



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa *Seakeeping* Ponton Berbentuk Prisma Segi Enam Pada Gelombang Reguler dengan Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Eka Heriyanty<sup>1)</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>2)</sup>, Kiryanto<sup>3)</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 : [ekaheriyanty17@gmail.com](mailto:ekaheriyanty17@gmail.com), [ekosasmitohadi@gmail.com](mailto:ekosasmitohadi@gmail.com), [kiryantodst@yahoo.com](mailto:kiryantodst@yahoo.com)

### Abstrak

Negara maritim adalah sebutan untuk Negara Indonesia yang sebagian besar wilayahnya merupakan perairan. Dengan kondisi ini, Indonesia pun memiliki banyak jenis peralatan yang berhubungan dengan laut di dunia perkapalan seperti Ponton (tongkang). Dalam perkembangan teknologi, untuk pengujian olah gerak dalam bidang perkapalan sendiri dapat dilakukan dengan modelling dan melakukan pengujian di Towing Tank atau simulasi menggunakan software CFD. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai olah gerak pada ponton prisma segi enam dan untuk mengetahui perbedaan nilai olah gerak antara pengujian yang dilakukan pada towing tank dengan simulasi menggunakan software CFD. Maka dari itu dalam penelitian ini metode yang dipakai adalah simulasi pada software CFD dengan karakteristik software berupa analisa olah gerak (*Seakeeping*) dengan variasi voltase gelombang, sarat dan muatan. Nilai olah gerak Heaving terbesar terjadi pada ponton prisma segi enam dengan variasi muatan air, draft  $\frac{1}{2} H$  pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm didapat nilai olah gerak heaving 8,406 cm. Untuk nilai Pitching pada variasi muatan air, draft  $\frac{1}{2} H$  pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm didapat nilai olah gerak pitching 31,218°. Dan untuk nilai Rolling pada variasi muatan air, draft  $\frac{1}{3} H$  pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm didapat nilai olah gerak rolling 0,054°.

**Kata Kunci :** *Heaving, Pitching, Rolling, Ponton prisma segi enam, Gelombang reguler, CFD*

### 1. PENDAHULUAN

Sebuah julukan “Negara maritim” ialah gelar yang disandang Negara Indonesia. Dengan kondisi ini, Indonesia pun memiliki banyak jenis peralatan laut di dunia perkapalan seperti ponton. Interaksi antara ponton dengan gelombang laut sangat dipengaruhi oleh bentuk ponton tersebut dan kondisi perairan. Sehingga dalam perkembangan teknologi dan ilmu yang sudah berjalan dengan cepat, Indonesia telah menggunakan beberapa metode dalam melakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan dari sebuah ponton atau benda apung lainnya ketika di operasikan. Pengujian yang dapat dilakukan memiliki banyak cara, seperti pengujian modeling benda apung atau kapal menggunakan *Towing tank* dan menggunakan metode pengujian secara

numerical dengan menggunakan simulasi pada software CFD.

Dengan perkembangan teknologi pada dunia perkapalan, pada penelitian sebelumnya menemukan alat berupa pendeteksi olah gerak yakni *microcontroller* berbasis *wired* dengan objek ponton berbentuk prisma segi enam dan lingkaran, lalu ditambahkan variasi muatan, gelombang dan *draft*. Didapat hasil perangkat berfungsi cukup baik dengan output 100 data per detik dari setiap nilai gerak, memiliki tingkat keakuratan dan hasil yang baik yakni dengan koreksi 0,01° dan 0,01 cm.[1] Dan alat ini cukup ekonomis dalam melakukan pengujian olah gerak (*seakeeping*). Kemudian dilakukan penelitian kembali yang merupakan penelitian lanjutan yakni alat untuk mengukur olah gerak

berupa *microcontroller* berbasis *wireless* dengan objek yang sama dengan penambahan variasi voltase gelombang, namun hasil perbedaan antara *wired* dengan *wireless* tidak jauh berbeda, *wired* (*pitching* 9,11° dan *rolling* 4,12°) *wireless* (*pitching* 10,82 dan *rolling* 4,29).[2]

Perkembangannya pun semakin meluas, berikut pemanfaatan ponton sebagai energi terbarukan. Penggunaan ponton pada pembangkit Listrik Tenaga gelombang Laut – Sistem Bandulan (PLTGL-SB) sangat bergantung pada gerakan yang dihasilkan oleh ponton yang diakibatkan gelombang laut, model ponton yang digunakan adalah model tripod. Apabila olah gerak yang dihasilkan semakin besar maka semakin bagus untuk dilakukan pemanfaatan kedepannya dengan mempertimbangkan beberapa variasi seperti variasi sudut kemiringan lambung ponton, jenis dan ukuran gelombang yang terjadi dan cara pemasangan ponton itu sendiri. Didapat hasil pada pengujian tersebut yakni model tripod mengalami gerakan terbaik sampai pada periode gelombang 4 detik.[3]

Lalu penelitian yang dilakukan penulis ini menggunakan ponton dengan bentuk prisma segi enam dengan variasi yang sudah ditentukan menggunakan metode simulasi CFD. Selanjutnya dilakukan untuk membandingkan nilai Olah Gerak yang dihasilkan pada pengukuran *Towing Tank* dari setiap variasi yang tersedia dengan simulasi menggunakan *software Computational Fluid Dynamic* (CFD).

Dari penjabaran di atas dapat disimpulkan bahwa hal yang menjadi landasan untuk dilakukan penelitian adalah bagaimana nilai olah gerak pada ponton prisma segi enam dengan variasi yang sudah ditentukan, bagaimana perbedaan nilai olah gerak dengan variasi yang sudah ditentukan dan bagaimana perbandingan hasil uji pada *Towing tank* dengan menggunakan *software* CFD.

Maka tujuan dari dilakukan penelitian ini yakni, mengetahui nilai olah gerak ponton prisma segi enam dengan variasi yang sudah ditentukan seperti variasi *draft* (sarat), muatan dan arus aliran (gelombang) dengan menggunakan simulasi CFD, serta untuk mengetahui perbedaan nilai olah gerak ponton pada pengujian *Towing Tank* berbasis *mikcocontroller* dengan simulasi pada *software* CFD.

## 2. METODE

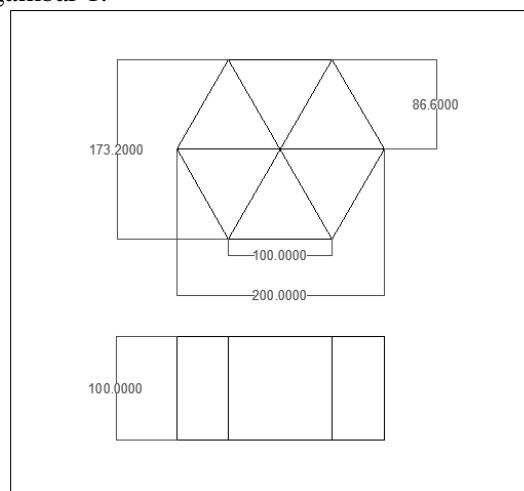
### 2.1 Objek Penelitian

Kebutuhan data pada penelitian kali ini didapatkan dari data penelitian sebelumnya.

Bentuk ponton pada penelitian ini adalah prisma segi enam dengan dimensi pengukuran sebagai berikut :

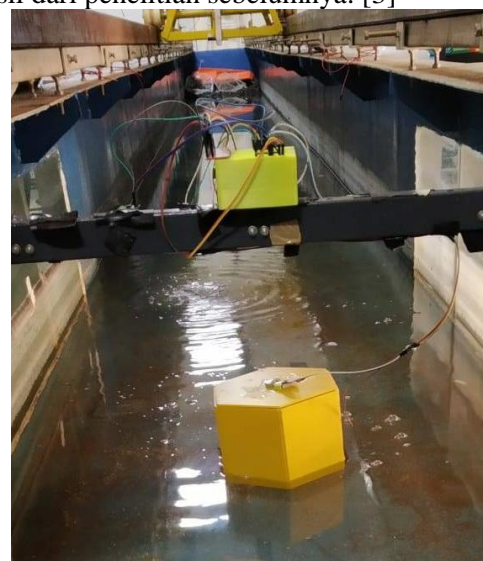
Parameter	Keterangan
Bentuk	Prisma Segi Enam
Luas penampang	25980 mm <sup>2</sup>
Volume	2598000mm <sup>3</sup>
H	100 mm
Berat	630 gram

Objek pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk dan Dimensi ponton

Penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil pengukuran Olah Gerak (*Seakeeping*) *Towing Tank* berbasis *microcontroller*, variasi yang digunakan, ukuran kolam pada *towing tank* dan data inputan untuk analisa *software* merupakan hasil dari penelitian sebelumnya. [3]



Gambar 2. Pengukuran pada *Towing Tank* dengan *microcontroller* berbasis *wireless*

Tabel. 4.2 Hasil *Heaving* Uji Coba Pada *Towing Tank*

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat (cm)		
			2	2.5	5
Prisma	Pasir	1	3.6	6.7	-
		2	3.4	6.6	-
		3	5.8	10.6	-
		4	3.9	6.0	-
Prisma	Air	1	1.9	3.1	3.3
		2	2.5	3.8	3.7
		3	4.1	5.2	7.3
		4	6.2	6.5	5.0

Tabel 4.3 Hasil *Pitching* Uji Coba Pada *Towing Tank*

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat (cm)		
			2	2.5	5
Prisma	Pasir	1	8	6	-
		2	5	5	-
		3	16	14	-
		4	15	14	-
Prisma	Air	1	5	5	4
		2	3	4	3
		3	16	14	15
		4	15	15	15

Tabel 4.4 Hasil *Rolling* Uji Coba Pada *Towing Tank*

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat (cm)		
			2	2.5	5
Prisma	Pasir	1	6	5	-
		2	4	5	-
		3	15	7	-
		4	14	14	-
Prisma	Air	1	5	6	5
		2	4	7	4
		3	11	15	12
		4	14	14	13

## 2.2 Perlakuan Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk mendapatkan hasil berupa nilai olah gerak (*seakeeping*) dengan variasi sebagai berikut :

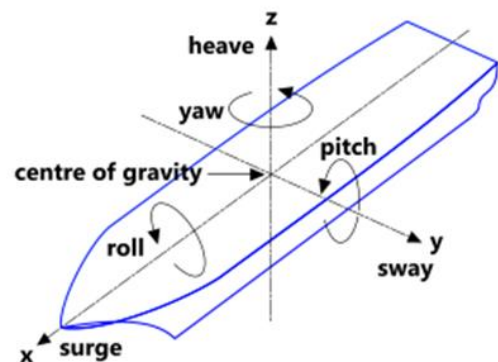
- Variasi *Draft* (sarat ponton) Air
  - $\frac{1}{2} H = 5,90$  cm
  - $\frac{1}{4} H = 4,10$  cm
  - $\frac{1}{5} H = 3,60$  cm
- Variasi *Draft* (sarat ponton) Pasir
  - $\frac{1}{2} H = 9,00$  cm
  - $\frac{1}{4} H = 5,50$  cm
  - $\frac{1}{5} H = 4,70$  cm
- Variasi Gelombang
  - Voltase 12 dengan tinggi gelombang = 0,55 cm
  - Voltase 15 dengan tinggi gelombang = 0,75 cm
  - Voltase 20 dengan tinggi gelombang = 1,25 cm
  - Voltase 24 dengan tinggi gelombang = 1,95 cm
- Variasi Muatan
  - Pasir ( $1,55 \text{ g/cm}^3$ )
  - Air ( $1 \text{ g/cm}^3$ )

Variasi – variasi diatas merupakan variasi yang dipakai pada penelitian sebelumnya yakni uji coba *towing tank* dengan *microcontroller* berbasis *wireless*, namun ada variasi yang ditambahkan seperti variasi *draft* yakni  $\frac{1}{5} H$ . lalu untuk nilai frekuensi dan kecepatan dari aliran yang dihasilkan di masing – masing gelombang dapat diperoleh dari penelitian sebelumnya dengan perhitungan pada *excel* dan pengamatan secara langsung, sehingga di dapat hasil sebagai berikut :

- Kecepatan
  - Gelombang 1 voltase 12 = 53,667 cm/s
  - Gelombang 2 voltase 15 = 54,933 cm/s
  - Gelombang 3 voltase 20 = 64,387 cm/s
  - Gelombang 4 voltase 24 = 66,199 cm/s
- Frekuensi Gelombang
  - Gelombang voltase 12 = 0,583 Hz
  - Gelombang voltase 15 = 0,667 Hz
  - Gelombang voltase 20 = 0,947 Hz
  - Gelombang voltase 24 = 0,991 Hz
- Arah aliran berada pada sudut  $180^\circ$

## 2.3 Olah Gerak (*Seakeeping*)

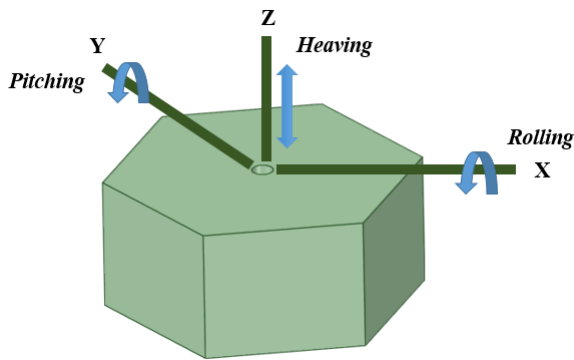
Olah gerak (*seakeeping*) kapal merupakan gerakan sebuah benda apung yang dipengaruhi oleh gaya – gaya yang disebabkan oleh kondisi air laut tepat dimana bangunan apung tersebut berada. 4 dasar perhitungan *seakeeping* adalah kapal yang berlayar di suatu perairan akan mengalami gerakan sesuai dengan kondisi gelombang pada saat itu. [4] Perlu diketahui bahwa sebuah bangunan apung haruslah terjamin stabilitas dan keamanan dalam kondisi cuaca realtif tenang atau pada saat bangunan apung tersebut dalam kondisi penurunan fungsi dari sistem kerjanya. *Seakeeping* dibedakan menjadi 3 yaitu *Heaving*, *Pithcing* dan *Rolling*.



Gambar 3. Olah Gerak Kapal [5]

## 2.4 Pembuatan Model Ponton

Model yang dipakai dalam pengujian CFD bisa di buat dengan berbagai jenis *software* seperti rhinoceros, maxsurf, designSparkMechanical atau dapat dibuat langsung pada software CFD.



Gambar 4. Model Ponton Prisma Segi Enam

## 2.5 Pengujian Model

Pada tahap penting ini, pengujian model yang sudah di buat dapat di uji dengan simulasi CFD dengan menggunakan software untuk mencari nilai Olah Gerak yakni *Hydrodynamic Diffraction*. Hasil yang sudah di dapat nantinya akan dibandingkan dengan nilai Olah Gerak pada pengujian *Towing Tank*.

## 2.6 Response Amplitudo Operator (RAO)

Saat benda apung atau kapal yang bergerak ketika dalam proses pengujian pada *software* CFD pasti menghasilkan respon gerakan terhadap gelombang regular ataupun irregular itu dinyatakan dalam bentuk RAO, yang mana RAO itu sendiri adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (translasi atau rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan kapal dengan amplitudo gelombang yang keduanya dalam satuan Panjang (lihat persamaan 1). Dan untuk gerakan rotasi adalah perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi terhadap kemiringan gelombang yang merupakan perkalian angka gelombang,  $k_w = \omega^2 / g$  dengan amplitudo gelombang (pada persamaan 2). [6]

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi :

$$RAO_z = \frac{z_o}{\zeta_o} \quad (\text{cm/cm}) \quad (1)$$

Respon gerakan RAO untuk gerakan rotasi :

$$RAO_\theta = \frac{z_o}{K\zeta_o} \quad (\text{derajat/cm}) \quad (2)$$

Maka untuk mendapatkan nilai olah gerak pada CFD perlu mengolah kembali hasil nilai olah gerak RAO tersebut.

## 2.7 Perbandingan Nilai CFD dan Uji Coba Towing Tank

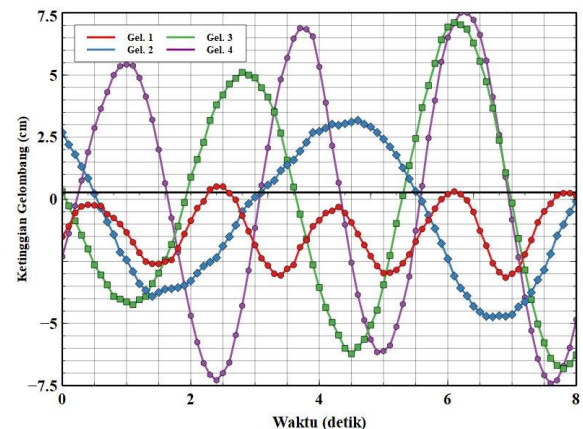
Setelah mendapatkan nilai Olah Gerak dari Analisa pada *software* CFD, maka tahap selanjutnya adalah membandingkan hasil nilai olah gerak pada CFD dengan nilai olah gerak hasil uji coba pada *Towing Tank* agar diketahui perbedaan yang terjadi dari setiap pengujian dengan macam – macam variasi yang sudah ditentukan. Untuk mendapatkan nilai perbandingan digunakan rumus sebagai berikut [7]

$$\frac{\text{Nilai CFD} - \text{Nilai Towing Tank}}{\text{Nilai Towing Tank}} \times 100\%$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

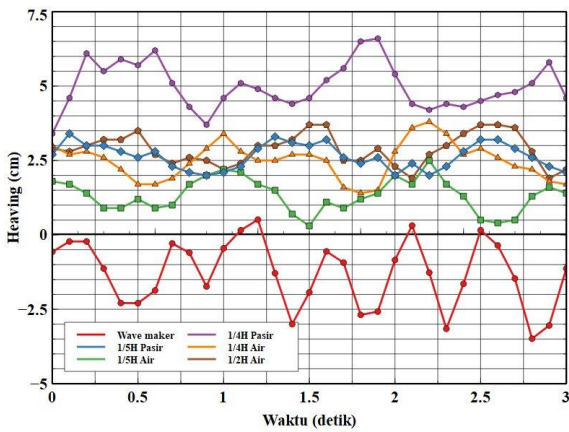
### 3.1 Persiapan Pengujian pada CFD

Sebelum masuk dalam tahap pengujian menggunakan *software* CFD, perlu nya mencari beberapa data – data yang akan digunakan saat pengujian menggunakan CFD, seperti frekuensi dan kecepatan arus aliran yang di didapat dari gelombang pada *Towing Tank*. Pengambilan data ini di ambil dari pengujian *wave maker*.

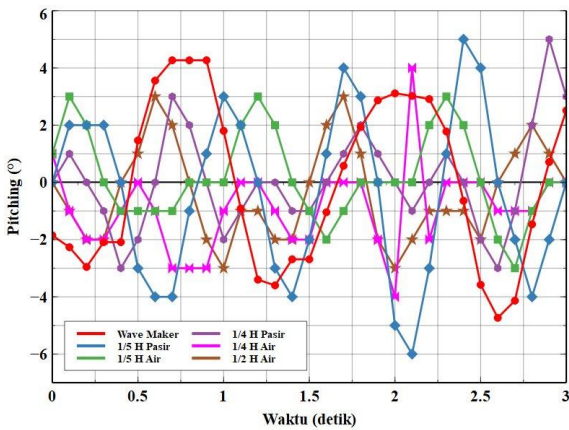


Grafik 1. Gelombang Regular dengan Wave Maker

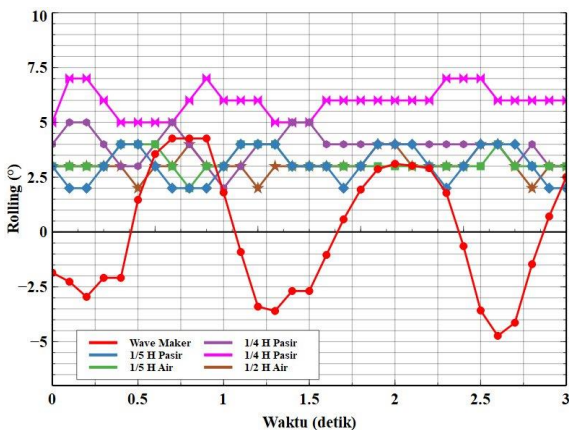
Pada pengujian *Towing Tank*, telah didapat hasil yang di sajikan pada grafik percobaan berbentuk gelombang, berikut *sample* hasil olah gerak *heaving*, *pitching* dan *rolling* pada pengukuran sebelumnya yang dipadukan dengan gelombang *wave maker* yakni sebagai berikut:



Grafik 2. Nilai *Heaving* pada Gelombang 2



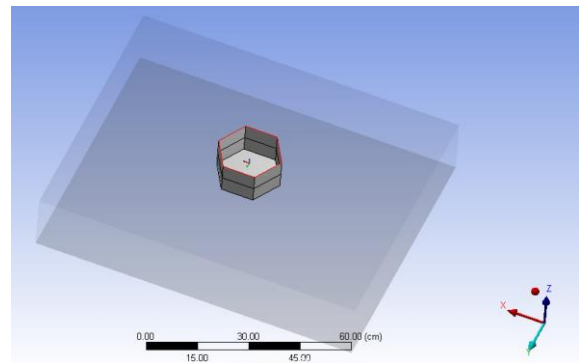
Grafik 3. Nilai *Pitching* pada Gelombang 2



Grafik 4. Nilai *Rolling* pada Gelombang 2

### 3.2 Pengujian pada Software Computational Fluid Dynamic (CFD)

Pengujian pada ponton prisma segi enam akan dilakukan dengan model yang sudah dibuat pada *software* modeler dan akan di uji dengan variasi yang sudah di tentukan.



Gambar 5. Bentuk Kolam dan Model Ponton Prisma Segi Enam

- Parameter pengukuran

Berikut parameter dalam melakukan pengujian pada CFD dengan data sebagai berikut yang disesuaikan dengan ukuran kolam pada *Towing Tank* :

- Panjang kolam 1 m
- Lebar kolam 0,8 m
- Kedalaman air 18,5 cm

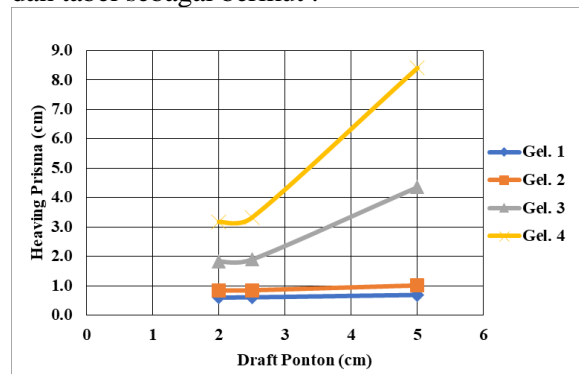
### 3.3 Hasil Pengujian *Seakeeping* Ponton

Apabila pengujian dengan simulasi CFD sudah dilakukan, untuk mendapatkan nilai olah gerak (*seakeeping*) diperlukan tahapan selanjutnya yakni mencari nilai RAO dari setiap variasi yang telah ditentukan ketika telah melaksanakan pengujian pada CFD, dimana setiap variasi ini tentu memiliki nilai RAO yang berbeda baik itu RAO *Heaving*, RAO *Rolling* dan RAO *Pitching*.

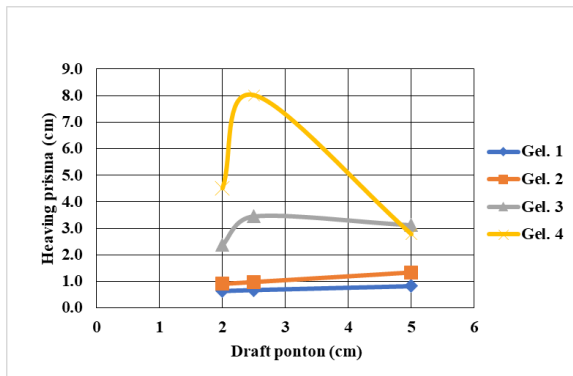
RAO pada pengujian CFD diambil berdasarkan frekuensi yang digunakan paa setiap variasi gelombang. Nilai RAO yang sudah didapat perlu dilakukan pengolahan lagi agar mendapatkan nilai olah gerak yang sesuai, sehingga tidak berupa RAO. Dengan rumus sebagai berikut :

#### Nilai RAO X Amplitudo Gelombang

Untuk hasil pengujian *Heaving*, *Pitching* dan *Rolling* pada CFD dapat dilihat pada grafik dan tabel sebagai berikut :



Grafik 5. *Heaving* CFD muatan Air



Grafik 6. *Heaving* CFD muatan Pasir

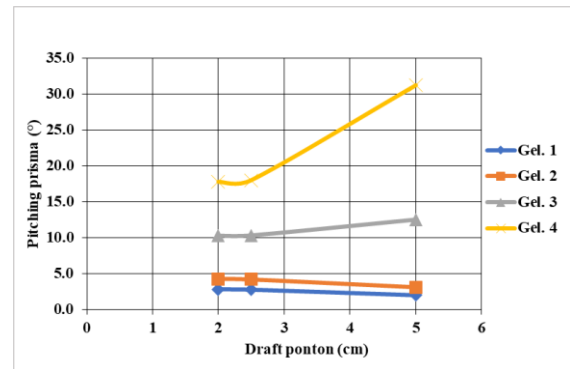
Pada grafik di atas didapat nilai *heaving* yang memiliki kemiripan bentuk adalah pada gelombang 1 dan 2. Kemudian grafik gelombang 3 dan 4 terlihat jarak antara besarnya nilai *heaving* terlampaui cukup jauh. Hal ini dapat dimungkinkan faktor yang membuat perbedaan besar kecil nilai *heaving* yakni pada perbedaan gelombang yang semakin besar, atau dapat disimpulkan bahwa tinggi amplitudo gelombang sangat berpengaruh pada nilai *heaving* serta perbedaan *draft* di masing-masing muatan cukup mempengaruhi hasil nilai olah gerak *heaving*. dapat dilihat pada grafik muatan air untuk hasil olah gerak pada gelombang 4 dengan *draft* tertinggi yakni 5 cm atau *draft*  $\frac{1}{2}$  H. Dan untuk grafik muatan pasir nilai olah gerak yang dihasilkan tidak begitu besar, ini disebabkan terlalu berat massa pada *draft*  $\frac{1}{2}$  H dengan jenis muatan pasir.

Tabel 4.5 Hasil *Heaving* CFD

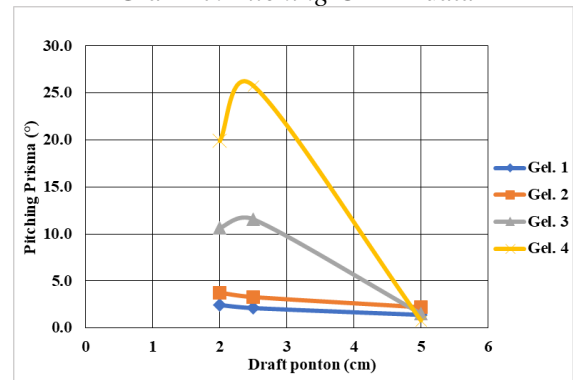
Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat (cm)		
			2	2.5	5
Prisma	Pasir	1	0.641	0.676	0.822
		2	0.909	0.981	1.340
		3	2.376	3.453	3.119
		4	4.514	8.022	2.785
Prisma	Air	1	0.606	0.612	0.692
		2	0.843	0.853	1.016
		3	1.831	1.896	4.354
		4	3.177	3.323	8.406

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 5 didapatkan nilai tertinggi *heaving* terdapat pada ponton prisma segi enam dengan variasi muatan Air, *draft*  $\frac{1}{2}$  H, pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm didapat nilai *heaving* 8,406 cm. Untuk variasi dengan nilai *heaving* terendah terjadi pada ponton dengan variasi bermuatan Air, *draft*  $\frac{1}{5}$  H, pada gelombang 1 dengan amplitudo 0,55 cm dengan nilai *heaving* 0,606 cm.

Dari tabel 5 tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *heaving* antara muatan air dan pasir tidak memiliki perbedaan yang signifikan, hanya saja untuk muatan air nilai *heaving* yang di hasilkan lebih besar.



Grafik 7. *Pitching* CFD muatan Air



Grafik 8. *Pitching* CFD muatan Pasir

Pada karakteristik grafik *pitching* 6 dan 7 dapat dilihat nilai dari setiap variasi memiliki karakteristik yang serupa antara variasi muatan pasir dengan air pada gelombang 1 dan 2, walaupun terdapat sedikit perbedaan yakni nilai pada muatan air lebih besar dari muatan pasir. Kemudian sama hal nya dengan hasil olah gerak *heaving*, hasil olah gerak *pitching* pada gelombang 3 dan 4 lebih besar dari gelombang 1 dan 2.

Dari variasi yang telah ditentukan, faktor yang paling mempengaruhi nilai *pitching* adalah perbedaan tinggi amplitudo gelombang dan perbedaan *draft* ponton. Dan pentingnya memperhatikan arah sudut gelombang datang pada saat pengujian pada *towing tank* dengan simulasi CFD.

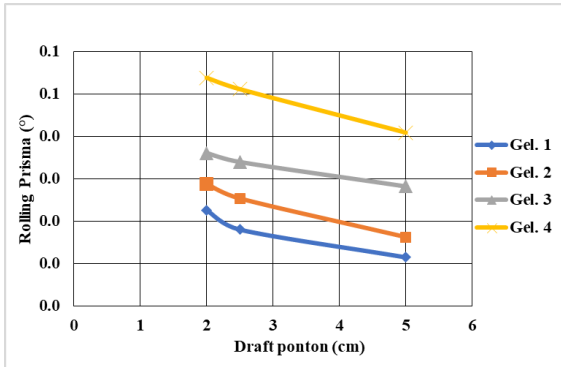
Tabel 4.6 Hasil *Pitching* CFD

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat (cm)		
			2	2.5	5
Prisma	Pasir	1	2.448	2.119	1.394
		2	3.764	3.292	2.211
		3	10.630	11.570	1.528
		4	19.900	25.791	0.811
Prisma	Air	1	2.810	2.754	1.986
		2	4.256	4.181	3.097
		3	10.279	10.320	12.516
		4	17.780	18.012	31.218

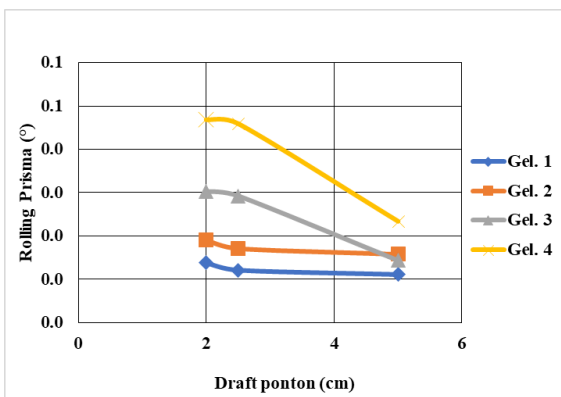
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6 didapat hasil nilai olah gerak tertinggi *pitching* terdapat pada ponton prisma segi enam dengan variasi bermuatan air *draft*  $\frac{1}{5}$  H, pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, nilai *pitching* 31,218°. Untuk nilai *pitching* terendah

terjadi pada variasi ponton prisma segi enam bermuatan pasir, pada  $draft \frac{1}{2} H$  dan berada pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, didapat nilai *pitching* 0,811°.

Dari hasil tabel 6 tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *Pitching* antara ponton bermuatan pasir maupun air memiliki perbedaan yang signifikan, yang disebabkan perbedaan variasi gelombang dan *draft*.



Grafik 9. *Rolling* CFD muatan Air



Grafik 10. *Rolling* CFD muatan Pasir

Hasil *Rolling* pada grafik 9 dan grafik 10 dapat dilihat memiliki karakteristik yang serupa, semakin tinggi *draft* muatan maka nilai olah gerak yang dihasilkan semakin rendah. Terlihat muatan air menghasilkan nilai olah gerak *rolling* yang lebih besar daripada muatan pasir. Pada gerakan rotasi muatan air memiliki nilai lebih tinggi daripada muatan pasir.

Tabel 4.7 Hasil *Rolling* CFD

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat (cm)		
			2	2.5	5
Prisma	Pasir	1	0.014	0.012	0.011
		2	0.019	0.017	0.016
		3	0.030	0.029	0.014
		4	0.047	0.046	0.023
Prisma	Air	1	0.023	0.018	0.011
		2	0.029	0.025	0.016
		3	0.036	0.034	0.028
		4	0.054	0.051	0.041

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7 didapatkan nilai tertinggi *rolling* terdapat pada Ponton prisma segi enam dengan variasi  $draft \frac{1}{2}$

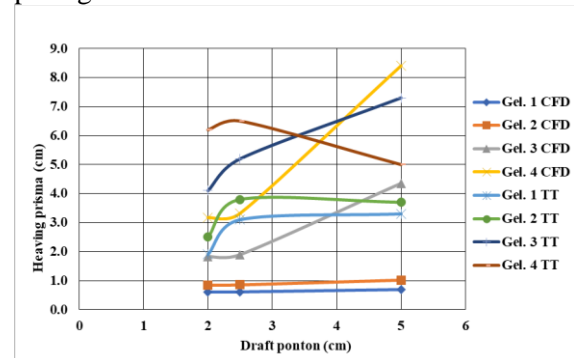
H, bermuatan air pada gelombang 4 dengan Amplitudo 1,95 cm didapat nilai 0,054°. Untuk variasi dengan nilai *rolling* terendah terjadi pada  $draft \frac{1}{2} H$ , bermuatan pasir dan berada di gelombang 1 dengan amplitudo 0,55 cm didapat nilai 0,011°.

Dari hasil tabel 7 tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *rolling* antara ponton bermuatan pasir maupun air tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan akibat perbedaan *draft* dan gelombang.

### 3.4 Validasi Nilai Olah Gerak CFD dan Uji Coba pada *Towing Tank*

Hasil pengujian pada CFD perlu dibandingkan dengan nilai uji coba pada *towing tank* untuk mengetahui perbedaan nilai olah gerak (*seakeeping*) secara CFD dan uji coba pada *towing tank*.

Perbandingan nilai olah gerak dapat dilihat pada grafik dibawah ini :

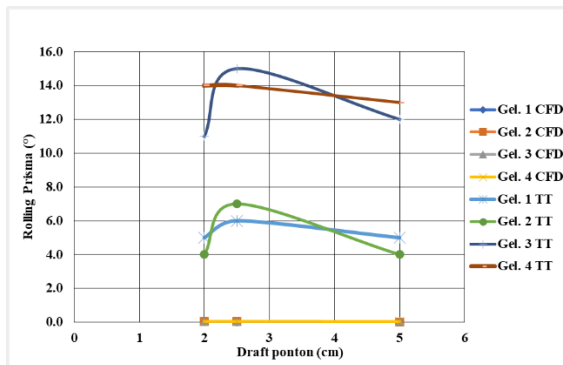


Grafik 11. *heaving* muatan air CFD dan uji coba *towing tank*

Perbedaan yang terjadi dengan signifikan pada grafik 11 antara pengujian CFD dengan pengukuran pada *towing tank* adalah nilai *heaving* yang dihasilkan keduanya, terlihat pada pengujian di *towing tank* lebih besar dari pada nilai olah gerak yang dihasilkan pada simulasi software CFD. Perbedaan hasil nilai olah gerak ini dikarenakan faktor kemutlakan saat pengujian pada software CFD, kemungkinan adanya kesalahan penginputan data secara manual dan keterbatasan fungsi peralatan di laboratorium hidrodinamika yang tersedia membuat hasil tidak akurat dan terinterferensinya gelombang yang di hasilkan pada *wave maker* serta ketidaksesuaian kondisi antara *towing tank* dengan simulasi pada CFD yang terkesan mutlak, kondisi ini yakni :

- Air yang digunakan pada *towing tank* tidak sama dengan jenis air pada simulasi software CFD. Air pada *towing tank* memiliki beberapa kandungan lain atau bisa dikatakan tidak murni seperti halnya pada software CFD.
- Perbedaan *temperature*

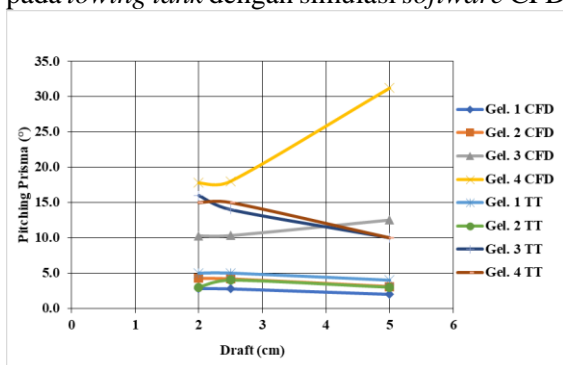
### c. Perbedaan Viskositas



Grafik 12. Rolling muatan air CFD dan Uji Coba Towing Tank

Perbedaan yang terjadi pada grafik 12 antara pengujian CFD dengan pengukuran pada *towing tank* terlihat signifikan dan tidak beraturan.

Perbedaan hasil olah gerak pada kedua pengujian di akibatkan faktor yang sama dengan *heaving* berupa penurunan kinerja alat dan ketidaksamaan kondisi antara pengukuran pada *towing tank* dengan simulasi *software* CFD serta ada beberapa perbedaan hasil nilai olah gerak *rolling* yang cukup signifikan yakni faktor utama akibat arah datangnya gelombang ( $180^\circ$ ) yang berpengaruh terhadap nilai olah gerak pengujian pada *towing tank* dengan simulasi *software* CFD.



Grafik 13. Pitching muatan air CFD dan Uji Coba Towing Tank

Perbedaan yang terjadi pada grafik di atas antara pengujian nilai CFD dan Uji coba *towing tank* tidak terlalu signifikan. Mengingat nilai *pitching* terlihat hampir serupa karena pada saat pengujian pada CFD ataupun *towing tank* untuk sudut arah datangnya gelombang sama yakni  $180^\circ$ . Hanya saja pada saat gelombang 3 dan 4 sedikit berbeda antara CFD dan uji coba, nilai olah gerak yang dihasilkan terlampau jauh. Untuk faktor – faktor yang menjadi penyebab perbedaan hasil olah gerak antara pengujian pada *towing tank* dan CFD sama seperti pada *heaving* dan *rolling*.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelaksanaan pengujian pada *software* *Computational Fluid Dynamic*

(CFD) dan dilakukan komparasi di masing – masing hasil nilai olah gerak maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Nilai olah gerak **Heaving** terbesar terjadi pada ponton prisma segi enam dengan variasi muatan air *draft*  $\frac{1}{2}$  H, pada gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, nilai olah gerak *heaving* 8,406 cm. Untuk nilai **Pitching** terdapat pada variasi muatan air *draft*  $\frac{1}{2}$  H, gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, nilai olah gerak *pitching*  $31,218^\circ$ . Dan untuk nilai **Rolling** terdapat pada variasi muatan air *draft*  $\frac{1}{2}$  H, gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, nilai olah gerak *rolling*  $0,054^\circ$ .

Pengaruh terbesar yang mempengaruhi nilai *heaving*, *pitching* dan *rolling* adalah *draft* muatan yang semakin tinggi *draft* maka nilai olah gerak yang dihasilkan semakin kecil. Amplitudo gelombang yang semakin tinggi voltasenya maka nilai olah geraknya semakin besar. Kemudian pengaruh jenis muatan antara air dan pasir, nilai olah gerak muatan air lebih besar. Untuk *pitching* dan *rolling* pengaruh arah datangnya gelombang sangat mempengaruhi.

Perbedaan nilai olah gerak antara pengujian dengan simulasi *software* CFD dan pengukuran pada *towing tank* di sebabkan dengan hal yang paling mempengaruhi adalah ketidaksamaan kondisi ketikan pengujian, sifat kemutlak – an pada *software* CFD, keterbatasan alat ketika pengujian pada *towing tank* di lapangan, baik untuk kondisi *towing tank*, peralatan pengukur olah gerak ( arduino, mpu dst) dan *wave maker*. Di masing – masing nilai olah gerak yang didapat pada pengujian terdapat selisih antara simulasi *software* CFD dengan pengukuran pada *towing tank*, untuk perbedaan nilai **Heaving** tertinggi antara simulasi pada CFD dengan pengukuran pada *towing tank* sebesar 20,694%, perbedaan nilai **Rolling** tertinggi antara simulasi pada CFD dengan pengukuran pada *towing tank* sebesar 99,641%, dan untuk perbedaan nilai **Pitching** tertinggi antara simulasi pada CFD dengan pengukuran pada *towing tank* sebesar 61,192%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. S. Hadi, M. Iqbal, A. W. B. Santosa and Karnoto, "Experimental Measurement of Floating Structure Motion Response Based on the low-Cost Microcontroller in Towing Tank Laboratory-," I. J. M. E. T. vol. 9, no. 1, pp. 614–624, 2018.
- [2] B. W. Hidayat, "Analisa Perubahan Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Beban Menggunakan Microcontroller Berbasis Wireless" Laporan TA, Dept T. Perkapalan,



- 2019.
- [3] Y. B. Mustofa and I. S. Arief, “Analisa Gerakan Ponton Model Tripod untuk Energi Gelombang Sistem Bandulan” *J. Teknik ITS*, vol. 1, pp. 203–206, 2012.
- [4] Bhattacharya, R. *Dynamics Of Marine Vehicles*. New York : John Wiley & Sons, 1978.
- [5] A. Fadlilah, D. Chrismianto, and W. Amiruddin, “Analisa Pengaruh penggantian Alat Tangkap Alternatif Jaring Lingkar terhadap Stabilitas serta Olah Gerak Kapal Tradisional Trawls Juwana”. *Tek. perkapalan* Vol. 5, no. 4, pp. 632–641, 2017.
- [6] M. Iqbal, and G. Rindo, “Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran Untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping”. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*. vol. 12, no. 1, pp. 19–24, 2015.
- [7] J. R. Alldredge, and J. T. Ratti, “Comparison of Some Statistical Techniques for Analysis of Resource Selection.” *The Journal of Wildlife Management*, vol. 50, no. 1, pp. 157–165, 1986.
- [8] B. A. Adietya, & B. Arifin, “Analisa Kekuatan Deck Pada Ponton Batubara Prawiramas Puri Prima Ii 1036 Dwt Dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga”. *Kapal*, vol. 8 no. 1, pp. 1–5, 2011.
- [9] T. I. Fossen, T. A. Johansen, M. Enqvist, F. Gustafsson, and J. Linder, ” Online Estimation of Ship’s Mass and Center of Mass Using Inertial Measurements. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 16, pp. 134–139, 2015.
- [10] L. T. Nugraha, “Rancang Bangun Reguler Wave Maker Paddle Type Using Reciprocating Linear Motion pada Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan,” Laporan TA, Dept T. Perkapalan, 2018.
- [11] W. Mustikojati, E. S. Hadi, and K. Kiryanto, “Desain Konverter Gelombang Bnetuk Segi Enam Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Di Perairan Laut Jawa, “*Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 2, Apr.2016.
- [12] A.F.R. Hakim, “Pengukuran Olah Gerak ponton Akibat Pengaruh Gelombang Reguler Dengan Variasi Bentuk Ponton Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD), “ *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol 15, no. 3, Maret.2019.
- [13] K. B. Setiawan, “Pengukuran Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Gelombang

Reguler dengan Variasi Bentuk dan Muatan Berbasis Mikrokontroler pada Towing Tank Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan,” Laporan TA, Dept T. Perkapalan, 2018.