



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Olah Gerak Ponton Berbentuk Silinder Akibat Pengaruh Beban pada Pengaruh Gelombang Regular dengan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Azniatu Fihliya A¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾ Kiryanto¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

e-mail : azniatu.fihliya25@gmail.com, Ekosasmitohadi@gmail.com, kiryantodst@yahoo.com

Abstrak

Luas perairan yang sangat luas di Indonesia menjadikan potensi ekonomi kelautan dan ekonomi maritime yang sangat potensial. Dengan wilayah geografis yang sebagian besar perairan. Maka dibutuhkan perkembangan penelitian teknologi untuk pengembangan wilayah maritim. Pengujian terhadap kapal atau benda apung lainnya memiliki banyak cara seperti, pengujian dengan menggunakan model dengan media Towing Tank, perhitungan Numerical menggunakan Software, maupun pengujian dengan menggunakan perhitungan manual. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai olah gerak ponton berbentuk silinder, dan untuk mengetahui perbedaan nilai olah gerak dengan metode software analisis *Computational Fluid Dynamic (CFD)* dan Towing Tank. Dalam penelitian ini metode yang dipakai dengan simulasi pada CFD dengan karakteristik software berupa analisa olah gerak (*Seakeeping*) dengan variasi voltase gelombang, sarat dan muatan. Nilai Heaving tertinggi pada ponton muatan pasir dengan tinggi muatan 0,2 H, pada gelombang 4 yang memiliki amplitudo gelombang sebesar 1,95 cm, dengan nilai Heaving sebesar 4,935 cm. Untuk nilai Pitching tertinggi diperoleh pada ponton dengan muatan air pada sarat muatan 0,5 H, Gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, dengan nilai 31,776°. Nilai Rolling tertinggi diperoleh pada ponton muatan air dengan tinggi 0,2 H, pada Gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 dengan nilai 0,038°. Persenan perbandingan rata-rata pengujian Towing Tank dan CFD antara Pitching dan Rolling Hampir sama yaitu nilai presentase pitching 31,726% dan untu Heaving sebesar 36,454%, tetapi pada presentase Rolling memiliki perbedaan yang significant, dikarenakan perbedaan kondisi percobaan dilapangan dan dianalisa software.

Kata Kunci : *Seakeeping, Gelombang regular, Towing Tank, CFD, Ponton Silinder*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara maritim dimana luas perairan di Indonesia lebih luas dari pada luas daratan. Luas perairan yang sangat luas ini menjadikan potensi ekonomi kelautan dan ekonomi maritime yang sangat potensial bagi Indonesia. Dengan wilayah geografis yang sebagian besar perairan. Maka dibutuhkan perkembangan penelitian teknologi untuk pengembangan wilayah maritim. Pengujian terhadap kapal atau benda apung lainnya memiliki banyak cara seperti, pengujian dengan menggunakan model dengan media Towing Tank, perhitungan Numerical menggunakan

Software, maupun pengujian dengan menggunakan perhitungan manual.

Ponton merupakan bangunan apung yang tidak berawak da tidak memiliki alat penggerak sendiri. Biasanya ponton atau tongkang ditarik oleh kapal kecil *tug boat*, ataupun kapal kayu kecil.

Saat ini telah dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang menggunakan ponton sebagai pembantu untuk menghasilkan gelombang laut dimana energy berasal dari hasil gerakan ponton. Gerakan yang dihasilkan adalah gerakan rotasi dan translasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa gelombang yang tinggi menghasilkan *Motion dan Momen* lebih besar dibandingkan dengan tinggi gelombang yang kecil [1].

Hasil penelitian dan pengujian sebelumnya tentang pengukuran respon gerakan ponton menggunakan *microcontroller* di *Towing Tank* dengan menggunakan variasi jenis muatan padat dan cair, terdapat perbedaan hasil olah gerak (*seakeeping*), dimana penggunaan beban jenis muatan *liquid* (cair) memiliki olah gerak yang lebih besar dibandingkan jenis muatan *solid* (padat) [2]. Selain itu, berdasarkan penelitian sebelumnya, yang berkaitan dengan perbandingan hasil *seakeeping* dengan menggunakan *microcontolter* berbasis *wired* dan *wireless* menunjukkan bahwa memiliki perbedaan pengukuran yang tidak berbeda dimana muatan nilai olah gerak muatan *solid* lebih kecil dibandingkan dengan muatan *liquid* [3].

Penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang perbandingan *resistance* (hambatan) antara pengujian pada *Towink Tank* dan CFD dengan objek kapal selam (*Sub Marine*) didapatkan dengan hasil presentase nilai antara 10 – 54 %. Perbedaan nilai presentase tersebut diakibatkan dari metode yang digunakan serta cara melakukan skala dan variasi model [4].

Penelitian ini akan difokuskan pada perbandingan dari nilai olah gerak kapal dari tiap variasi yang telah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

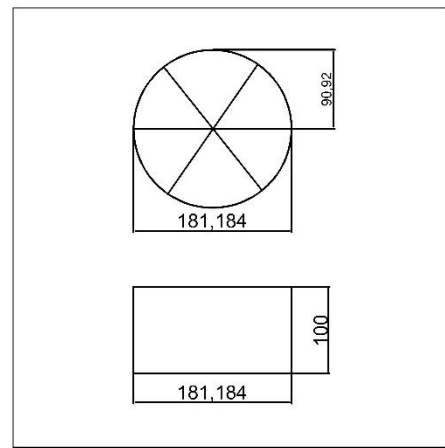
Dari penjelasan dapat dirumuskan masalah yang dihadapi, yaitu bagaimana nilai olah gerak ponton dengan variasi yang telah ditentukan, bagaimana perbedaan nilai olah gerak ponton dengan variasi yang telah ditentukan, dan perbandingan hasil nilai olah gerak dengan metode CFD dan pengujian *Towing Tank*

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah, Mengetahui nilai olah gerak ponton dengan variasi jenis muatan, dan gelombang menggunakan simulasi CFD mengetahui perbedaan nilai olah gerak dengan variasi jenis muatan dan gelombang, serta mengetahui perbandingan nilai olah gerak ponton dengan simulasi pengujian menggunakan CFD dan pengujian *Towing Tank* dengan alat pengukuran *microcontroller* berbasis *wireless*.

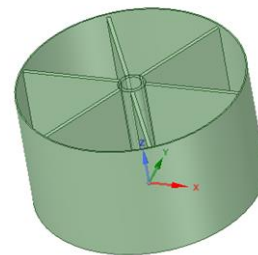
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang dibutuhkan untuk penelitian ini didapatkan dari data pada penelitian sebelumnya berupa model ponton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 181,184 mm dan tinggi 100 mm. Variasi yang digunakan adalah jenis muatan, yaitu *solid* (pasir pantai) dan *fluida* (air tawar) dan perbedaan tinggi gelombang.

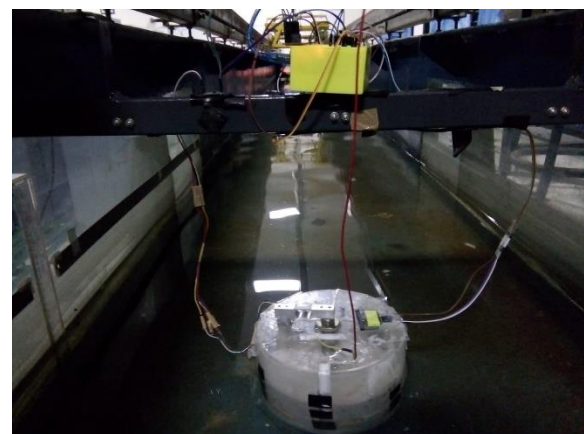


Gambar 1. Desain lambung ponton



Gambar 2. Desain 3 Dimensi lambung ponton

Penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil percobaan *seakeeping* sebelumnya yang dilakukan di *Towing Tank Microcontroler* berbasis *wireless* di Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan dengan variasi yang digunakan sama, ukuran kolam, dan data inputan untuk Analisa *Software* merupakan hasil penelitian sebelumnya.



Gambar 3. Pengukuran dengan menggunakan *wireless*.

Parameter yang diberikan untuk menunjukkan nilai *seakeeping* atau olah gerak ponton bila diberi variasi muatan adalah:

1. Parameter tetap : Bentuk ponton tabung

2. Parameter perubah : jenis muatan , penggunaan jaringan, variasi tinggi sarat, arus yang digunakan untuk membangkitkan gelombang.

2.2. Perlakuan pada objek

Penelitian ini difokuskan untuk mendapatkan nilai olah gerak ponton menggunakan metode CFD dengan variasi sebagai berikut:

Rangkaian untuk membuat *wireless* dengan menggunakan XBee S2 adalah sebagai berikut:

1. Variasi sarat .
 - Sarat Air Muatan Fluida (air) :
 - a. $1/5 H = 3,9 \text{ cm}$
 - b. $1/4 H = 4,1 \text{ cm}$
 - c. $1/2 H = 5,9 \text{ cm}$
 - Sarat Air Muatan Solid (pasi) :
 - a. $1/5 H = 4,8 \text{ cm}$
 - b. $1/4 H = 5,7 \text{ cm}$
 - c. $1/2 H = 7,5 \text{ cm}$
2. Variasi gelombang
 - a. Tinggi gelombang 0,55 cm
 - b. Tinggi gelombang 0,75 cm
 - c. Tinggi gelombang 1,25 cm
 - d. Tinggi gelombang 1,95 cm
3. Variasi muatan
 - a. Air tawar
 - b. Pasir

Variasi penelitian ini merupakan hasil uji coba di Towing Tank Microcontroller berbasis *wireless*. Untuk nilai frekuensi dan kecepatan dari aliran pengujian yang dilakukan sebelumnya sebelum melakukan pengujian di CFD. Dengan hasil sebagai berikut

1. kecepatan
 - a. Gelombang 1 69,771243 cm/s
 - b. Gelombang 2 82,945763 cm/s
 - c. Gelombang 3 64,1629389 cm/s
 - d. Gelombang 4 83,503200 cm/s
2. Frekuensi gelombang
 - a. Gelombang 1 0,41667 Hz
 - b. Gelombang 2 0,6714 Hz
 - c. Gelombang 3 0,69538 Hz
 - d. Gelombang 4 0,73106 Hz

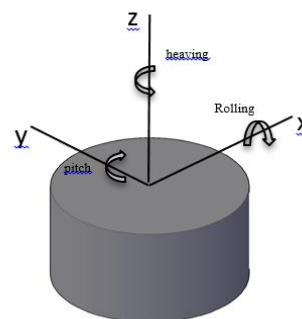
Dengan arah aliran berada pada sudut 180° .

2.3 Olah Gerak

Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi laut [5]. 4 Dasar perhitungan Seakeeping adalah kapal yang berlayar disuatu perairan akan mengalami gerakan sesuai dengan kondisi gelombang pada saat itu [6]. 7 Namun pada penelitian ini mengacu inputan yang sudah

dilakukan pada perhitungan *Towing Tank* sebelumnya. Gerakan pada seakeeping dibedakan menjadi 3 yaitu :

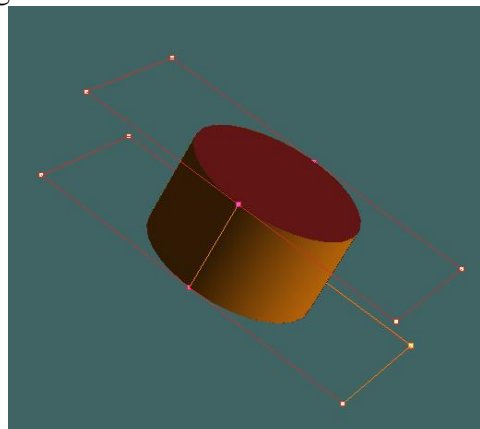
1. *Heaving*
Heaving adalah gerakan kapal yang sejajar sumbu Z, dimana saat terjadi gerakan *heaving* kapal mengalami gerakan naik turun.
2. *Pitching*
Pitching adalah gerakan kapal yang memutar sumbu Y, dimana saat terjadi gerakan *heaving* kapal mengalami perubahan *trim* bagian *bow* dan *stern* secara bergantian.
3. *Rolling*
Rolling adalah gerakan kapal yang mengelilingi sumbu X, dimana saat terjadi gerakan *Pitching* bagian sisi kanan kapal bergerak ke sebagian sisi kiri kapal yang terulang secara bergantian.



Gambar 4. Olah gerak Ponton .

2.4 Pembuatan Model Ponton

Dalam pembuatan model ponton menggunakan *Software Modeler*. Hasil dari *Software Modeler* tersebut selanjutnya di ekspor dengan format file STP dan IGS.



Gambar 5. Model Ponton berbentuk lingkaran

2.5 Pengujian Model

Pengujian model ponton menggunakan metode *Computational Dynamic of Fluida* (CDF).

Untuk mendapatkan nilai olah gerak digunakanlah *Software Hydrodynamic Diffraction*.

Sesuai dengan tujuan pada penelitian ini yaitu membandingkan / *validasi* dari hasil nilai olah gerak sebelumnya yang dilakukan di *Towing Tank*.

2.7 Response Amplitudo Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (Response Amplitudo Operator), dimana RAO adalah rasio antara amplitude gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu [7].

$$RAO = (Z_o)/(\zeta_o) \quad (m/m) \quad (1)$$

$$RAO = (Z_o)/(k \zeta_o) \quad (rad/ rad) \quad (2)$$

Dari persamaan (1) RAO merupakan gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitude gerakan kapal (Z_o) dengan amplitude gelombang (ζ_o) yang keduanya dalam satuan panjang. Sedangkan gerakan rotasi (2) merupakan perbandingan antara amplitude gerakan rotasi (dalam radian) terhadap tinggi gelombang atau dengan kemiringan gelombang yang merupakan perkalian angka gelombang, $k = w^2 / g$ dengan amplitudo gelombang pada persamaan.

2.7 Perbandingan Nilai CFD dan Uji Towing Tank

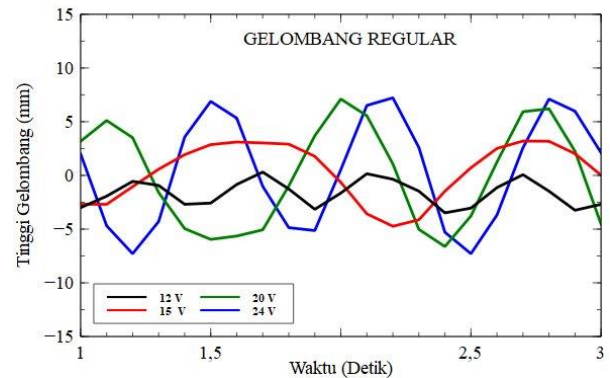
Nilai data olah gerak yang telah didapatkan dari hasil analisa *Software CFD*, kemudian dilakukan perbandingan terhadap hasil uji *Towing Tank* untuk mengetahui perbedaan dari setiap pengujian dari setaip variasi yang telah ditentukan. Agar mendapatkan nilai perbandingan yang sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, digunakan rumus sebagai berikut.

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persiapan Pengujian

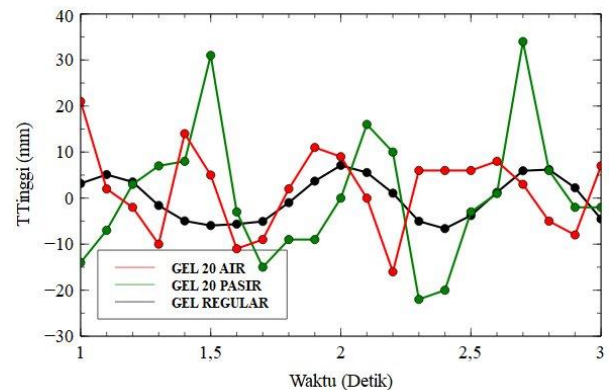
Sebelum melakukan pengujian analisa menggunakan *Software CFD*, dilakukan pengujian *Wave Maker* untuk mendapatkan Kecepatan dan Frekuensi Gelombang. Berikut adalah Grafik Gelombang Regular dari pengujian *Wave Maker* .



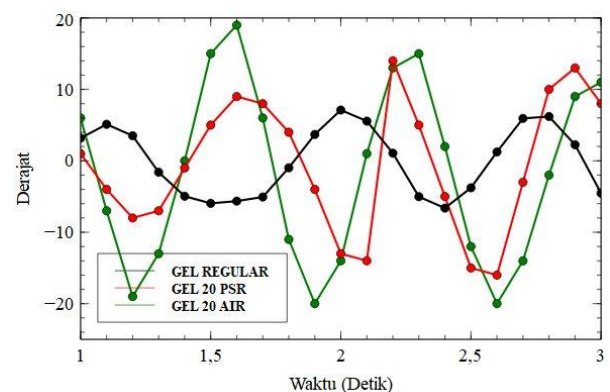
Grafik 1. Gelombang Regular dengan *Wave Maker*

Dari grafik gelombang tersebut didapatkan frekuensi untuk inputan CFD berdasarkan variasi percobaan.

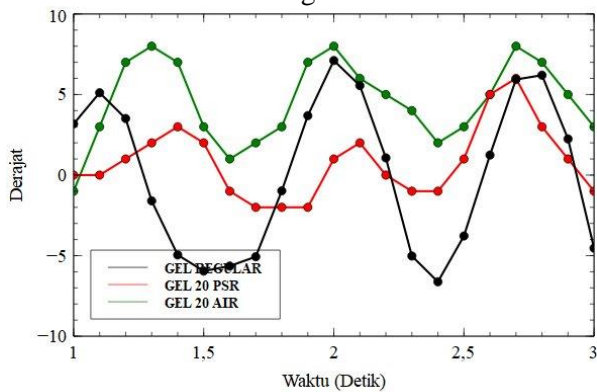
Dari hasil pengujian *Towing Tank* tersebut didapatkan hasil grafik percobaan berbentuk gelombang dengan karakteristik hasil gelombang olah gerak sama dengan gelombang regular *wave maker*.



Grafik 2. Gelombang *Heaving* Hasil Olah Gerak Ponton di *Towing Tank* dengan gelombang air *Towing Tank*



Grafik 3. Gelombang *Pitching* Hasil Olah Gerak Ponton di Towing Tank dengan gelombang air Towing Tank

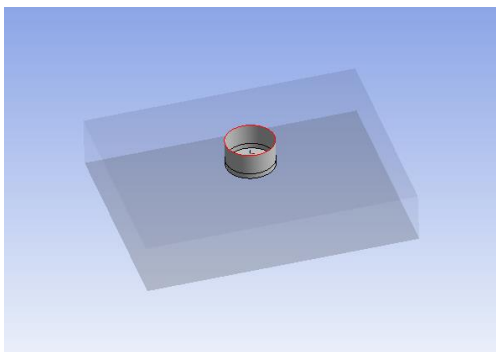


Grafik 3. Gelombang *Rolling* Hasil Olah Gerak Ponton di Towing Tank dengan gelombang air Towing Tank

Dari ke-3 perbandingan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa bentuk grafik gelombang air yang dihasilkan wave maker dan hasil oha gerak ponton di *Towing Tank* hampir serupa mengikuti alur gelombang yang terbentuk dari gelombang wave maker.

3.2 Pengujian Software *Computatioanl Fluid Dynamic* (CFD)

Pada penelitian ini dilakukan pengujian,yaitu pengujian menggunakan *Software* Analisa OLah gerak.



Gambar 6. Bentuk Kolam dan Model ponton Silinder

Parameter pengukuran ,dalam hal ini merupakan parameter ukuran kolam, dengan ukuran sebagai berikut

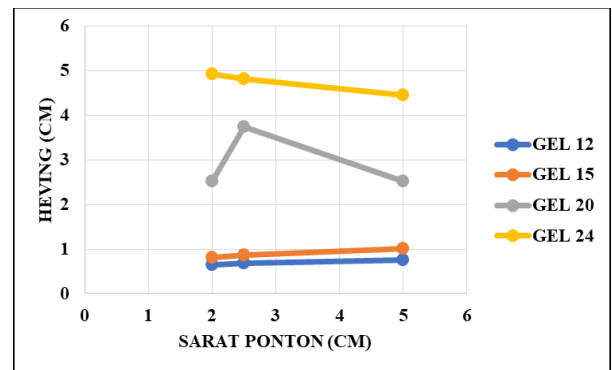
- Panjang kolam 1 m
- Lebar kolam 0,8 m
- Kedalaman air 18,5 sm (disesuaikan dengan kondisi pengujian pada *Towink Tank*).

3.2 Hasil Pengukuran *Seakeeping* Ponton

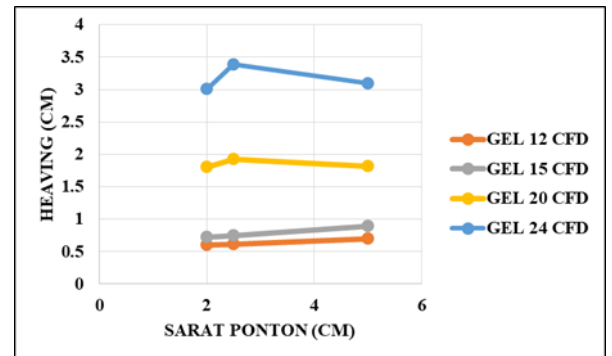
Dalam pengujian ini, untuk mendapatkan hasil nilai seakeeping memerlukan beberapa tahap,yaitu tahap pertama adalah mencari RAO tiap variasi yang telah ditentukan,dari setiap variasi memiliki RAO *Heaving*, RAO *Pitching*, RAO *Rolling*.

Setelah diperoleh nilai RAO dari setiap variasi dicari nilai olah gerak berdasarkan frekuensi dari setiap variasi gelombang.

Berikut hasil pengujian Olah Gerak ponton bermuatan,dapat dilihat pada grafikdan tabel berikut.



Grafik 5. *Heaving* Ponton Muatan Pasir



Grafik 6. *Heaving* Ponton Muatan Air

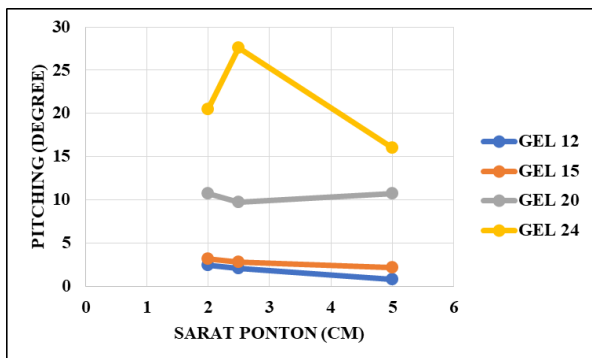
Pada karakteristik hasil grafik 5 dan 6 didapatkan nilai *Heaving* muatan jenis air dan pasir pada setiap sarat dimana pada grafik ponton bermuatan tersebut mengalami perubahan *Heaving* yang tidak terlalu significant dimana olah gerak *Heaving* mengalami kenaikan nilai pada sarat muatan 0,25 H, dan penurunan nilai pada sarat 0.5 H. Nilai olah gerak juga mengalami peningkatan pada setiap penambahan Voltase gelombang pada pengujian pada sarat yang sama.

Tabel 1. Hasil *Heaving* CFD

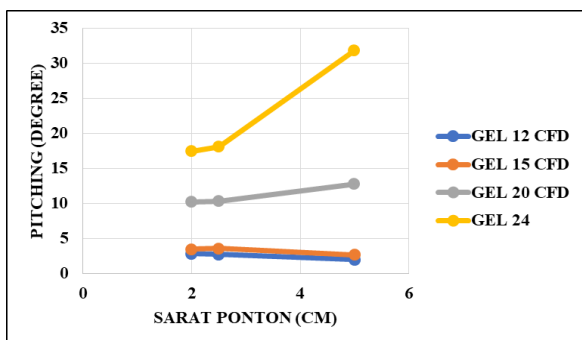
Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat		
			2 cm	2.5 cm	5.0 cm
Tabung	Pasir	Gel 1	0.649	0.684	0.760
		Gel 2	0.925	0.996	1.172
		Gel 3	2.530	3.649	2.530
		Gel 4	4.935	4.816	4.462
Tabung	Air	Gel 1	0.604	0.614	0.696
		Gel 2	0.838	0.858	1.023
		Gel 3	1.798	1.924	1.812
		Gel 4	3.103	3.386	3.093

Hasil pengujian pada tabel 1 didapatkan nilai *Heaving* tertinggi pada ponton muatan pasir dengan tinggi muatan 0,2 H, pada gelombang 4 yang memiliki amplitudo gelombang sebesar 1,95 cm, dengan nilai *Heaving* sebesar 4.935 cm. Untuk nilai *Heaving* terkecil didapatkan pada hasil pengujian pada ponton muatan air dengan tinggi muatan 0,2 H, pada gelombang 1 yang memiliki amplitudo gelombang sebesar 0,55 cm, dengan nilai *Heaving* sebesar 0,604 cm.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *Heaving* dipengaruhi jenis muatan, muatan Solid memiliki hasil Olah Gerak *Heaving* lebih besar dibandingkan muatan jenis Fluida, hal ini dikarenakan muatan pasir memiliki beban lebih besar dibandingkan dengan muatan air saat terkena gelombang.



Grafik 7. *Pitching* Ponton Muatan Pasir



Grafik 8. *Pitching* Ponton Muatan Air

Berdasarkan karakteristik grafik 7 dan 8, muatan pasir pada sarat muatan 0.5 H mengalami penurunan nilai *Pitching* pada gelombang 4, hal ini dikarenakan pada ponton dengan muatan pasir memiliki beban yang lebih berat sehingga gerakan ponton lebih terbatas. Namun pada muatan air Gelombang 4 dengan sarat muatan 0.5 H nilai

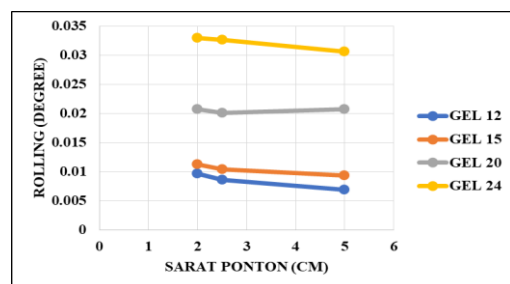
Pitching mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan muatan air mengalami guncangan yang lebih besar dibandingkan dengan muatan Solid saat terkena Gelombang.

Tabel 2. Hasil *Pitching* CFD

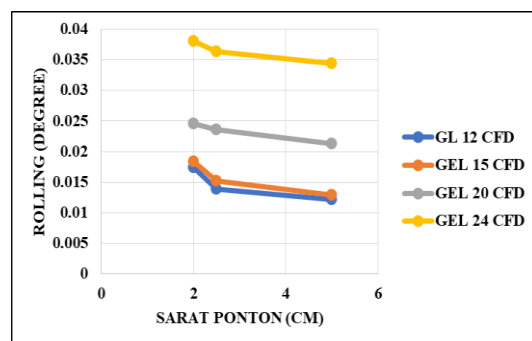
Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat		
			2 cm	2.5 cm	5.0 cm
Tabung	Pasir	Gel 1	2.394	2.068	0.760
		Gel 2	3.665	3.213	2.535
		Gel 3	10.703	11.834	10.703
		Gel 4	20.503	27.550	16.019
Tabung	Air	Gel 1	2.851	2.741	1.969
		Gel 2	4.030	4.156	3.062
		Gel 3	10.219	10.297	12.724
		Gel 4	17.588	18.028	31.776

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai *Pitching* tertinggi diperoleh pada ponton dengan muatan air pada sarat muatan 0,5 H, Gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, dengan nilai 31,776°. Untuk nilai *Pitching* terendah didapatkan pada ponton muatan pasir dengan sarat 0,2 H, Gelombang 1 dengan amplitudo 0,55 cm diperoleh nilai *Pitching* sebesar 0,760°.

Sehingga dari tabel 6 dapat disimpulkan bahwa jenis muatan, tinggi gelombang dan tinggi muatan ponton mempengaruhi besaran nilai *Pitching*.



Grafik 9. *Rolling* Ponton Muatan Pasir



Grafik 10. *Rolling* Ponton Muatan Air

Grafik 9 dan 10 merupakan hasil olah gerak *Rolling*, dimana grafik tersebut menunjukkan perubahan pada penambahan tinggi sarat, nilai olah gerak mengalami penurunan dengan inputan Voltase Gelombang yang sama pada setiap sarat. Hal ini dikarenakan semakin berat beban pada ponton gerakan yang dihasilkan semakin terbatas.

Selain itu grafik 9 dan 10 menunjukkan, jika dengan penambahan Voltase Gelombang yang semakin besar menambah nilai Olah Gerak tersebut.

Tabel 3 Hasil Rolling CFD

Muatan	Gelombang	Sarat			
		2 cm	2.5 cm	5.0 cm	
Tabung	Pasir	Gel 1	0.010	0.009	0.007
		Gel 2	0.013	0.012	0.011
		Gel 3	0.021	0.020	0.021
		Gel 4	0.033	0.033	0.031
Tabung	Air	Gel 1	0.017	0.014	0.012
		Gel 2	0.021	0.018	0.015
		Gel 3	0.025	0.024	0.021
		Gel 4	0.038	0.036	0.034

Berdasarkan hasil pengujian olah gerak pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *Rolling* tertinggi diperoleh pada ponton muatan air dengan

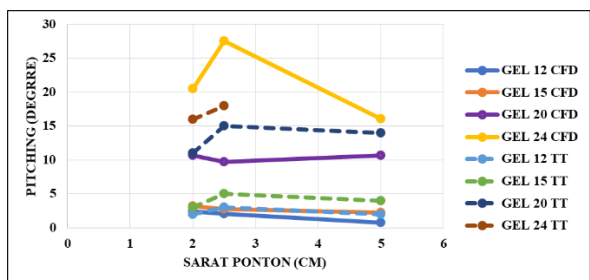
tinggi 0,20 H, pada Gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm diperoleh nilai olah gerak 0,038°. Nilai olah gerak terkecil terdapat pada muatan pasir dengan tinggi muatan 0,5 cm, pada Gelombang 1 dengan tinggi amplitudo gelombang sebesar 0,55 cm. Sehingga dapat disimpulkan jika jenis muatan dan tinggi gelombang dapat mempengaruhi nilai olah gerak *Rolling*.

3.3 Validasi Nilai Olah Gerak CFD dan Uji Coba

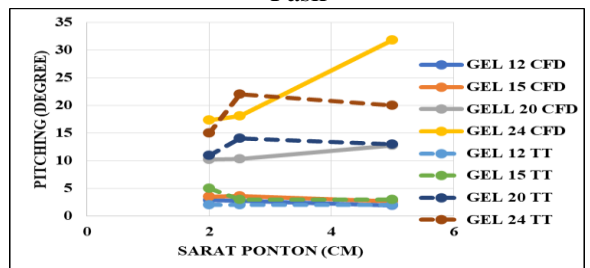
Hasil pengujian olah gerak CFD dibandingkan dengan hasil *Towing Tank*. Digunakan untuk mengetahui perbandingan pengujian CFD dan *Towing Tank*.

Tabel 4. Hasil *Pitching* CFD dan *Pengujian Towing Tank*

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat								
			2.0 cm			2.5 cm			5.0 cm		
			Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)	Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)	Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)
Tabung	Pasir	Gel 1	2.000	2.068	3.425	3.000	2.068	-31.050	2.000	0.760	41.332
		Gel 2	3.000	3.213	7.105	5.000	3.213	-35.737	4.000	2.535	29.304
		Gel 3	11.000	11.834	7.581	15.000	11.834	-21.107	14.000	10.703	30.804
		Gel 4	16.000	27.550	72.190	18.000	27.550	53.058	-	16.019	-
Tabung	Air	Gel 1	2.000	2.851	42.559	2.000	2.741	37.066	2.000	1.969	1.553
		Gel 2	5.000	4.030	-19.399	3.000	4.156	38.527	2.000	3.062	-34.690
		Gel 3	11.000	10.219	-7.097	14.000	10.297	-26.448	13.000	12.724	2.172
		Gel 4	15.000	17.588	17.251	22.000	18.028	-18.053	20.000	31.776	-37.060



Grafik 11. Perbandingan Pitching Ponton Muatan Pasir



Grafik 12. Perbandingan Pitching Ponton Muatan Air

Pada Tabel 4 menunjukkan nilai hasil pengujian Pitching CFD dan Pitching *Towing Tank*, dimana dari hasil kedua metode tersebut memiliki presentase perbedaan rata-rata sebesar

31.72673 %, dengan perbedaan yang paling tinggi terdapat pada variasi ponton 0,5 H pada Gelombang 4 sebesar 72,190 %. Perbedaan ini dikarenakan terdapat faktor lapangan pada saat pengujian seperti, tidak seajarnya pedal pada alat pembuat gelombang (*Wave Maker*), sedangkan pengujian pada software Analisa merupakan pengujian yang absolut/mutlak.

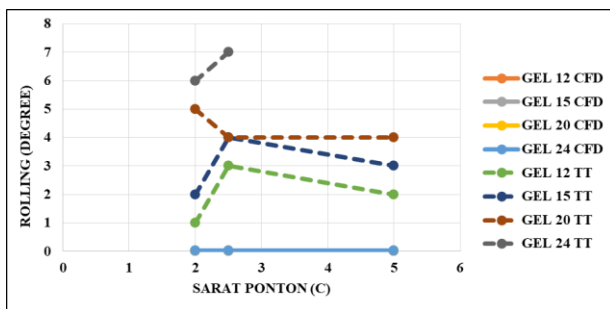
Grafik 11 dan 12 menunjukkan perbedaan tiap pengujian menggunakan metode CFD dan *Towing Tank*, dimana pada percobaan menggunakan muatan pasir secara garis besar karakteristik grafiknya tidak terlalu significant perubahannya, dimana setiap pengujiannya mengalami penurunan nilai olah gerak *Pitching* pada sarat muatan 0,5 H. Sedangkan pada pengujian *Pitching* CFD dan *Towing Tank* dengan muatan air, terdapat perbedaan yang significant pada Gelombang 4 mengalami kenaikan pada sarat muatan 0,5 H, berbeda dengan pada muatan pasir yang mengalami penurunan pada 0,5 H, sehingga jenis muatan dapat mempengaruhi nilai Olah Gerak *Pitching* tiap draftnya. Pada pengujian

menggunakan muatan pasir hasil grafiknya lebih teratur dibandingkan dengan pengujian dengan muatan *fluida*, dengan. Hal ini terjadi karena

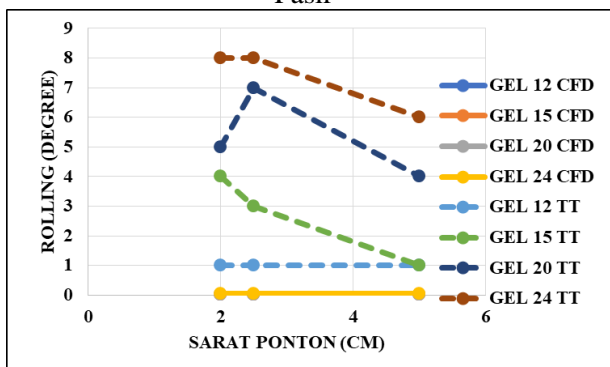
muatan *fluida* pergerakannya lebih bebas jika terkena gelombang.

Tabel 5. Hasil *Rolling* CFD dan Pengujian *Towing Tank*

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat								
			2.0 cm			2.5 cm			5.0 cm		
			Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)	Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)	Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)
Tabung	Pasir	Gel 1	1.000	0.010	-99.036	3.000	0.009	-99.713	2.000	0.007	-99.654
		Gel 2	2.000	0.013	-99.348	4.000	0.012	-99.701	3.000	0.011	-99.640
		Gel 3	5.000	0.021	-99.586	4.000	0.020	-99.499	4.000	0.021	-99.482
		Gel 4	6.000	0.033	-99.450	7.000	0.033	-99.533	-	0.031	-
Tabung	Air	Gel 1	1.000	0.017	-98.255	1.000	0.014	-98.618	1.000	0.012	-98.783
		Gel 2	4.000	0.021	-99.469	3.000	0.018	-99.416	1.000	0.015	-98.505
		Gel 3	5.000	0.025	-99.510	7.000	0.024	-99.663	4.000	0.021	-99.469
		Gel 4	8.000	0.038	-99.524	8.000	0.036	-99.545	6.000	0.034	-99.426



Grafik 13. Perbandingan Rolling Ponton Muatan Pasir



Grafik 14. Perbandingan Rolling Ponton Muatan Air

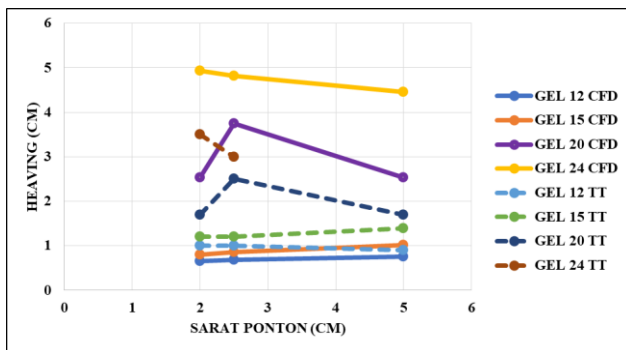
Grafik 13 dan 14 menjelaskan perbandingan grafik pengujian metode CFD dan Towing Tank dengan muatan pasir dan air secara garis besar pada muatan 0,5 H dengan inputan

Voltase Gelombang yang sama terjadi penurunan nilai *Rolling* hal ini disebabkan semakin berat beban ponton tersebut maka semakin kecil pergerakan dari ponton .

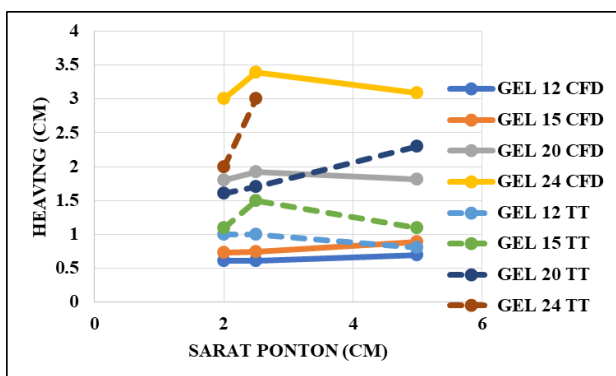
Tabel 5 merupakan hasil perbandingan nilai olah gerak CFD dan *Towing Tank* dimana perbedaan nilai olah gerak *Rolling* sangat significant mencapai nilai perbandingan rata-rata mencapai 99% . Hal itu disebabkan hasil percobaan di CFD merupakan nilai mutlak, sedangkan pada pengujian *towing tank* terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi seperti, ukuran kolam pengujian yang terlalu sempit sehingga gelombang yang datang mengalami interverensi. Selain itu 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.

Tabel 6. Hasil *Heaving* CFD dan Pengujian *Towing Tank*

Bentuk	Muatan	Gelombang	Sarat								
			2.0 cm			2.5 cm			5.0 cm		
			Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)	Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)	Uji Coba	CFD	Perbedaan (%)
Tabung	Pasir	Gel 1	1.000	0.649	-35.098	1.000	0.684	-31.640	0.900	0.760	-15.551
		Gel 2	1.200	0.925	-22.956	1.200	0.996	-17.003	1.100	1.172	6.557
		Gel 3	1.700	2.530	48.818	2.500	3.649	45.976	1.700	2.530	48.818
		Gel 4	3.000	4.935	64.494	2.900	4.816	66.073	-	4.462	-
Tabung	Air	Gel 1	1.000	0.604	-39.602	1.000	0.614	-38.555	0.800	0.696	-12.993
		Gel 2	1.100	0.838	-23.792	1.500	0.858	-42.818	1.100	1.023	-6.979
		Gel 3	1.600	1.798	12.362	1.700	1.924	13.201	2.300	1.812	-21.230
		Gel 4	2.000	3.103	55.164	3.000	3.386	12.879	-	3.093	-



Grafik 15. Perbandingan *Heaving* Ponton Muatan Pasir



Grafik 16. Perbandingan *Heaving* Ponton Muatan Air

Grafik 15 dan 16 merupakan perbandingan grafik pengujian olah gerak *Heaving* CFD dan *Heaving Towing Tank*. Karakteristik bentuk grafik menunjukkan tidak terjadi perbandingan yang *significant*. Grafik tersebut menunjukkan semakin besar/tinggi muatan pada ponton dengan inputan voltase gelombang yang sama mengalami penurunan nilai *Heaving* ponton pada sarat 0,5 H. Sehingga menunjukkan bahwa berat beban muatan pada ponton mempengaruhi nilai Olah Gerak *Heaving* pada ponton.

Tabel 6 merupakan perbedaan nilai pada grafik *Heaving* CFD dan *Heaving Towing Tank*, perbedaan persen rata-rata antara pengujian *Towing Tank* dan CFD sebesar 36,544% dengan perbedaan persen tertinggi pada sarat muatan 0,5 H ponton dengan jenis muatan pasir sebesar 66,073%. Perbedaan ini dikarenakan terdapat faktor lapangan pada saat

pengujian seperti, tidak seajarnya pedal pada alat pembuat gelombang (*Wave Maker*), sedangkan pengujian pada software Analisa merupakan pengujian yang absolut/mutlak

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada pengujian Computational Fluid Dynamic (CFD) dari tiap variasi ponton tinggi muatan dan tinggi gelombang dapat disimpulkan sebagai berikut :

Nilai *Heaving* tertinggi pada ponton muatan pasir dengan tinggi muatan 0,2 H, pada gelombang 4 yang memiliki amplitudo gelombang sebesar 1,95 cm, dengan nilai *Heaving* sebesar 4,935 cm. Untuk nilai *Pitching* tertinggi diperoleh pada ponton dengan muatan air pada sarat muatan 0,5 H, Gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 cm, dengan nilai 31,776°. Nilai *Rolling* tertinggi diperoleh pada ponton muatan air dengan tinggi 0,2 H, pada Gelombang 4 dengan amplitudo 1,95 dengan nilai 0,038°.

Pengaruh terbesar untuk gerakan translasi berupa *Heaving* adalah amplitude gelombang, semakin tinggi amplitude gelombang maka nilai *Heaving* juga semakin besar selain itu juga terdapat faktor yang lain yaitu jenis muatan, dimana muatan pasir memiliki nilai *Heaving* lebih besar dibandingkan dengan muatan air, karena ponton dengan muatan pasir memiliki gaya angkat yang lebih besar dibandingkan dengan ponton muatan air. Untuk gerakan rotasi berupa *Pitching*, pengaruh terbesar juga dari nilai amplitude gelombang yang diberikan, tetapi jenis muatan juga berpengaruh dimana muatan Air mempunyai nilai lebih besar daripada muatan Pasir. Untuk gerakan *Rolling* pengaruh Gelombang juga sama, selain itu juga terdapat pengaruh beban dari muatan semakin tinggi H muatan semakin kecil nilai *Rolling*, dan pengaruh jenis muatan disini jenis muatan air memiliki nilai *Rolling* paling besar.

Perbedaan pengujian olah gerak Computational Fluid Dynamic (CFD) dan *Towing Tank* memiliki perbedaan yang hampir sama pada hasil olah gerak *Pitching* dan *Heaving*, dimana

masing-masing rata-rata perbedaannya adalah, untuk rata-rata persenan perbedaan hasil Olah Gerak *Heaving* ponton sebesar 36,544%, dan untuk nilai *Pitching* sebesar 31.72673 %. Namun untuk hasil nilai Olah Gerak *Rolling*, pada pengujian Towing Tank dan CFD memiliki perbedaan yang significant dimana persenan rata-rata perbandingan mencapai 99%, tetapi secara karakteristik grafik dari hasil 2 pengujian tersebut memiliki kecenderungan yang sama, dimana pada pengujian dengan sarat muatan 0,5 H dengan inputan Voltase Gelombang yang sama, nilai *Rolling* mengalami penurunan nilai Olah Gerak. Hal ini disebabkan karena perbedaan kondisi pada percobaan lapangan dan percobaan menggunakan software Analisa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Gelombang, S. Bandulan, Y. B. Mustofa, and I. S. Arief, "Analisa Gerakan Ponton Model Tripod untuk," *Jurnal Teknologi Kelautan ITS* vol. 1, pp. 203–206, 2012.
- [2] E. sasmito Hadi, M. Iqbal, A. Wibawa, and Karnoto, "Experimental Measurement of Floating Structure Motion Response Based on the Low-Cost Microcontroller in Towing Tank," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)* vol. 9, no. 10, pp. 614–624, 2018.
- [3] B. W. Hidayat. "Analisa Perubahan Olah Gerak Ponton Akibat Pengaruh Beban Menggunakan Microcontroller Berbasis Wireless" Laporan TA, Dept T. Perkapalan 2018.
- [4] Moonesun, M. Javadi, M. Charmdooz, Pejman. "Evaluation of submarine model test in Towing Tank and comparison with CFD and experimental formulas for fully submerged resistance" *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 42(8):1049-1056 · December 2013
- [5] P. Manik, "Analisa Gerakan Seakeeping Kapal Pada Gelombang Reguler," *Kapal*, vol. 4, no. Vol 4, No 1 (2007): *Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan*, pp. 1–10, 2007.
- [6] Bhattacharya, R. *Dynamics Of Marine Vehicles*. New York: John Wiley & Sons, 1978
- [7] M. Iqbal , & G. Rindo. Pengaruh Anti-Slamming Bulbous Bow Terhadap Gerakan Slamming Pada Kapal Perintis 200 Dwt. *Jurnal Teknik Perkapalan Undip*, 13(1).2016. <https://doi.org/10.12777/kpl.13.1.45-54>
- [8] *Journal of Wildlife Management*, vol. 50, no. 1, pp. 157–165, 1986.
- [9] Alobaid, F. *Computational fluid dynamics. Springer Tracts in Mechanical Engineering*. 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76234-0_3
- [10] Figs A.S. *What is Ansys*. . 2018 [ONLINE] Available at: <http://www.figs.com.tr/english/ansys/ansys.php>. [Accessed 05 Maret 2019]