Tank yang berbasis Mikrokontroler. Berdasarkan hasil uji coba pengukuran nilai olah gerak (*seakeeping*) pada ponton dengan variasi jenis muatan padat dan cair dapat disimpulkan

bahwa karakteristik benda yang bebas bergerak dengan benda yang diam, dapat mempengaruhi nilai olah gerak yang berbeda-beda.[1]

Heaving plate adalah plat yang dipasang secara horizontal di bagian bawah bangunan apung. Heaving plate telah banyak digunakan dalam struktur bangunan lepas pantai karena memberikan tambahan massa sehingga dapat mengurangi gerakan heaving pada bangunan tersebut.[2] Penelitian tentang heaving plate pada saat ini difokuskan pada aspek geometrinya seperti ketebalan, diameter, bentuk dan jarak antar pelat yang digunakan.[3] Peningkatan besar diameter dan jarak antar pelat akan mengurangi respon heaving pada bangunan apung. Berdasarkan hasil penelitian olah gerak (*seakeeping*) pada ponton dengan dan tanpa heaving plate yang menunjukkan bahwa penambahan heaving plate dapat mengurangi respon gerak heaving oleh gelombang laut sebesar 17% hingga 22%[4].

Penambahan *heaving plate* bertujuan untuk meningkatkan massa dari *spar* dan gaya redam viskositas yang mempengaruhi olah gerak vertikal dari *spar* itu sendiri [5].

Dalam sebuah penelitian dengan menggunakan 2 gelombang regular untuk simulasi pada *seakeeping* mendapatkan hasil yang tidak terlalu jauh perbedaannya selama perbedaan maksimum gelombangnya 5%. [6] Hasil dari analisa ini adalah RAO, dimana proses perhitungan *response amplitude operator (shear force / bending moment)* bertujuan untuk mengetahui seperti apa respon kapal ketika mendapatkan gaya lintang maupun momen lengkung pada kapal. RAO (*Shear Force*) terbesar pada *heaving* terjadi pada sudut *heading* 180°. RAO (*Bending Moment*) terbesar pada *pitching* terjadi pada sudut *heading* 180°. [7]

Berdasarkan hasil uji coba pengukuran olah gerak pada ponton dengan metode pengujian *Towing Tank* dan CFD terdapat perbedaan nilai yang diperoleh. Untuk perbedaan rata-rata pada *heaving* sebesar 9,389%, *pitching* sebesar 10,097% dan *rolling* sebesar 6,251%. [8] Saat ini, CFD telah menjadi perangkat numerik yang sangat efektif dalam menganalisa aliran fluida. ABS, sebagai salah satu biro klasifikasi sedang melakukan upaya untuk menerapkan teknologi CFD untuk penilaian kekuatan kapal komersial modern dan kapal angkatan laut berkecepatan tinggi. [9]

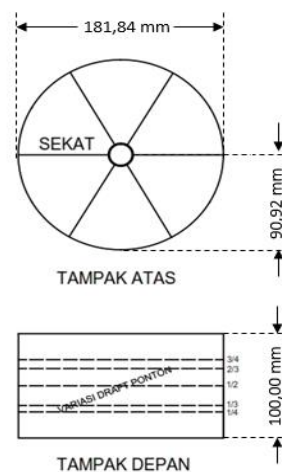
Dari penjelasan diatas dapat dirumuskan masalah yang dihadapi, yaitu bagaimana nilai olah gerak ponton dengan penambahan *heaving plate* yang diberi variasi gelombang, *draft*, tinggi *spar* dan luas *heaving plate*, bagaimana perbedaan nilai olah gerak dengan variasi yang ada dan bagaimana perbandingan hasil uji ponton dengan penambahan *heaving plate* menggunakan metode CFD dengan *Towing Tank*.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu, mengetahui nilai olah gerak ponton dengan penambahan *heaving plate* yang diberi variasi yang telah ditentukan, mengetahui perbedaan nilai olah gerak dengan variasi yang ada dan mengetahui perbandingan hasil uji ponton dengan penambahan *heaving plate* menggunakan metode CFD dengan *Towing Tank*.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini didapatkan dari data penelitian sebelumnya. Objek penelitian adalah ponton berbentuk silinder dengan tinggi 100 mm dan berdiameter 181,84 mm dengan *heaving plate* berbentuk lingkaran dengan tebal 3 mm yang dihubungkan dengan *spar* berdiameter 10 mm.



Gambar 1. Desain Lambung Ponton

### 2.2. Perlakuan Penelitian

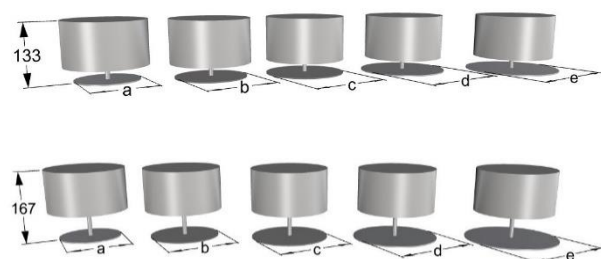
Penelitian ini difokuskan untuk mendapatkan nilai olah gerak dengan variasi sebagai berikut

1. Variasi Sarat
  - a. Tanpa muatan = 25 mm
  - b.  $\frac{1}{4}$  muatan = 50 mm
2. Variasi Gelombang
  - a. Tinggi Gelombang 0.75 cm
  - b. Tinggi Gelombang 1.25 cm
3. Variasi *Spar*
  - a. Tinggi *Spar* 133 mm
  - b. Tinggi *Spar* 167 mm
4. Variasi Diameter *Heaving Plate*
  - a. *Heaving Plate* 1 = 140.852 mm
  - b. *Heaving Plate* 2 = 162.640 mm
  - c. *Heaving Plate* 3 = 181.840 mm
  - d. *Heaving Plate* 4 = 199.200 mm
  - e. *Heaving Plate* 5 = 215.156 mm

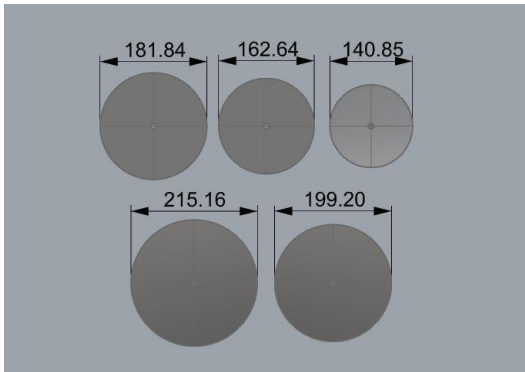
Variasi dari penelitian ini merupakan hasil uji coba di *Towing Tank* berbasis Mikrokontroler pada penelitian sebelumnya. Untuk nilai frekuensi dan kecepatan dari aliran sebagai berikut

1. Kecepatan
  - a. Gelombang 1 = 0.54933 m/s
  - b. Gelombang 2 = 0.64387 m/s
2. Frekuensi Gelombang
  - a. Gelombang 1 = 0.6667 Hz
  - b. Gelombang 2 = 0.9470 Hz

Arah aliran berada pada sudut 180°



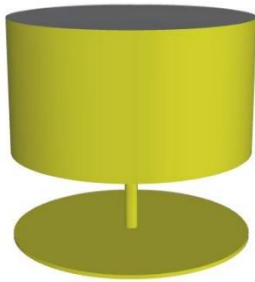
Gambar 2. Desain 3D Ponton dengan Variasi *Spar*



Gambar 3. Variasi Desain Heaving Plate

### 2.3. Pembuatan Model Ponton

Model ponton dibuat menggunakan *Software Modeler*. Hasil dari pemodelan tersebut memiliki ukuran yang sesuai dengan ukuran sesungguhnya, kemudian model diexport kedalam bentuk file .IGS untuk dianalisa di *Software Hydrodynamic Diffraction*.

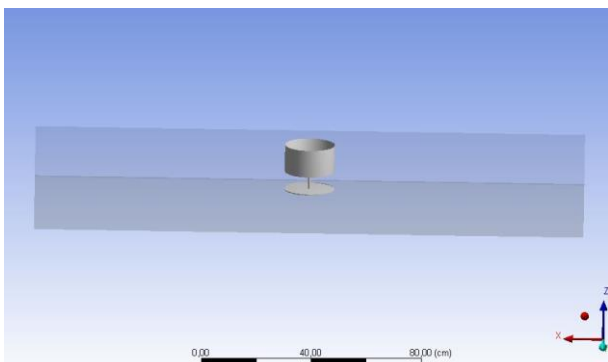


Gambar 4. Model Ponton

### 2.4. Pengujian Model

Pengujian model ponton untuk mendapatkan nilai olah gerak secara *Computational Fluid Dynamic (CFD)* menggunakan *Software Hydrodynamic Diffraction*. Hasil olah gerak dari CFD akan dibandingkan dengan nilai olah gerak hasil pengujian di *Towing Tank*. Ukuran kolam disesuaikan dengan ukuran kolam pada *Towing Tank* sebagai berikut

- Panjang kolam 2 m
- Lebar kolam 0.8 m
- Kedalaman air 0.185 m



Gambar 5. Bentuk Kolam dan Model Ponton

### 2.5. Perbandingan Nilai CFD dengan Uji Towing Tank

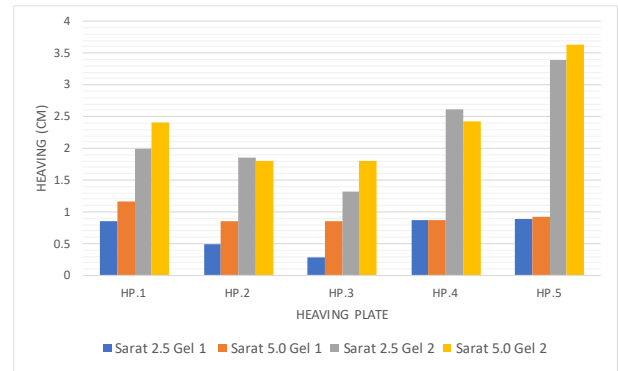
Setelah mendapatkan nilai dari analisa *software CFD*, hasil dari olah gerak dibandingkan terhadap hasil uji *Towing Tank* agar diketahui perbedaan yang terjadi dari setiap pengujian dengan variasi yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan nilai perbandingan digunakan rumus sebagai berikut [10]

$$\frac{\text{nilai CFD} - \text{nilai Towing Tank}}{\text{nilai Towing Tank}} \times 100 \% \quad (1)$$

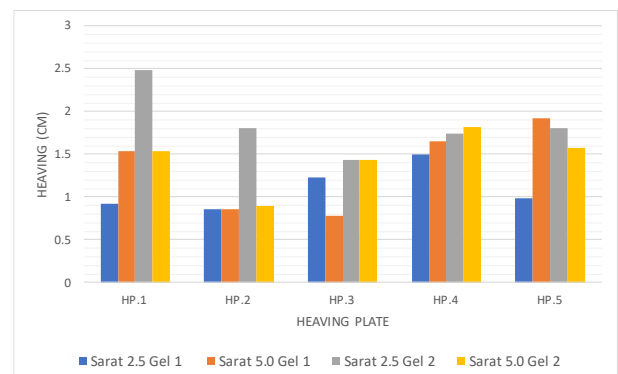
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Olah Gerak Ponton

Dalam pengujian untuk mendapatkan nilai olah gerak diperlukan beberapa tahap, yang pertama yaitu mencari nilai RAO dari tiap variasi, dimana RAO adalah perbandingan dari amplitudo gerakan ponton baik secara translasi maupun rotasi terhadap amplitudo gelombang pada nilai frekuensi tertentu. Setiap variasi memiliki nilai RAO yang berbeda baik itu RAO *Heaving*, *Pitching* maupun *Rolling*. Setelah mendapatkan nilai RAO dicari nilai olah gerak berdasarkan frekuensi yang digunakan pada tiap variasi gelombang. Hasil pengujian olah gerak dapat dilihat pada grafik dan tabel berikut



Grafik 1. Heaving Ponton Spar Pendek



Grafik 2. Heaving Ponton Spar Panjang

Pada grafik 1 dan grafik 2 untuk setiap variasi memiliki nilai *heaving* yang berbeda-beda. Pada grafik 1 *heaving plate* 3 memiliki nilai *heaving* paling rendah dibandingkan dengan variasi lainnya. Nilai *heaving* mengalami penurunan pada *heaving plate* 1 sampai 3 kemudian mengalami kenaikan pada *heaving plate* 4 dan 5. Pada grafik 2 nilai *heaving* mengalami penurunan dari *heaving plate* 1 ke 2 kemudian mengalami kenaikan pada *heaving plate* 3 sampai 4 dan turun kembali pada *heaving plate* 5.

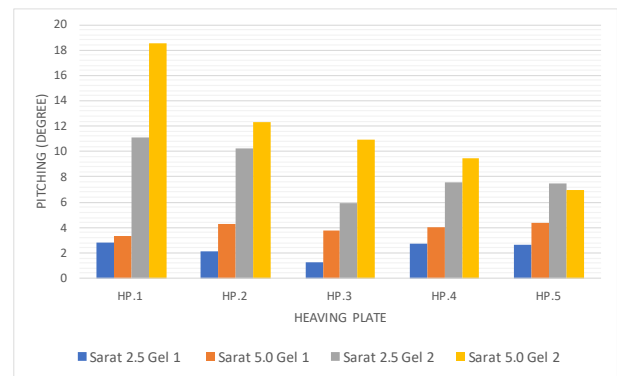
Dari variasi *spar* yang digunakan dapat dilihat bahwa *spar* pendek memiliki nilai rata-rata *heaving* yang lebih besar dibanding *spar* panjang. Untuk variasi gelombang yang digunakan, gelombang 2 memiliki nilai *heaving* yang lebih tinggi dibanding gelombang 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa amplitudo gelombang sangat berpengaruh terhadap nilai *heaving*. Variasi muatan juga mempengaruhi nilai *heaving* ponton, ponton dengan muatan memiliki rata-rata nilai *heaving* sedikit lebih besar dibandingkan ponton tanpa muatan.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Heaving*

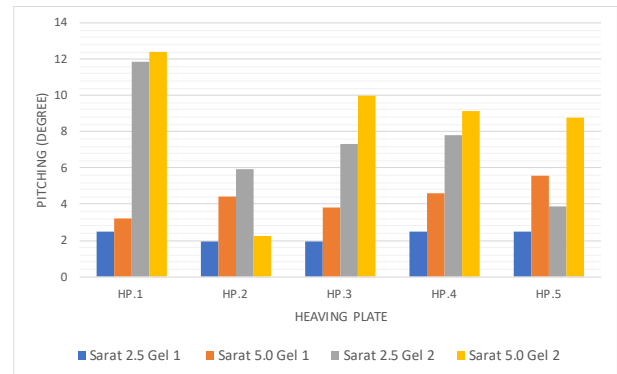
Spar	Heaving Plate	Sarat 2.5		Sarat 5.0	
		Gel 1	Gel 2	Gel 1	Gel 2
Pendek	HP.1	0.861	1.987	1.168	2.411
	HP.2	0.482	1.854	0.859	1.807
	HP.3	0.286	1.314	0.859	1.806
	HP.4	0.878	2.609	0.865	2.417
	HP.5	0.880	3.385	0.917	3.627
Panjang	HP.1	0.917	2.489	1.541	1.537
	HP.2	0.858	1.805	0.859	0.892
	HP.3	1.233	1.430	0.784	1.431
	HP.4	1.494	1.735	1.649	1.816
	HP.5	0.981	1.805	1.919	1.573

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1 didapatkan nilai *heaving* tertinggi terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 5 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai sebesar 3.627 cm. Untuk nilai *heaving* terendah terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 3 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 1 dengan nilai 0.286 cm.

Berdasarkan tabel 1 dapat disimpulkan bahwa nilai olah gerak *heaving* dari ponton dengan *heaving plate* 1 sampai 5 memiliki nilai yang berbeda, hal ini dikarenakan diameter dan luas permukaan *heaving plate* yang berbeda sehingga saat terkena gelombang respon dari tiap variasi berbeda. Selain itu, variasi panjang *spar*, isi muatan dan tinggi gelombang memiliki pengaruh yang cukup signifikan.



Grafik 3. *Pitching* Ponton *Spar* Pendek



Grafik 4. *Pitching* Ponton *Spar* Panjang

Pada grafik 3 dan grafik 4 untuk setiap variasi memiliki nilai *pitching* yang berbeda-beda. Pada grafik 3 nilai *pitching* mengalami penurunan pada *heaving plate* 1 sampai 3, *heaving plate* 4 mengalami sedikit kenaikan nilai dan pada *heaving plate* 5 tidak berbeda secara signifikan. Pada grafik 4 nilai *pitching* mengalami penurunan pada *heaving plate* 1 ke 2, *heaving plate* 3 mengalami kenaikan nilai kemudian turun pada *heaving plate* 4 dan 5. Rata-rata nilai *pitching* terbesar terdapat pada *heaving plate* 1.

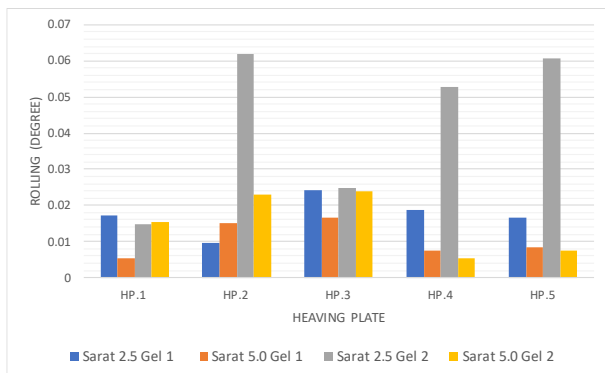
Dari variasi *spar* yang digunakan dapat dilihat bahwa *spar* pendek yang digunakan pada *heaving plate* 1 sampai 5 memiliki nilai rata-rata *pitching* lebih besar dibandingkan *spar* panjang. Untuk variasi gelombang yang digunakan, gelombang 2 memiliki nilai *pitching* yang lebih besar dibanding gelombang 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa amplitudo gelombang sangat berpengaruh terhadap nilai *pitching*. Variasi muatan juga mempengaruhi nilai *pitching* ponton yang berbeda-beda, pada *heaving plate* 1 sampai 5 ponton dengan muatan memiliki nilai rata-rata *pitching* lebih besar dibandingkan dengan tanpa muatan.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Pitching*

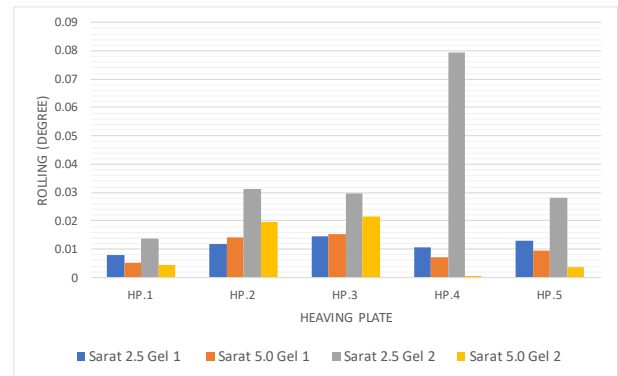
Spar	Heaving Plate	Sarat 2.5		Sarat 5.0	
		Gel 1	Gel 2	Gel 1	Gel 2
Pendek	HP.1	2.827	11.139	3.322	18.573
	HP.2	2.110	10.266	4.268	12.345
	HP.3	1.261	5.941	3.778	10.910
	HP.4	2.718	7.550	4.018	9.481
	HP.5	2.683	7.498	4.398	6.950
Panjang	HP.1	2.489	11.853	3.187	12.399
	HP.2	1.926	5.944	4.395	2.225
	HP.3	1.920	7.333	3.796	9.975
	HP.4	2.499	7.801	4.625	9.116
	HP.5	2.505	3.884	5.571	8.793

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 2 didapatkan nilai *pitching* tertinggi terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 1 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai sebesar 18.573°. Untuk nilai *pitching* terendah terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 3 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 1 dengan nilai 1.261°.

Berdasarkan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa nilai olah gerak *pitching* dari ponton dengan tiap variasi memiliki nilai yang berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan diameter *heaving plate*, luas permukaan yang tercelup akibat dari variasi panjang *spar* dan isi muatan. Selain itu, tinggi gelombang memiliki pengaruh yang cukup signifikan sehingga saat terkena gelombang respon dari tiap variasi berbeda.



Grafik 5. *Rolling* Ponton *Spar* Pendek



Grafik 6. *Rolling* Ponton *Spar* Panjang

Pada grafik 5 dan grafik 6 untuk setiap variasi memiliki nilai *rolling* yang berbeda-beda. *Heaving plate* 2 dari tiap variasi memiliki nilai rata-rata *rolling* tertinggi dibandingkan *heaving plate* lainnya. Untuk variasi gelombang yang digunakan, gelombang 2 memiliki nilai *rolling* yang lebih tinggi dibanding gelombang 1 sehingga amplitudo gelombang sangat berpengaruh terhadap nilai *rolling*. Variasi *spar* dan muatan juga mempengaruhi nilai *rolling* yang berbeda-beda. *Spar* pendek memiliki nilai rata-rata *rolling* lebih besar dibandingkan *spar* panjang, sedangkan ponton tanpa muatan memiliki nilai rata-rata *rolling* sedikit lebih besar dibandingkan ponton dengan muatan. Pada *spar* pendek mengalami kenaikan nilai pada *heaving plate* 2 dan 3, kemudian mengalami penurunan pada *heaving plate* 4 dan sedikit kenaikan pada *heaving plate* 5, sedangkan pada *spar* panjang mengalami kenaikan yang signifikan pada *heaving plate* 1 sampai 4 dan turun pada *heaving plate* 5.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Rolling*

Spar	Heaving Plate	Sarat 2.5		Sarat 5.0	
		Gel 1	Gel 2	Gel 1	Gel 2
Pendek	HP.1	0.017	0.015	0.005	0.015
	HP.2	0.010	0.062	0.015	0.023
	HP.3	0.024	0.025	0.017	0.024
	HP.4	0.019	0.053	0.007	0.005
	HP.5	0.017	0.061	0.008	0.007
Panjang	HP.1	0.008	0.014	0.005	0.005
	HP.2	0.012	0.031	0.014	0.020
	HP.3	0.014	0.030	0.015	0.021
	HP.4	0.011	0.079	0.007	0.001
	HP.5	0.013	0.028	0.009	0.004

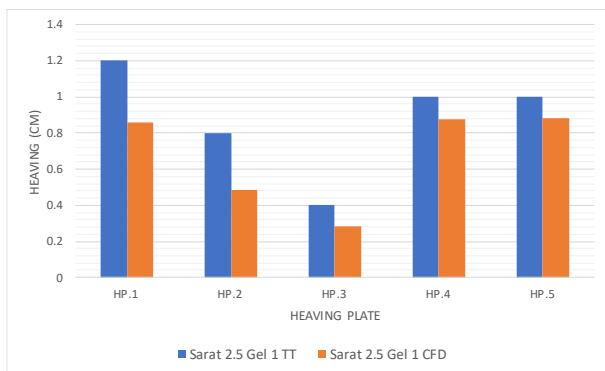
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3 didapatkan nilai *rolling* terdapat pada ponton dengan variasi *spar* panjang, *heaving plate* 4 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 2 dengan nilai sebesar 0.079°. Untuk nilai *rolling* terendah terdapat pada

ponton dengan variasi *spar* panjang, *heaving plate* 4 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai 0.001°.

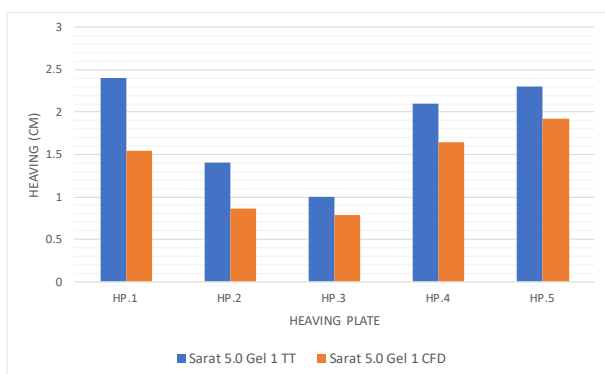
Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa nilai olah gerak *rolling* dari ponton dengan tiap variasi memiliki nilai yang berbeda, hal ini dikarenakan perbedaan diameter *heaving plate*, luas permukaan yang tercelup akibat dari variasi panjang *spar* dan isi muatan. Selain itu, tinggi gelombang memiliki pengaruh yang cukup signifikan sehingga saat terkena gelombang respon dari tiap variasi berbeda.

### 3.2. Validasi Nilai Olah Gerak CFD dan Uji Coba Towing Tank

Hasil pengujian menggunakan metode CFD dibandingkan dengan nilai pengujian *Towing Tank* untuk mengetahui perbedaan nilai olah gerak secara CFD dan *Towing Tank*. Perbandingan nilai olah gerak dapat dilihat pada grafik berikut

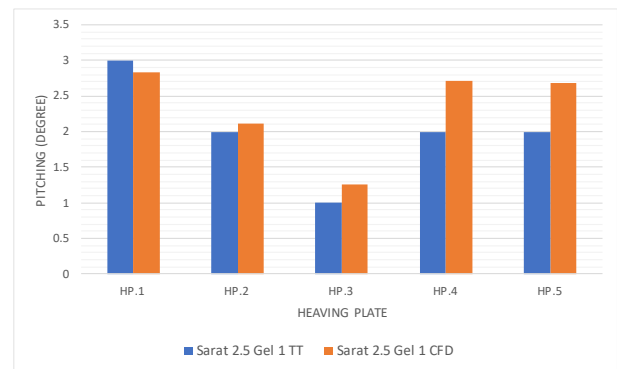


Grafik 7. Perbandingan *Heaving Spar* Pendek

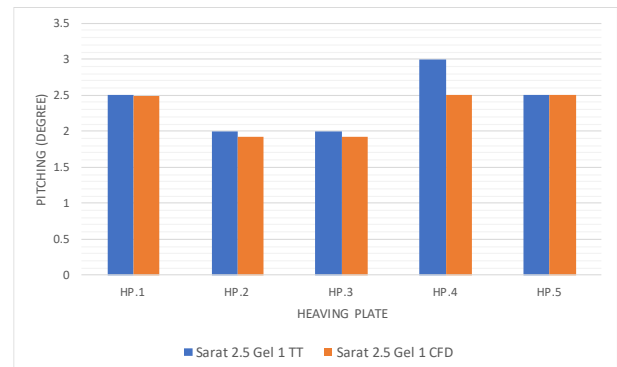


Grafik 8. Perbandingan *Heaving Spar* Panjang

Perbedaan pada grafik 7 dan 8 hasil pengujian *heaving* CFD dengan *Towing Tank* memiliki perbedaan rata-rata sebesar 18.938% dengan perbedaan paling tinggi terdapat pada ponton dengan *spar* panjang, *heaving plate* 4 dengan sarat 2.5 cm dan gelombang 1 sebesar 44.661%. Perbedaan ini didapatkan karena perbedaan kondisi pada percobaan lapangan dengan percobaan menggunakan *software* analisa.

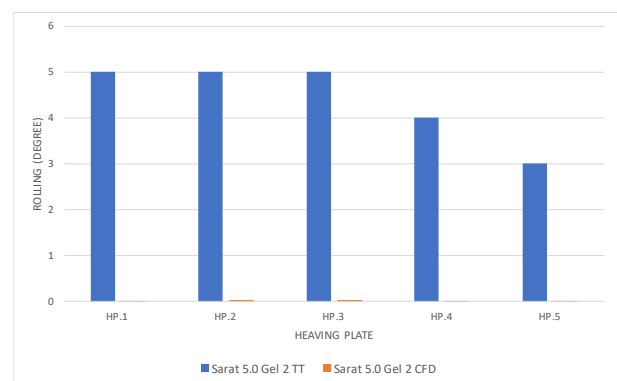


Grafik 9. Perbandingan *Pitching Spar* Pendek

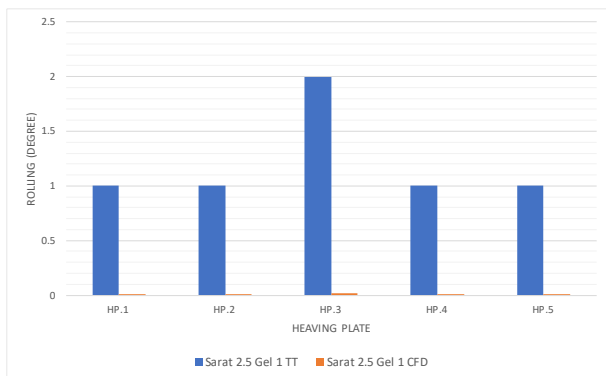


Grafik 10. Perbandingan *Pitching Spar* Panjang

Perbedaan pada grafik 9 dan 10 hasil pengujian *pitching* CFD dengan *Towing Tank* memiliki perbedaan rata-rata sebesar 6.873% dengan perbedaan paling tinggi terdapat pada ponton dengan *spar* pendek, *heaving plate* 4 dengan sarat 2.5 cm dan gelombang 1 sebesar 35.883%. Perbedaan ini didapatkan karena perbedaan kondisi pada percobaan lapangan dengan percobaan menggunakan *software* analisa.



Grafik 11. Perbandingan *Rolling Spar* Pendek



Grafik 12. Perbandingan *Rolling Spar* Panjang

Perbedaan pada grafik 11 dan 12 hasil pengujian *rolling* CFD dengan *Towing Tank* memiliki perbedaan rata-rata sebesar 99.222% dengan perbedaan paling tinggi terdapat pada ponton dengan *spar* panjang, *heaving plate* 4 dengan sarat 5.0 cm dan gelombang 2 sebesar 99.980%. Perbedaan ini didapatkan karena perbedaan kondisi pada percobaan lapangan dengan percobaan menggunakan *software* analisa. Pada pengujian analisa *software* arah gelombang 180° yang mengenai ponton untuk nilai olah gerak *rolling* mengalami pergerakan yang sangat kecil dikarenakan pada pengujian analisa *software* ponton diposisikan diam pada kolam sehingga jika gelombang datang dari arah depan ponton maka nilai pergerakan *pitching* lebih dominan. Namun pada pengujian dilapangan posisi ponton saat pengujian mengikuti arah gelombang/posisi ponton tidak diam dan sulit menentukan posisi depan ponton saat pengujian karena ponton berputar seiring terkenanya gelombang, sehingga pada pengujian *Towing Tank* nilai *rolling* lebih besar dari pada pengujian analisa *software*.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dengan pengujian *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dari setiap variasi ponton yang digunakan seperti variasi panjang *spar*, muatan, *heaving plate* dan tinggi gelombang dapat disimpulkan bahwa :

Nilai *heaving* tertinggi terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 5 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai sebesar 3.627 cm. Untuk nilai *heaving* terendah terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 3 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 1 dengan nilai 0.286 cm. Untuk nilai *pitching* tertinggi terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 1 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai sebesar 18.573°. Untuk nilai *pitching* terendah terdapat pada ponton dengan variasi *spar* pendek, *heaving plate* 3 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 1 dengan nilai 1.261°. Dan

untuk nilai *rolling* tertinggi terdapat pada ponton dengan variasi *spar* panjang, *heaving plate* 4 pada sarat 2.5 cm dan gelombang 2 dengan nilai sebesar 0.079°. Untuk nilai *rolling* terendah terdapat pada ponton dengan variasi *spar* panjang, *heaving plate* 4 pada sarat 5.0 cm dan gelombang 2 dengan nilai 0.001°.

Pengaruh terbesar untuk nilai olah gerak adalah tinggi gelombang yang digunakan, semakin tinggi gelombang maka nilai olah gerak juga semakin besar. Perbedaan diameter *heaving plate* juga mempengaruhi nilai olah gerak yang ada, pada *heaving* nilai tertinggi terdapat pada *heaving plate* 5, *pitching* nilai tertinggi terdapat pada *heaving plate* 1 sedangkan pada *rolling* nilai tertinggi terdapat pada *heaving plate* 4. Pengaruh pada *heaving*, *pitching* dan *rolling spar* pendek rata-rata akan mengakibatkan nilai olah gerak yang lebih besar dibanding *spar* panjang. Pengaruh akibat adanya muatan pada ponton mengakibatkan nilai rata-rata olah gerak *heaving* dan *pitching* lebih besar dibandingkan tanpa muatan, sedangkan untuk *rolling* sebaliknya namun tidak terlalu signifikan.

Perbandingan nilai olah gerak antara pengujian CFD dan *Towing Tank* memiliki perbedaan yang berbeda-beda. Pada *heaving* perbedaan rata-rata sebesar 18.938%, *pitching* perbedaan rata-rata sebesar 6.873% dan pada *rolling* perbedaan rata-rata sebesar 99.222%. Perbedaan ini didapatkan karena perbedaan kondisi pada percobaan lapangan dengan percobaan menggunakan *software* analisa, seperti tidak seajarnya pedal pada *Wave Maker* di *Towing Tank*, bentuk gelombang dari kurun waktu ke waktu saat pengujian mengalami interferensi dari gelombang balik. Posisi ponton saat pengujian *Towing Tank* yang mengikuti arah gelombang/tidak diam dan sulit menentukan posisi depan ponton karena ponton berputar seiring terkenanya gelombang, sedangkan pada pengujian *software* analisa merupakan pengujian yang bersifat absolut/mutlak karena ponton diposisikan diam pada kolam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. B. Setiawan, "Pengukuran Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Gelombang Reguler dengan Variasi Bentuk dan Muatan Berbasis Mikrokontroler pada *Towing Tank* Laboratorium Hidrodinamika," *J. Tek. Perkapalan*, pp. 1–10, 2018.
- [2] A. Subbulakshmi, J. Jose, R. Sundaravivelu, and R. P. Selvam, "Effect of Viscous Damping on Hydrodynamic Response of Spar with Heave Plate," *Aquat.*

*Procedia*, vol. 4, pp. 508–515, 2015.

- [3] A. Subbulakshmi and R. Sundaravadivelu, “Heave damping of spar platform for offshore wind turbine with heave plate,” *Ocean Eng.*, vol. 121, pp. 24–36, 2016.
- [4] J. Li, S. Liu, M. Zhao, and B. Teng, “Experimental investigation of the hydrodynamic characteristics of heave plates using forced oscillation,” *Ocean Eng.*, vol. 66, pp. 82–91, 2013.
- [5] S. Sudhakar and S. Nallayarasu, “Influence of Heave Plate on Hydrodynamic Response of Spar,” *In Proc. International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, pp. 1–11, 2014.
- [6] M. N. Gomes, C. R. Olinto, L. A. O. Rocha, J. A. Souza, and L. A. Isoldi, “Computational Modeling of a Regular Wave Tank,” *Therm. Eng.*, vol. 8, no. 01, pp. 44–50, 2009.
- [7] T. T. Efendi, A. Sulisetyono, and T. Putranto, “Analisa Keandalan Struktur Akibat Beban Gelombang Pada Kapal Perang Tipe Corvette,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, p. G-315-G319, 2016.
- [8] A. F. R. Hakim, E. S. Hadi, and Kiryanto, “Pengukuran Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Gelombang Reguler Dengan Variasi Bentuk Ponton Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. XV, no. 3, pp. 1–10, 2019.
- [9] S. P. Kim, “CFD as a seakeeping tool for ship design,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 65–71, 2011.
- [10] Alldredge, J. Richard, and J. T. Ratti, “Comparison of Some Statistical Techniques for Analysis of Resource Selection,” *J. Wildl. Manage.*, vol. 50, no. 1, pp. 157–165, 1986.