



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Studi Pengaruh Bentuk Rumah Propeller Pada Buritan Kapal Tradisional Belimbing Dengan Metode CFD

Widya Rahman Fitriadi<sup>1)</sup>, Parlindungan Manik<sup>1)</sup>, Andi Trimulyono<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email : [widyarahman@yahoo.com](mailto:widyarahman@yahoo.com)

### Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan dan sebagian besar penduduk Indonesia berprofesi sebagai nelayan, masing – masing daerah mempunyai ciri khas kapal ikan, salah satunya kapal ikan didaerah Tuban Jawa Timur. Dalam operasinya di laut, kapal harus memiliki nilai ekonomis. Mengacu pada aliran fluida yang terjadi, perhitungan nilai hambatan total saat kapal beroperasi menjadi penting karena berpengaruh terhadap aliran fluida yang ditimbulkan serta besarnya kecepatan kapal. Oleh karena itu tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk membandingkan antara kapal yang menggunakan kemudi manual dengan kapal yang menggunakan sepatu kemudi untuk mencari nilai hambatan total serta aliran dan tekanan kapal yang bertujuan untuk mencari performa terbaik kapal. Analisa kapal menggunakan *software Computational Fluid Dynamic* dan untuk pemodelan kapal menggunakan *Software Rhinoceros*. Berdasarkan hasil analisa perhitungan *CFD* nilai hambatan total pada kecepatan asli yaitu pada  $F_n$  0.339 kapal tanpa sepatu kemudi memiliki nilai hambatan total sebesar 17.39 KN. Sedangkan nilai hambatan total pada kapal dengan sepatu kemudi sebesar 19.57 KN. Untuk besarnya aliran dan tekanan pada poros 0.05 m kapal tanpa sepatu kemudi sebesar 1.78 m/s dan 1661.9 Pa sedangkan model sepatu kemudi 1.58 m/s dan 1859.0 Pa. Aliran dan tekanan pada poros 0.3 m kapal tanpa sepatu kemudi sebesar 1.88 m/s dan 1743.4 Pa sedangkan model sepatu kemudi 1.74 m/s dan 1864.3 Pa.

Kata kunci : Perbandingan, Lambung, Aliran, Tekanan, Hambatan Total, *Froude number*, *CFD*, Kapal Ikan

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Pada saat ini sebagian besar nelayan di Indonesia masih menggunakan kapal ikan tradisional, kapal tradisional ini beragam bentuknya hal ini dapat kita lihat hampir di tiap-tiap wilayah pesisir pantai Indonesia memiliki bentuk desain kapal yang berbeda. Besarnya hambatan kapal berpengaruh besar terhadap pencapaian efisiensi yang optimum baik dalam ekonomis maupun *performance*. Nilai ekonomis dan *performance* akan mempengaruhi biaya operasional kapal. Karena pada dasarnya, ketika kapal beroperasi pada kecepatan tertentu, lambung kapal yang bergerak akan menghasilkan aliran fluida. Aliran fluida ini akan mengalir menuju buritan dan membentuk arus. Gesekan antara

lambung kapal dan fluida inilah yang menghasilkan hambatan kapal. Sehingga perhitungan nilai hambatan total kapal saat kapal beroperasi menjadi penting karena berpengaruh terhadap kecepatan aliran fluida yang terjadi, serta besarnya kecepatan kapal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya hambatan total, dan kecepatan fluida yang dihasilkan setelah kapal mengalami variasi pada buritan kapal dengan penambahan bentuk rumah propeller. Serta menganalisa besarnya kecepatan aliran fluida menggunakan metode *CFD (Computational Fluid Dynamic)*.

## 1.2. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan model kapal Belimbing untuk dianalisa.
2. Mendapatkan hasil variasi bentuk rumah propeller pada buritan kapal tradisional Belimbing.
3. Dapat mengetahui perbandingan hasil analisa kapal Belimbing tanpa rumah propeller dengan variasi menggunakan rumah propeller.
4. Mendapatkan hasil analisa hambatan total, kecepatan aliran, dan tekanan

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Hukum Bernoulli dan Perubahan Kecepatan

Hukum Bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran fluida (zat cair dan gas) bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran zat cair atau gas, akan mengakibatkan penurunan tekanan pada zat cair atau gas tersebut. Artinya, akan terdapat penurunan energi potensial pada aliran fluida tersebut. Adapun berkaitan dengan hukum Bernoulli, suatu fluida dikatakan mempunyai peningkatan kecepatan, jika fluida tersebut mengalir dari suatu bagian dengan tekanan tinggi menuju bagian lainnya yang bertekanan rendah. Sedangkan suatu fluida dikatakan mempunyai penurunan kecepatan, jika fluida tersebut mengalir dari suatu bagian bertekanan rendah, menuju bagian lain bertekanan tinggi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Pengumpulan Data

Data ukuran utama kapal tanpa sepatu kemudi dan kapal dengan sepatu kemud :

Length	(m)	: 15,00
Breadth	(m)	: 6,90
Depth	(m)	: 3,60
Draft	(m)	: 2,40
Speed	(knots)	: 8
Froude Number	(Fn)	: 0,339
Wetted Surface Area		
<u>Kapal tanpa sepatu kemudi</u>	(m <sup>2</sup> )	: 139,42
<u>Wetted Surface Area</u>		
<u>Kapal dengan sepatu kemudi</u>	(m <sup>2</sup> )	: 138,72

### 3.2. Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk membandingkan pengaruh nilai hambatan total, tekanan dan kontur aliran fluida yang dihasilkan lambung serta aliran yang terjadi dibelakang buritan kapal, kapal tanpa sepatu kemudi dengan kapal sepatu kemudi dan variasi kecepatan yang disimulasikan.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut:

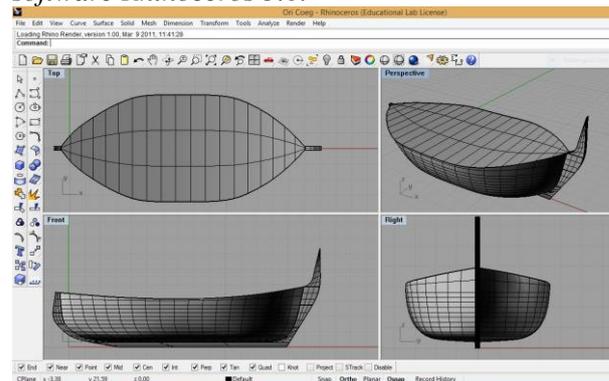
Tabel 3.1. Parameter Peubah

No	Parameter	Keterangan
1	Membuat linggi dibagian buritan	Sepatu Kemudi
2	Kecepatan	Kecepatan dengan 4 variasi <i>froude numbers</i>

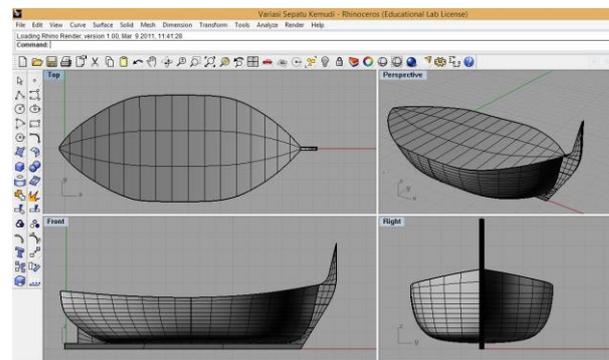
## 4. PERHITUNGAN DAN ANALISA

### 4.1. Pengolahan Data

Pemodelan badan kapal dengan bantuan *software Rhinoceros 5.0*.



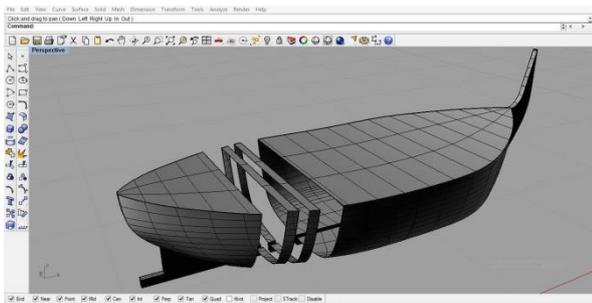
Gambar 4.1. Pemodelan kapal tanpa sepatu kemudi dengan *Rhinoceros 5.0*



Gambar 4.2. Pemodelan kapal sepatu kemudi dengan *Rhinoceros 5.0*

### 4.2. Simulasi (CFD) *Computational Fluid Dynamic*

Proses simulasi numerik pada *CFD* dimulai dari pembuatan model lambung kapal. Pemodelan dengan menggunakan program *Rhinoceros 5.0*, kemudian file tersebut diexport dalam bentuk file *.stp*. Model yang digunakan haruslah *solid*. Sebelum model menjadi *solid*, terlebih dahulu dibuat *surface* dari ratusan *curve* yang telah dibuat sebelumnya. Dari beberapa *surface* yang terbentuk barulah seluruhnya di-*joint* menjadi satu agar menjadi *solid*.



Gambar 4.3. Proses pembuatan model pada *Software Rhinoceros 5.0*

Setelah model selesai dibuat, pengerjaan dilanjutkan menggunakan simulasi numerik. *Software* simulasi numerik yang digunakan adalah ANSYS 14.0. Simulasi ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- a. *Geometry*
- b. *Mesh*
- c. *Setup*
- d. *Solution*
- e. *Result*

Tahap *geometry* adalah tahap pemodelan yaitu tahap penentuan model yang akan dianalisa. Pembuatan kolam *towing tank* dilakukan dengan menyesuaikan ukuran kapal. Panjang kolam *towing tank* 4 Lpp, di depan haluan 1 Lpp dan dibelakang buritan 2 lpp. Tinggi kolam *towing tank* 1 Lpp untuk fluida air dan 0,35 Lpp untuk fluida udara.

Penelitian ini pada tahap meshing menggunakan metode *CFX-mesh*, dengan statistik jumlah elemen *mesh* pada tiap-tiap model sebagai berikut.

Tabel 4.1. Statistik *mesh* model kapal Tanpa Sepatu Kemudi :

No	Nama	Jumlah
1	Nodes	365667
2	Tetrahedra	961124
3	Pyramids	8850
4	Prisms	355329
<b>Total elemen</b>		<b>1325303</b>

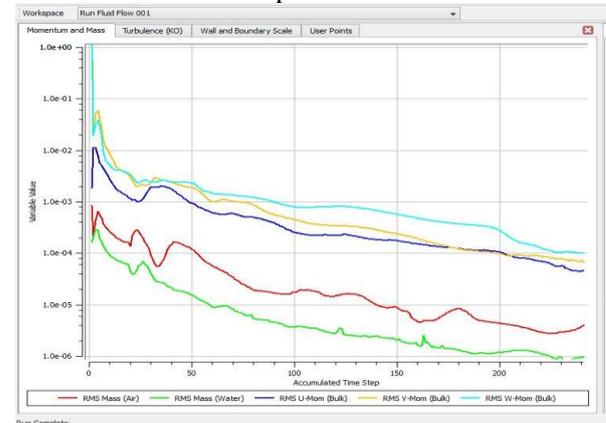
Tabel 4.2. Statistik *mesh* model kapal dengan Sepatu Kemudi :

No	Nama	Jumlah
1	Nodes	402677
2	Tetrahedra	931082
3	Pyramids	2708
4	Prisms	438586
<b>Total elemen</b>		<b>1372376</b>

Tahap *setup* adalah tahapan yang dilakukan setelah mesh berhasil dilakukan. Setup merupakan tahapan yang berisi tentang penentuan hal – hal yang berkaitan dengan simulasi. Tingkat error yang dipilih pada saat simulasi yaitu 0,0004. Angka tersebut dipilih karena semakin kecil

tingkat error, semakin bagus pula kualitas hasil simulasi yang didapat.

Setelah setup selesai di program, tahap selanjutnya adalah *solution*. Dalam tahap ini simulasi dilakukan dengan proses perhitungan (*running*) yang berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.



Grafik 4.1. Hasil *running*

Setelah proses *running* atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap *results*. Pada penelitian ini hasil yang diinginkan berupa nilai tekanan (*pressure*), hambatan kapal (*force*), dan visualisasi kecepatan aliran fluida pada *free surface* maupun *station* di belakang lambung kapal.

### 4.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* diambil dari tahap *results*. Data diambil dari menu *expressions* pada tahap *results*. Data yang diperlukan untuk menentukan hambatan kapal total adalah *Ct* atau koefisien hambatan total kapal model yang didapat dari *CFD*. Kemudian dari data koefisien tersebut kita olah sehingga kita mendapat nilai hambatan total kapal sebenarnya.

Tabel 4.3. Nilai *Ct*, *Cr*, *Cf*

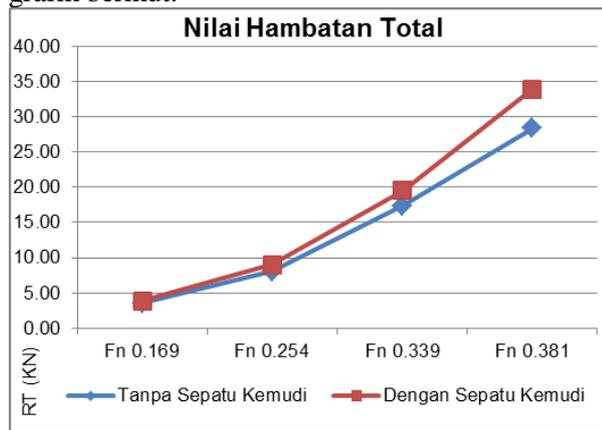
No	Model	Nilai Fn	<i>Ct</i>	<i>Cf</i>	<i>Cr</i>
1	Tanpa	0.169	0.0118	0.0043	0.0074
	Sepatu	0.254	0.0119	0.0039	0.0080
	Kemudi	0.339	0.0144	0.0035	0.0108
2		0.381	0.0185	0.0033	0.0152
	Dengan	0.169	0.0127	0.0044	0.0084
	Sepatu	0.254	0.0133	0.0039	0.0094
	Kemudi	0.339	0.0163	0.0036	0.0127
		0.381	0.0223	0.0035	0.0177

Rumus umum dari hambatan total kapal adalah:

$$RT = \frac{1}{2} \rho \cdot Ct \cdot S \cdot V^2$$

Dimana  $\rho$  : massa jenis air laut  
 $Ct$  : koefisien hambatan total  
 $S$  : *wetted surface area*  
 $V$  : kecepatan

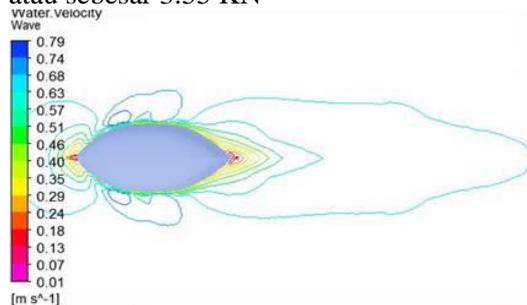
Dengan menggunakan rumus maka nilai hambatan total kapal skala 1:1 dapat dilihat pada grafik berikut.



Grafik 4.2. Nilai Hambatan Total

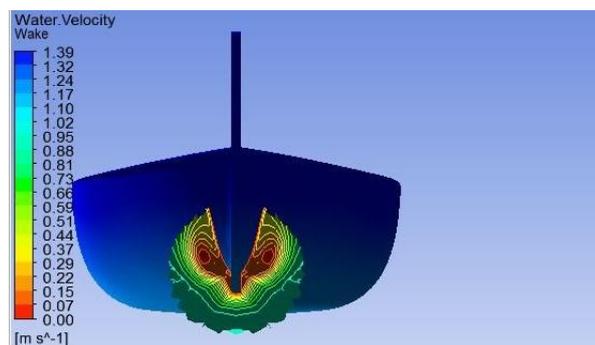
#### 4.4. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Tanpa Sepatu Kemudi Pada Fn 0.169

Perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.169 didapatkan nilai  $C_t$  yaitu 0.0117 atau sebesar 3.55 KN



Gambar 4.4. Pola gelombang *free surface* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fr 0.169 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 2.53 m/s



Gambar 4.5. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.169 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 4.38 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.4. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.169 panjang poros 0.05 m

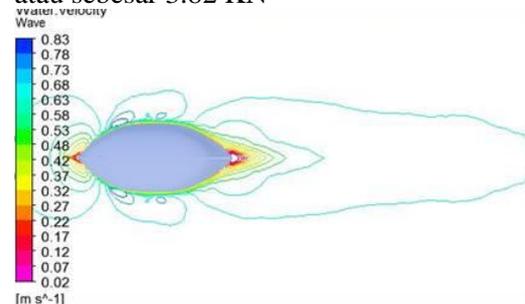
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	0	0	0.0311	1253.6
	0.035	0	0	0.1413	1252.2
	0.064	0	0	0.1492	1254.1
Propeller boss	0.022	0.2070	1789.5	1.4043	1804.5
	0.035	0.2189	1830.6	1.2645	1798.0
	0.064	0.2015	1815.8	0.8401	1789.0
-0.8 R	0.022	1.7837	2339.0	1.9103	2334.4
	0.035	1.7653	2337.1	1.9193	2332.5
	0.064	1.7131	2330.8	1.9529	2327.8

Tabel 4.5. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.169 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	0.3889	1286.3	0.1344	1256.3
	0.0107	0	0	0.0403	1254.8
	0.0397	0	0	0.1718	1251.7
Propeller boss	-0.0014	0.3533	1811.5	1.3030	1806.7
	0.0107	0.1528	1828.5	1.3736	1806.6
	0.0397	0.2597	1768.9	1.2026	1795.5
-0.8 R	-0.0014	1.8081	2339.8	1.9089	2336.9
	0.0107	1.7966	2339.9	1.9019	2335.9
	0.0397	1.7621	2336.3	1.9253	2331.8

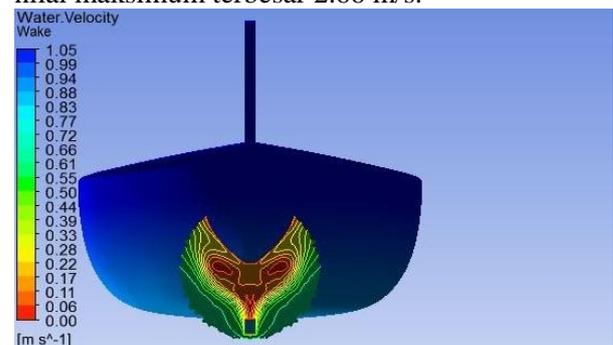
#### 4.5. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Dengan Sepatu Kemudi Pada Fn 0.169

Perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.169 didapatkan nilai  $C_t$  yaitu 0.0127 atau sebesar 3.82 KN



Gambar 4.6. Pola gelombang *Free surface* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.169 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 2.66 m/s.



Gambar 4.7. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.169 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 3.32 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.169 panjang poros 0.05 m

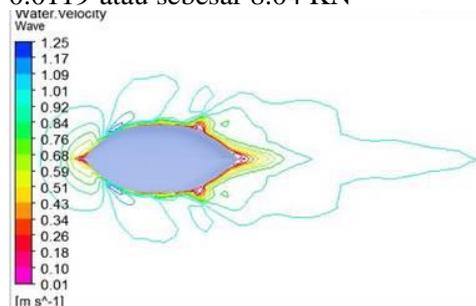
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	0.7479	1251.7	0.1790	1239.5
	0.035	0.6737	1250.9	0.1272	1237.9
	0.064	0.1964	1272.8	0.2145	1234.7
Propeller boss	0.022	0.4778	1797.5	1.1786	1790.3
	0.035	0.4372	1795.6	1.0764	1786.8
	0.064	0.2177	1795.9	0.7608	1775.7
-0.8 R	0.022	0.6766	2339.3	1.9268	2335.2
	0.035	0.5754	2337.2	1.9391	2332.4
	0.064	0.1935	2322.6	1.9717	2324.9

Tabel 4.7. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.169 panjang poros 0.03 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	0.8663	1250.4	0.3501	1241.5
	0.0107	0.8163	1251.6	0.2567	1240.8
	0.0397	0.6485	1250.4	0.1225	1237.5
Propeller boss	-0.0014	0.5271	1800.1	1.2214	1795.0
	0.0107	0.5026	1799.0	1.2246	1793.0
	0.0397	0.4089	1794.9	1.0450	1785.2
-0.8 R	-0.0014	0.8489	2339.7	1.9022	2338.9
	0.0107	0.7588	2340.7	1.9137	2337.1
	0.0397	0.5125	2335.9	1.9442	2331.2

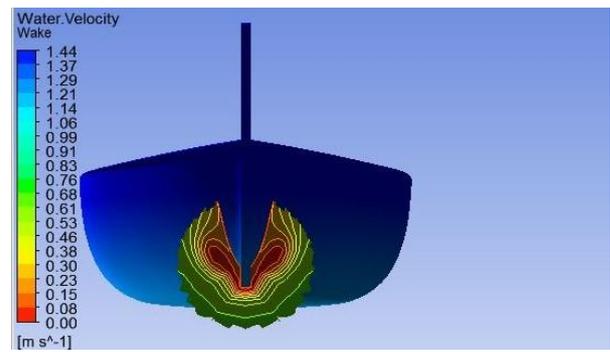
#### 4.6. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Tanpa Sepatu Kemudi Pada Fn 0.254

Pada perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.254 didapatkan nilai *Ct* yaitu 0.0119 atau sebesar 8.04 KN



Gambar 4.8. Pola gelombang *Free surface* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.254 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 3.93 m/s.



Gambar 4.9. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.254 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 4.56 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.254 panjang poros 0.05 m

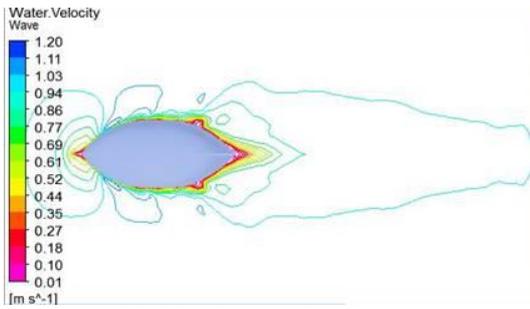
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	0	0	0.1896	1291.8
	0.035	0	0	0.2324	1288.8
	0.064	0	0	0.2175	1285.9
Propeller boss	0.022	0.2015	1833.0	2.2554	1844.8
	0.035	0.2275	1868.2	2.0663	1831.5
	0.064	0.2283	1838.3	1.5551	1813.0
-0.8 R	0.022	2.7150	2361.9	2.8478	2362.6
	0.035	2.6997	2355.3	2.8625	2357.3
	0.064	2.6347	2340.4	2.9117	2345.2

Tabel 4.9. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.254 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	0.5268	1335.3	0.2734	1299.9
	0.0107	0	0	0.1688	1294.6
	0.0397	0	0	0.2417	1287.4
Propeller boss	-0.0014	0.4398	1867.6	2.0932	1855.0
	0.0107	0.3008	1882.5	2.2063	1852.9
	0.0397	0.2179	1801.7	1.9854	1826.9
-0.8 R	-0.0014	2.7284	2370.6	2.8352	2370.2
	0.0107	2.7225	2366.9	2.8330	2367.2
	0.0397	2.6979	2352.9	2.8708	2355.3

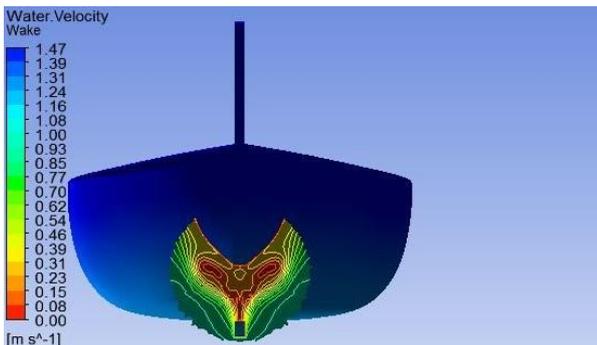
#### 4.7. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Dengan Sepatu Kemudi Pada Fn 0.254

Pada perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.254 didapatkan nilai *Ct* yaitu 0.0133 atau sebesar 8.95 KN



Gambar 4.10. Pola gelombang *Free surface* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.254 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 3.81 m/s.



Gambar 4.11. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.254 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 4.63 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.10. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.254 panjang poros 0.05 m

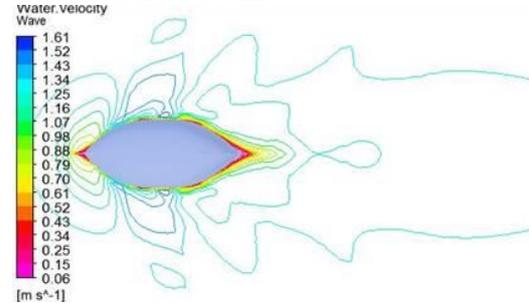
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	1.0046	1287.6	0.3219	1259.1
	0.035	0.9778	1288.2	0.2162	1257.0
	0.064	0.2823	1310.7	0.3913	1251.9
Propeller boss	0.022	0.6396	1839.8	1.9901	1829.8
	0.035	0.6440	1839.2	1.8728	1824.9
	0.064	0.5114	1840.7	1.5353	1800.5
-0.8 R	0.022	1.1489	2379.6	2.8395	2369.2
	0.035	0.9772	2379.2	2.8508	2364.9
	0.064	0.0279	2348.7	2.8888	2351.3

Tabel 4.11. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.254 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	1.0260	1283.0	0.5880	1262.3
	0.0107	1.0127	1285.5	0.4535	1261.2
	0.0397	0.9552	1287.8	0.2041	1256.5
Propeller boss	-0.0014	0.6034	1840.9	1.9632	1835.0
	0.0107	0.6163	1840.6	2.0158	1832.7
	0.0397	0.6309	1838.8	1.8803	1821.9
-0.8 R	-0.0014	1.4228	2371.7	2.8194	2374.4
	0.0107	1.2824	2378.8	2.8301	2371.9

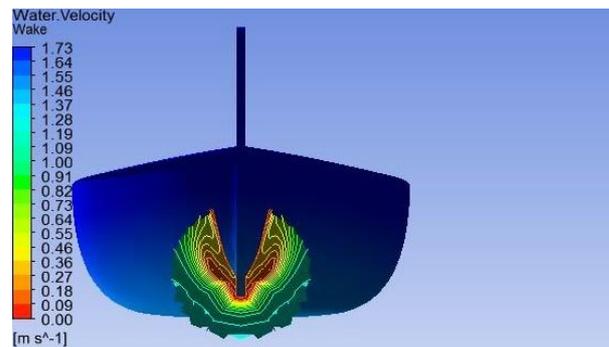
#### 4.8. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Tanpa Sepatu Kemudi Pada Fn 0.339

Perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.339 didapatkan nilai *Ct* yaitu 0.0144 atau sebesar 17.34 KN



Gambar 4.12. Pola gelombang *Free surface* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.339 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 5.13 m/s.



Gambar 4.13. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.339 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 5.52 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.12. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.339 panjang poros 0.05 m

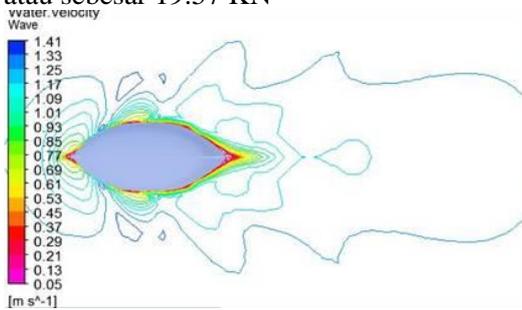
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	0	0	0.4582	1334.6
	0.035	0	0	0.4388	1331.0
	0.064	0	0	0.2889	1327.3
Propeller boss	0.022	0.4333	1904.8	3.0006	1917.6
	0.035	0.3174	1946.5	2.7644	1900.7
	0.064	0.3898	1922.9	2.1445	1880.5
-0.8 R	0.022	3.5431	2417.8	3.7573	2418.8
	0.035	3.5121	2412.9	3.7726	2412.3
	0.064	3.4208	2392.8	3.8300	2393.7

Tabel 4.13. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.339 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	0.9111	1381.7	0.4586	1340.7
	0.0107	0	0	0.4225	1335.5
	0.0397	0	0	0.4352	1328.9
Propeller boss	-0.0014	0.5819	1919.3	2.7962	1922.9
	0.0107	0.3714	1937.2	2.9299	1923.8
	0.0397	0.4181	1883.4	2.6576	1894.9
-0.8 R	-0.0014	3.5798	2421.4	3.7481	2426.4
	0.0107	3.5627	2420.6	3.7414	2424.0
	0.0397	3.5084	2410.3	3.7815	2409.5

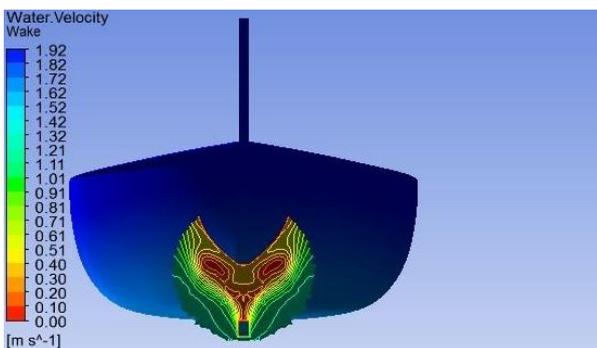
#### 4.9. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Dengan Sepatu Kemudi Pada Fn 0.339

Perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.339 didapatkan nilai *Ct* yaitu 0.0163 atau sebesar 19.57 KN



Gambar 4.14. Pola gelombang *Free surface* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.339 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 4.49 m/s



Gambar 4.15. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.339 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 6.12 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.14. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.339 panjang poros 0.05 m

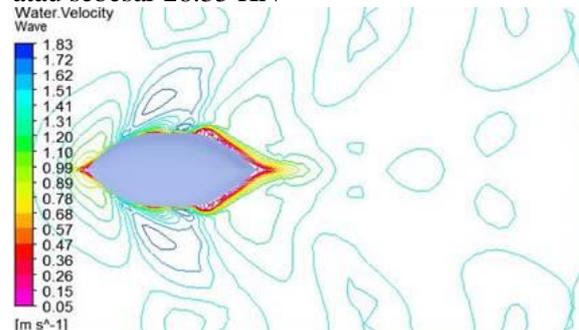
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	1.3035	1317.6	0.3529	1277.1
	0.035	1.4013	1317.4	0.2175	1272.3
	0.064	0.5483	1347.2	0.3075	1260.6
Propeller boss	0.022	0.7244	1885.4	2.6470	1873.1
	0.035	0.7730	1885.6	2.4999	1867.2
	0.064	0.8172	1901.0	2.1428	1828.5
-0.8 R	0.022	1.5790	2422.2	3.7863	2411.2
	0.035	1.3481	2423.9	3.7992	2404.7
	0.064	0.3540	2382.9	3.8416	2384.2

Tabel 4.15. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.339 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	1.1895	1318.6	0.7124	1284.8
	0.0107	1.2145	1318.0	0.5449	1281.9
	0.0397	1.4168	1317.1	0.2038	1270.7
Propeller boss	-0.0014	0.6810	1887.4	2.5751	1880.6
	0.0107	0.6920	1886.4	2.6589	1876.6
	0.0397	0.7906	1885.8	2.5433	1862.8
-0.8 R	-0.0014	1.9384	2407.1	3.7596	2419.9
	0.0107	1.7568	2419.2	3.7749	2415.5
	0.0397	1.2129	2422.8	3.8054	2401.7

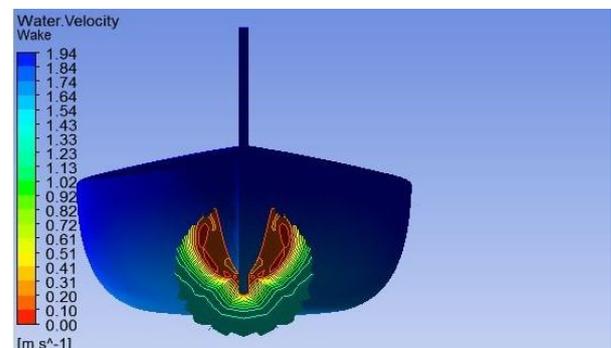
#### 4.10. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Tanpa Sepatu Kemudi Pada Fn 0.381

Perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.381 didapatkan nilai *Ct* yaitu 0.0185 atau sebesar 28.35 KN



Gambar 4.16. Pola gelombang *Free surface* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.381 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 5.80 m/s.



Gambar 4.17. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.381 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 6.15 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.16. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.381 panjang poros 0.05 m

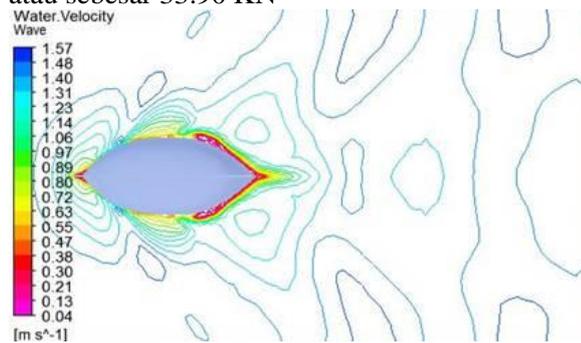
Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	0	0	0.4196	1371.2
	0.035	0	0	0.5030	1372.7
	0.064	0	0	0.4419	1377.5
Propeller boss	0.022	0.3592	1888.0	3.3543	1915.6
	0.035	0.5301	1920.5	3.0404	1897.1
	0.064	0.5079	1901.0	2.2636	1885.5
-0.8 R	0.022	4.0217	2403.0	4.1919	2426.5
	0.035	3.9951	2392.3	4.2073	2414.6
	0.064	3.8834	2470.6	4.2652	2493.2

Tabel 4.17. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal tanpa sepatu kemudi Fn 0.381 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	0.3330	1415.1	0.2357	1376.9
	0.0107	0	0	0.3210	1372.6
	0.0397	0	0	0.5548	1372.9
Propeller boss	-0.0014	0.0221	1943.4	3.1101	1940.5
	0.0107	0.0952	1947.1	3.2884	1936.9
	0.0397	0.4131	1850.2	2.9020	1890.2
-0.8 R	-0.0014	4.0447	2418.4	4.1761	2434.2
	0.0107	4.0351	2410.3	4.1749	2429.2
	0.0397	3.9908	2386.7	4.2163	2409.4

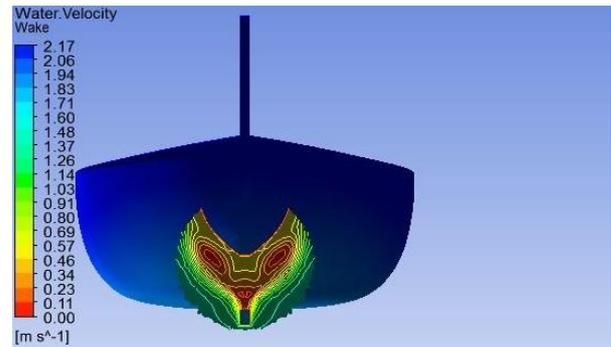
#### 4.11. Perhitungan Hambatan Total dan Hasil Simulasi Kapal Dengan Sepatu Kemudi Pada Fn 0.381

Perhitungan hambatan total pada *Froude number* 0.381 didapatkan nilai *Ct* yaitu 0.0222 atau sebesar 33.90 KN



Gambar 4.18. Pola gelombang *Free surface* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.381 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wave* nilai maksimum terbesar 4.97 m/s.



Gambar 4.19. Pola gelombang *Free surface* di bagian buritan pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.381 (Kecepatan Dinas)

Visualisasi pola gelombang pada *Free surface* dengan parameter *water velocity wake* nilai maksimum terbesar 6.88 m/s. Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi pada *station-station* di bagian buritan, maka dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.18. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.381 panjang poros 0.05 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	0.022	1.7651	1303.7	0.4050	1253.1
	0.035	1.9000	1299.2	0.4788	1249.0
	0.064	0.8549	1362.5	0.6427	1235.3
Propeller boss	0.022	1.2386	1892.8	1.9091	1854.2
	0.035	1.2329	1893.0	1.7669	1843.9
	0.064	1.0731	1936.8	1.3700	1801.9
-0.8 R	0.022	1.6423	2482.1	4.2856	2448.4
	0.035	0.9726	2477.7	4.3095	2438.5
	0.064	0.4079	2435.9	4.3707	2405.0

Tabel 4.19. *Water velocity* dan *pressure* pada kapal dengan sepatu kemudi Fn 0.381 panjang poros 0.3 m

Tinggi Sarat	Station	Pengukuran Melintang		Pengukuran Memanjang	
		Water V (m/s)	Pressure (Pa)	Water V (m/s)	Pressure (Pa)
+0.8 R	-0.0014	1.7581	1310.6	0.6006	1261.6
	0.0107	1.7713	1308.7	0.5340	1257.9
	0.0397	2.0521	1298.6	0.6179	1247.6
Propeller boss	-0.0014	1.2091	1895.6	1.8267	1870.4
	0.0107	1.2241	1893.9	1.9756	1862.9
	0.0397	1.2180	1894.1	1.7017	1839.2
-0.8 R	-0.0014	1.4429	2476.5	4.1168	2458.8
	0.0107	1.2859	2484.6	4.1547	2452.9
	0.0397	0.8833	2473.9	4.2172	2433.5

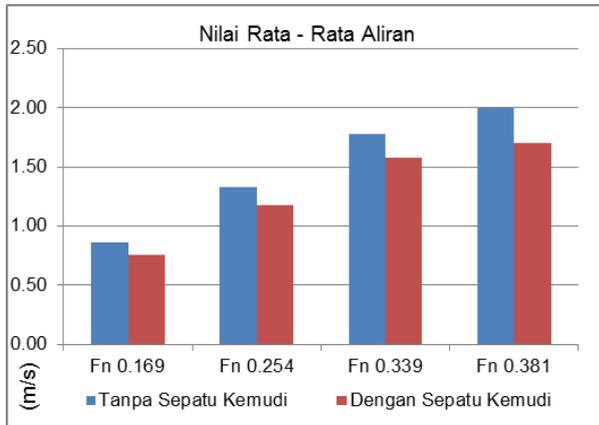
#### 4.12. Nilai Rata - Rata 4 Variasi *Froude numbers* Pada Kecepatan Aliran dan Tekanan di Belakang Buritan Kapal Tanpa Sepatu Kemudi dan Kapal Dengan Sepatu Kemudi Panjang Poros 0.05 m

Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi dibelakang buritan, maka dapat dilihat nilai rata – rata pada table berikut ini.

Tabel 4.20. Perbandingan nilai kecepatan aliran dan tekanan panjang poros 0.05 m

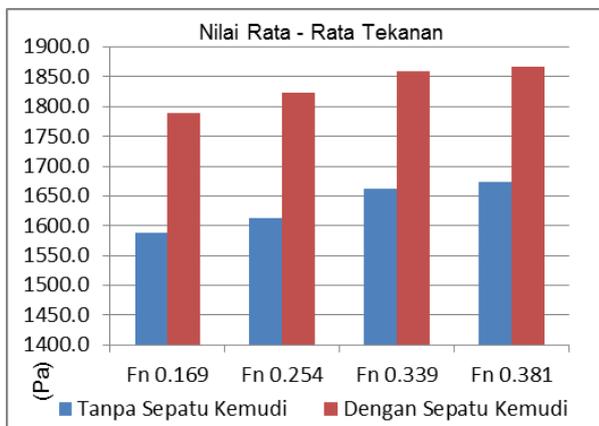
No	Model	Nilai Fn	W.Velocity(m/s)	Pressure(Pa)
1	Tanpa	0.169	0.8612	1588.3

	Sepatu	0.254	1.3247	1612.1
	Kemudi	0.339	1.7818	1661.9
2	Dengan	0.381	1.9991	1673.9
	Sepatu	0.169	0.7539	1790.0
	Kemudi	0.254	1.1734	1823.5
	Kemudi	0.339	1.5802	1859.0
	Kemudi	0.381	1.7014	1867.4



Grafik 4.3. Perbandingan nilai rata – rata kecepatan aliran model kapal tanpa sepatu kemudi dan kapal dengan sepatu kemudi panjang poros 0.05 m

Dapat dilihat dari grafik diatas perbandingan rata – rata nilai *water velocity* pada kecepatan asli yaitu pada fn 0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1.78 m/s sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1.58 m/s selisih persentase model kapal dengan sepatu kemudi turun 11.23 %



Grafik 4.4. Perbandingan nilai rata – rata tekanan model kapal tanpa sepatu kemudi dan kapal dengan sepatu kemudi panjang poros 0.05 m

Dapat dilihat dari grafik diatas perbandingan rata – rata nilai *pressure* pada kecepatan asli yaitu pada fn 0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1661.9 Pa sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1859.0 Pa selisih persentase model kapal tanpa sepatu kemudi turun 10.6 %

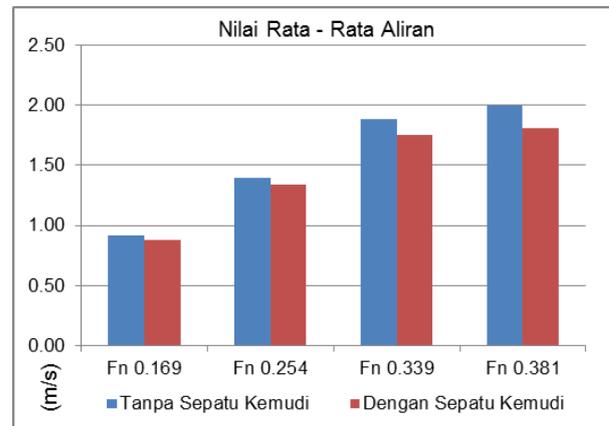
#### 4.13. Nilai Rata - Rata 4 Variasi Froude numbers Pada Kecepatan Aliran dan Tekanan di Belakang Buritan Kapal

#### Tanpa Sepatu Kemudi dan Kapal Dengan Sepatu Kemudi Panjang Poros 0.3 m

Untuk besarnya kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi dibelakang buritan, maka dapat dilihat nilai rata – rata pada table berikut ini.

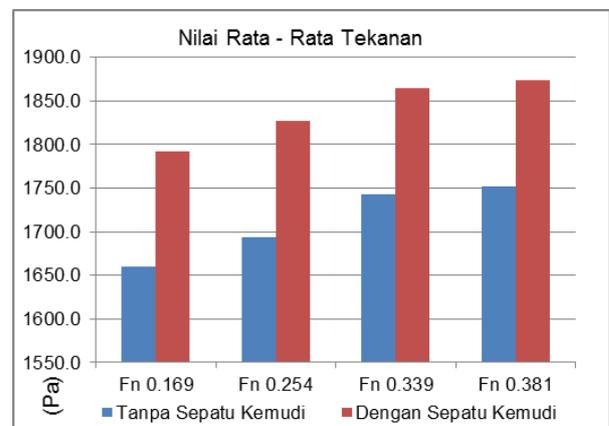
Tabel 4.21. Perbandingan nilai kecepatan aliran dan tekanan panjang poros 0.3 m

No	Model	Nilai Fn	W.Velocity(m/s)	Pressure(Pa)
1	Tanpa	0.169	0.9157	1660.4
	Sepatu	0.254	1.3968	1693.7
	Kemudi	0.339	1.8836	1743.4
	Kemudi	0.381	1.9952	1751.9
2	Dengan	0.169	0.8817	1792.4
	Sepatu	0.254	1.3353	1826.9
	Kemudi	0.339	1.7484	1864.3
	Kemudi	0.381	1.8106	1873.4



Grafik 4.5. Perbandingan nilai rata – rata kecepatan aliran model kapal tanpa sepatu kemudi dan kapal dengan sepatu kemudi panjang poros 0.3 m

Dapat dilihat dari grafik diatas perbandingan rata – rata nilai *water velocity* pada kecepatan asli yaitu pada fn 0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1.88 m/s sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1.74 m/s selisih persentase model kapal dengan sepatu kemudi turun 7.44 %



Grafik 4.6. Perbandingan nilai rata – rata tekanan model kapal tanpa sepatu kemudi dan kapal dengan sepatu kemudi panjang poros 0.3 m

Dapat dilihat dari grafik diatas perbandingan rata – rata nilai *pressure* pada

kecepatan asli yaitu pada  $Fn$  0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1743.4 Pa sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1864.3 Pa selisih persentase model kapal tanpa sepatu kemudi turun 6.48 %

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan CFD didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisa perhitungan CFD nilai hambatan total pada kecepatan asli yaitu pada  $Fn$  0.339 kapal tanpa sepatu kemudi memiliki nilai hambatan total sebesar 17.39 KN. Sedangkan nilai hambatan total pada kapal sepatu kemudi sebesar 19.57 KN
2. Kecepatan aliran fluida pada poros 0.05 m dan poros 0.3 m tiap rata – rata nilai variasi kecepatan memiliki kecepatan yang variatif. Kecepatan aliran fluida panjang poros 0.05 m pada kecepatan asli yaitu pada  $Fn$  0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1.78 m/s sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1.58 m/s selisih persentase model kapal dengan sepatu kemudi turun 11.23 %. Sedangkan kecepatan aliran fluida panjang poros 0.3 m pada kecepatan asli yaitu pada  $Fn$  0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1.88 m/s sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1.74 m/s selisih persentase model kapal dengan sepatu kemudi turun 7.44 %
3. Besarnya tekanan yang terjadi pada poros 0.05 m dan poros 0.3 m tiap-tiap variasi kecepatan memiliki nilai yang variatif. Besarnya tekanan pada panjang poros 0.05 m pada kecepatan asli yaitu pada  $Fn$  0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1661.9 Pa sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1859.0 Pa selisih persentase model kapal tanpa sepatu kemudi turun 10.6 %. Sedangkan besarnya tekanan pada panjang poros 0.3 m pada kecepatan asli yaitu pada  $Fn$  0.339 model tanpa sepatu kemudi sebesar 1743.4 Pa sedangkan model dengan sepatu kemudi sebesar 1864.3 Pa selisih persentase model kapal tanpa sepatu kemudi turun 6.48 %

### 5.2. Saran

Selanjutnya dari hasil penelitian ini penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Pembuatan *meshing* yang lebih *smooth* lagi. Semakin halus *meshing* otomatis semakin

banyak jumlah elemen *meshing* yang dibuat sehingga hasil simulasi yang dihasilkan lebih akurat.

2. Untuk pemodelan modifikasi sepatu kemudi pada penelitian ini adalah, linggi diperpanjang sehingga tidak merubah bentuk asli lambung bagian buritan. Namun penulis menyarankan modifikasi bentuk lambung bagian buritan yang bentuknya mendukung penambahan sepatu kemudi.
3. Penambahan sepatu kemudi dengan merubah bentuk lambung di bagian buritan dengan perubahan bentuk lambung yang sesuai, sehingga mendapatkan nilai hambatan, aliran dan tekanan yang lebih efisien serta sistem kemudi lebih kuat dibandingkan dengan kemudi gantung.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Hakim, W. M. 2013. Pengaruh Bentuk Profile Kemudi Terhadap Aliran Fluida Pada Kapal Ikan Tradisional KM. Surya Andalan Berbasis *CFD*. Semarang: Jurnal KAPAL- Vol. 9, No.1 Februari 2013
- [2] ITTC. 1957. International Towing Tank Conference. Recommended Procedures. Performance, Propulsion. *ITTC Performance Prediction Method*. 7.5-0.2-03-01.4
- [3] Lewis, E. V. (Editor), 1988. *Principles of Naval Architecture Second Revision*. Volume II. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 601 Pavonia Avenue, Jersey City, NJ
- [4] Munson, B. R., Young D.F., & Okiisi, T. H., 2003, *Mekanika Fluida Edisi Keempat*, Diterjemahkan oleh Harinaldi dan Budiarmo, Jakarta : Erlangga.
- [5] Samuel dan Manik, P. 2011. Analisa *Froude Number* Ekonomis Pada Kapal Wisata Di Waduk Jatiluhur Dengan Pendekatan *Computational Fluid Dynamic* (Studi Kasus KM. JASATIRTA). Semarang: Jurnal TEKNIK – Vol. 32 No.3 Tahun 2011
- [6] Wempi, W. 2011. Analisa Kinerja *Hull Form* Metode *FORMDATA* Kapal Ikan Tradisional 28 GT KM. Sido Sehati. Semarang: Jurnal KAPAL- Vol. 8, No.1, Februari 2011. Diakses dari <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/1703>. Pada 20 Februari 2015