

LEMBAR PERNYATAAN PLAGIARISME

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Ahmad Fadil Rahman

NIM : 2110313048

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH VARIASI POSISI**

**INTERCEPTOR UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGARUH
HAMBATAN PADA KATAMARAN**

Benar dan bebas plagiarisme dengan skor 7%. Apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Depok, 27 Januari 2026

Yang Menyatakan,

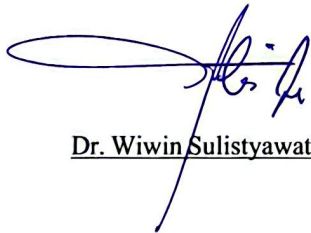
Penulis



Ahmad Fadil Rahman

Menyetujui,

Pembimbing I



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Pembimbing II



Purwo Joko Suranto, S.T., M.T.

ANALISIS VARIASI POSISI INTERCEPTOR UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGARUH HAMBATAN PADA KATAMARAN

by Ahmad Fadil Rahman

Submission date: 26-Jan-2026 03:26PM (UTC+0700)

Submission ID: 2864019378

File name: Ahmad_Fadil_Rahman_2026_buat_turnitin_-_Ahmad_Fadil_Rahman.docx (6.95M)

Word count: 9604

Character count: 63836



**ANALISIS VARIASI POSISI *INTERCEPTOR* UNTUK
MENGOPTIMALKAN PENGARUH HAMBATAN PADA
KATAMARAN**

SKRIPSI

Ahmad Fadil Rahman

2110313048

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



**ANALISIS VARIASI POSISI *INTERCEPTOR* UNTUK
MENGOPTIMALKAN PENGARUH HAMBATAN PADA
KATAMARAN**

**13
SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik**

**Ahmad Fadil Rahman
2110313048**

**8
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN
2026**

ABSTRAK

Katamaran merupakan jenis kapal multihull yang memiliki keunggulan stabilitas dan potensi hambatan yang lebih rendah dibandingkan monohull. Pada kapal berkecepatan tinggi, salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi hambatan adalah pemasangan interceptor di bagian buritan lambung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi posisi *interceptor* terhadap hambatan total katamaran menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Variasi posisi *interceptor* yang dianalisis meliputi tanpa *interceptor*, *full interceptor*, *partial near keel*, dan *partial near side*. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS *Fluent* pada variasi bilangan *Froude number* 0,6; 0,8; 1,0; 1,2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa hambatan total meningkat seiring dengan bertambahnya bilangan *Froude*. Penggunaan *full interceptor* memberikan nilai hambatan total paling rendah dengan nilai hambatan 13,9 N dibandingkan variasi lainnya, meskipun perbedaannya relatif kecil dengan penurunan nilai hambatan sekitar 1,03%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *full interceptor* merupakan konfigurasi yang paling optimum dalam mengurangi hambatan total katamaran pada kondisi penelitian ini.

Kata kunci: katamaran, *interceptor*, hambatan total, CFD, bilangan *Froude*.

ANALYSIS OF INTERCEPTOR POSITION VARIATIONS TO OPTIMIZE THE EFFECT OF RESISTANCE ON A CATAMARAN

Ahmad Fadil Rahman

ABSTRACT

Catamarans are multihull vessels that offer superior stability and lower resistance potential compared to monohull ships. For high-speed vessels, one method commonly used to reduce hydrodynamic resistance is the installation of an interceptor at the stern. This study aims to analyze the effect of interceptor position variations on the total resistance of a catamaran using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method. The interceptor configurations investigated include no interceptor, full interceptor, partial near keel, and partial near side. Simulations were conducted using ANSYS Fluent with variations of Froude numbers 0,6; 0,8; 1,0; 1,2. The results indicate that total resistance increases with increasing Froude number. Among the configurations studied, The use of a full interceptor provides the lowest total resistance value with a resistance value of 13.9 N compared to other variations, although the difference is relatively small with a decrease in the resistance value of around 1,03%. Therefore, it can be concluded that the full interceptor is the most optimal configuration for reducing the total resistance of a catamaran under the conditions examined in this study.

Keywords: catamaran, interceptor, total resistance, CFD, Froude number.

² BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri maritim terus berkembang pesat seiring dengan peningkatan kebutuhan akan transportasi laut yang efisien dan handal. Dalam konteks ini, desain kapal yang inovatif dan optimal menjadi krusial untuk memenuhi tuntutan pasar yang semakin kompleks. Salah satu aspek penting dalam desain kapal adalah performa hidrodinamika, yang secara langsung memengaruhi kecepatan, efisiensi bahan bakar, dan kemampuan manuver kapal. Dengan mengubah model lambung *monohull* menjadi *multihull*, hal tersebut meminimalisir hambatan total pada kapal serta stabilitas yang lebih baik. Pada kapal *multihull*, bentuk, posisi, dan perpindahan samping lambung sangat penting untuk mencapai karakteristik pelayaran (*seakeeping*), resistansi gesek, dan hambatan yang diharapkan. Secara umum, resistansi gelombang dan interferensi menggambarkan distribusi energi gelombang kapal pada berbagai sudut gelombang. (Sulistyawati et al., 2020) Katamaran menawarkan stabilitas yang baik dan hambatan yang relatif rendah dibandingkan dengan desain lambung tunggal (*monohull*) (Faltinsen, 2005). Namun, performa katamaran sangat dipengaruhi oleh jarak antara kedua lambung (*clearance*). Jarak yang optimal dapat mengurangi interferensi gelombang dan hambatan total, sehingga meningkatkan efisiensi kapal.

Kapal berkecepatan tinggi (*high-speed vessels*/HSV) memegang peranan penting dalam berbagai aplikasi, termasuk transportasi penumpang, pengawasan maritim, dan operasi militer. Tantangan utama dalam mendesain HSV adalah mengurangi hambatan (*drag*) dan meningkatkan gaya angkat (*lift*) untuk mencapai kecepatan yang optimal dengan konsumsi energi yang minimal. Berbagai metode telah dieksplorasi untuk mengatasi tantangan ini, salah satunya adalah dengan memanfaatkan *interceptor*. *Interceptor* adalah suatu alat berupa bilah atau pelat kecil yang dipasang di bagian belakang bawah kapal (*transom*) untuk memodifikasi aliran air dan menghasilkan gaya hidrodinamika yang menguntungkan. *Interceptor* bekerja dengan meningkatkan tekanan di bagian belakang lambung kapal, sehingga

mengurangi sudut trim dan meningkatkan efisiensi propulsi (Lee et al., 2011). Penelitian tentang *interceptor* pada HSV telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan performa kapal. Variasi pada posisi dan sudut serang (*angle of attack/AoA*) *interceptor* dapat memengaruhi distribusi tekanan, gaya angkat, dan hambatan kapal. Penyesuaian pada sudut serang (*angle of attack / AoA*) *interceptor* juga dapat secara signifikan memengaruhi efektivitasnya, dengan AoA negatif umumnya lebih menguntungkan. (Putra & Suzuki, 2024)

Dalam penelitian ini, penulis menganalisis pengaruh *interceptor* pada desain lambung katamaran untuk pengaruh performa kapal, khususnya stabilitas kapal dengan variasi *interceptor* yang digunakan di seluruh lambung (*full interceptor*), dekat dengan *keel* (*partial near keel*), dan di sisi lambung (*partial near side*). Dengan memahami perbedaan dari variasi yang digunakan diharapkan dapat mengetahui penggunaan *interceptor* paling optimal digunakan dibagian lambung kapal untuk meningkatkan performa kapal katamaran. Proses analisis ini menggunakan *software* agar memudahkan dalam memvariasikan *interceptor* pada bagian lambung kapal.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana memodelkan lambung sesuai dengan model penelitian terdahulu W.Sulistiyawati (2019)
2. Bagaimana memodifikasi lambung utama pentamaran menjadi katamaran dengan ukuran yang sama
3. Bagaimana melakukan variasi posisi *interceptor*: *Full Interceptor*, *Partial Near Keel*, *Partial Near Side*, Tanpa *Interceptor* pada katamaran?
4. Bagaimana melakukan analisa pengaruh variasi posisi *interceptor* terhadap hambatan pada katamaran?
5. Bagaimana mengidentifikasi hasil yang paling optimal dalam penempatan variasi posisi *interceptor* pada katamaran?
6. Bagaimana perbandingan pengaruh terhadap hambatan pada katamaran dengan *interceptor* dan tanpa *interceptor*?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini memodelkan katamaran dengan menggunakan *software maxsurf*.

2. Simulasi menggunakan CFD dengan *software* ANSYS *Fluent*.
3. Analisa hanya dilakukan pada hambatan total katamaran terhadap variasi posisi *interceptor*.
4. Tidak membahas tentang pengaruh olah Gerak kapal.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Memodelkan lambung sesuai dengan model penelitian terdahulu W.Sulistiyawati (2019).
2. memodifikasi lambung utama pentamaran menjadi katamaran dengan ukuran yang sama.
3. Melakukan variasi posisi *interceptor*: *Full Interceptor*, *Partial Near Keel*, *Partial Near Side*, Tanpa *Interceptor* pada katamaran.
4. Melakukan analisa pengaruh variasi posisi *interceptor* terhadap hambatan pada katamaran.
5. Mengidentifikasi hasil yang paling optimal dalam penempatan variasi posisi *interceptor* pada katamaran.
6. Perbandingan pengaruh terhadap hambatan pada katamaran dengan *interceptor* dan tanpa *interceptor*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh variasi posisi *interceptor* terhadap hambatan pada katamaran. Mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Putra & Suzuki (2024), yang menunjukkan bahwa penempatan *interceptor* dekat lunas dengan penyesuaian sudut serang yang tepat dapat mengurangi hambatan secara signifikan pada kapal *monohull*, penelitian ini akan menguji berbagai posisi *interceptor* pada lambung katamaran untuk mengidentifikasi konfigurasi yang paling efektif dalam mengurangi hambatan total. Penelitian ini akan mempertimbangkan geometri lambung katamaran, interaksi antar lambung, dan pengaruh terhadap stabilitas kapal. Metode penelitian akan mencakup kombinasi simulasi CFD untuk memvalidasi hasil.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan awal dan perhitungan awal yang menjadi dasar penelitian.

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan alur penelitian atau prosedur analisis agar penulis dapat mengerjakan secara tersusun dan sistematis.

BAB 4 : ²² HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang proses analisis data kemudian pengolahan data dengan menggunakan suatu metode hingga mendapatkan hasil akhir data.

BAB 5 : SIMPULAN

²³ Bab ini berisi tentang kesimpulan dari analisis yang dilakukan dan saran untuk penyempurnaan penelitian.

¹¹ BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

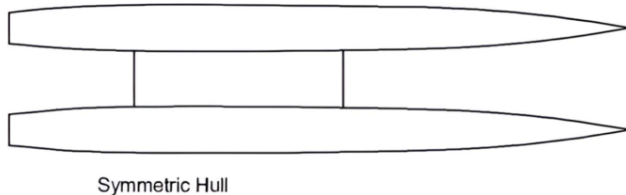
2.1 Multihull

Multihull adalah jenis kapal yang memiliki lebih dari satu lambung, yang dirancang untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi hidrodinamika (Molland et al., 2017). Kapal ini diklasifikasikan berdasarkan jumlah lambungnya, seperti katamaran dengan dua lambung, trimaran dengan tiga lambung, dan pentamaran yang memiliki lima lambung. Salah satu keunggulan utama kapal *multihull* adalah hambatan yang lebih rendah dibandingkan dengan kapal *monohull*, yang membuatnya lebih stabil terhadap gerakan olengan serta memberikan kenyamanan lebih bagi penumpang (Faltinsen, 2005). Selain itu, desain lambung yang ramping membantu mengurangi hambatan gelombang, sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar dan memungkinkan kecepatan operasional yang lebih tinggi (Papanikolaou, 2014).

Katamaran adalah jenis kapal *multihull* yang terdiri dari dua lambung paralel yang terhubung oleh struktur penghubung. Desain ini memberikan beberapa keuntungan dibandingkan kapal *monohull*, termasuk stabilitas yang lebih baik, draft yang lebih dangkal, dan potensi kecepatan yang lebih tinggi (Marchaj, 2003). Katamaran banyak digunakan sebagai kapal penumpang, kapal pesiar, kapal riset, dan platform lepas pantai (Fossen, 2011). Katamaran juga menawarkan ruang geladak yang lebih luas dibandingkan dengan kapal *monohull* dengan ukuran serupa. Hal ini menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi, seperti kapal penumpang, feri cepat, kapal wisata, hingga kapal penelitian. Stabilitas lateral yang tinggi membuat katamaran cocok untuk operasi di laut lepas dengan kondisi gelombang yang menantang (Hadi et al., 2012). Namun demikian, tantangan dalam pengembangan katamaran mencakup biaya produksi yang lebih tinggi akibat desain dua lambungnya yang kompleks serta kebutuhan teknologi konstruksi yang lebih maju. Selain itu, manuverabilitas katamaran dapat terpengaruh oleh penyebaran lambungnya yang lebih lebar, terutama di perairan sempit (Renilson, 2018). Dengan perkembangan teknologi modern dan meningkatnya permintaan akan kapal dengan

performa tinggi, katamaran memiliki potensi besar untuk terus berkembang sebagai solusi inovatif di industri maritim (Papanikolaou, 2014).

Susunan katamaran dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu simetris dan asimetris. Dalam penelitian ini, tipe lambung katamaran yang dipilih adalah yang simetris seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Simetris katamaran

2.2 Hambatan Pada Kapal

Hambatan kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal akibat interaksi antara kapal dan fluida, yang menghalangi pergerakan kapal. Saat kapal bergerak, gelombang dan jejaknya terlihat. Kekuatan gelombang dan eksitasi ini terdiri dari beberapa komponen, termasuk *drag* dan hambatan gelombang (M. Novan H.A, 2011).

Drag merupakan selisih antara resistansi total dan resistansi gelombang, dengan asumsi bahwa kekasaran permukaan berpengaruh signifikan terhadap resistansi gelombang. Resistansi yang membentuk *drag* terbagi menjadi dua kategori yaitu, resistansi gesekan dan resistansi tekanan viskos. Bilangan *Froude Number* (*Fr*), yang dikembangkan oleh William Froude pada tahun 1868, digunakan sebagai acuan untuk menentukan kecepatan dalam perhitungan hambatan kapal.

Persamaan bilangan *Froude* adalah:

$$Fr = V \sqrt{gL} \quad (1)$$

Dimana *V* adalah kecepatan kapal, *g* adalah percepatan gravitasi dan *L* adalah panjang kapal. Untuk kapal dengan kecepatan lebih tinggi, *Froude Number* *Volume Displacement* (*FrV*) sering digunakan. Pada saat mengukur *drag* kapal

(R_T), koefisien *drag* total (C_T) kapal digunakan sebagai estimasi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho V^2 S} \quad (2)$$

Dimana R_T adalah hambatan total kapal, ρ adalah densitas air dan S adalah permukaan basah kapal.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Insel dan Molland (1992), hambatan pada katamaran meningkat akibat adanya gangguan gelombang yang terjadi di antara kedua lambung kapal. Hal ini membuat katamaran memerlukan pendekatan khusus untuk menghitung komponen resistansinya. Metode yang dikembangkan oleh Insel dan Molland (1992) mempertimbangkan dampak gangguan yang disebabkan oleh interaksi gelombang antar lambung, termasuk pengaruh *half-shell* terhadap nilai hambatan gelombang.

2.3 *Interceptor*

Interceptor adalah alat kontrol trim yang dipasang di bagian buritan lambung kapal, biasanya berbentuk pelat kecil yang dapat diturunkan ke dalam air. Prinsip kerja *interceptor* adalah menciptakan tekanan positif di bagian buritan lambung, yang menghasilkan gaya angkat ke atas dan mengubah *trim* kapal (terutama *running trim*). Gaya angkat ini mengurangi sudut *attack* lambung terhadap air, sehingga mengurangi hambatan tekanan dan hambatan gelombang (Lee et al., 2011). *Interceptor* bekerja dengan meningkatkan tekanan di bagian belakang lambung kapal, sehingga mengurangi sudut trim dan meningkatkan efisiensi propulsi. Penggunaan *interceptor* banyak diterapkan pada kapal cepat untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi bahan bakar.

Penelitian terbaru oleh Putra & Suzuki (2024) menunjukkan bahwa penempatan *interceptor* dapat secara signifikan mengurangi hambatan hidrodinamik kapal cepat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan simulasi numerik dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Gaya angkat yang dihasilkan oleh *interceptor* lebih besar dibandingkan lambung kapal tanpa *interceptor*, meskipun peningkatan ini tidak sepenuhnya linear dengan posisi pemasangannya (Putra & Suzuki, 2024).



Gambar 2. 2 Variasi Posisi Interceptor

Penggunaan posisi *interceptor* pada lambung katamaran sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.2, memiliki potensi untuk memberikan manfaat yang signifikan dalam mengurangi hambatan dan meningkatkan kinerja. Namun, interaksi antara *interceptor* dan lambung katamaran lebih kompleks dibandingkan dengan kapal *monohull*, karena adanya interaksi hidrodinamik antara kedua lambung.

Interceptor dapat memengaruhi hambatan gelombang pada katamaran dengan mengubah pola interferensi gelombang antara kedua lambung. Dengan menyesuaikan posisi *interceptor*, dimungkinkan untuk mengurangi amplitudo gelombang yang dihasilkan oleh kapal, sehingga mengurangi hambatan gelombang total.

Selain mengurangi hambatan, *interceptor* juga dapat memengaruhi stabilitas dan olah gerak katamaran. Perubahan *trim* yang dihasilkan oleh *interceptor* dapat memengaruhi titik berat kapal dan karakteristik *righting moment*. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan pengaruh *interceptor* terhadap stabilitas dan olah gerak kapal dalam desain dan pengoperasian.

2.4 Pengaruh Jarak Antar Lambung (*Clearance*)

Penelitian ini secara khusus menyelidiki pengaruh variasi jarak antara kedua lambung katamaran terhadap hambatan total. Jarak antar lambung ini disebut sebagai *clearance*.

Clearance (S/L) yang dimana S adalah jarak antara garis tengah kedua lambung, dan L adalah panjang lambung. Rasio S/L digunakan untuk menormalisasi jarak antar lambung terhadap ukuran lambung. Konfigurasi *clearance* yang optimal dapat menyebabkan interferensi gelombang dan hambatan yang dihasilkan menjadi kecil (Yanuar et al., 2019)

2.4 Froude Number

Froude number (Fr) digunakan sebagai parameter utama untuk merepresentasikan kecepatan katamaran karena bilangan ini mengontrol pembentukan gelombang dan hambatan gelombang yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi (Carlton, 2019). Variasi Froude number yang digunakan, yaitu $Fr = 0,6$; $0,8$; $1,0$; dan $1,2$, dipilih untuk merepresentasikan kondisi kecepatan menengah hingga tinggi, di mana fenomena gelombang dan interferensi gelombang antar demihull sudah terbentuk secara jelas. Pada nilai *Froude number* yang lebih rendah dari rentang tersebut, pembentukan gelombang relatif kecil dan pola aliran permukaan bebas belum berkembang secara signifikan, sehingga pengaruh variasi posisi interceptor terhadap hambatan total sulit diamati secara visual maupun kuantitatif. Penggunaan *Froude number*, dibandingkan dengan kecepatan absolut dalam satuan m/s, memungkinkan analisis dilakukan secara non-dimensi sehingga hasil simulasi tidak bergantung pada skala ukuran kapal dan dapat dibandingkan secara langsung dengan data eksperimen serta literatur hidrodinamika kapal (Larsson & Raven, 2010; Molland et al., 2017). Oleh karena itu, *Froude number* digunakan sebagai parameter kecepatan yang lebih representatif untuk mengevaluasi karakteristik hidrodinamika dan hambatan total katamaran dalam penelitian ini.

2.5 ANSYS Fluent

ANSYS Fluent adalah perangkat lunak simulasi dinamika fluida komputasional (CFD) yang terkemuka di industri, digunakan untuk menganalisis berbagai fenomena aliran fluida dan transfer panas. Dengan kemampuan pemodelan yang canggih dan akurasi tinggi, *ANSYS Fluent* memungkinkan pengguna untuk melakukan simulasi yang kompleks dan menghasilkan data yang dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi teknik.

Proses Penggunaan *ANSYS Fluent*:

1. Pembuatan Geometri:

Pengguna dapat membuat geometri model menggunakan *ANSYS Design Modeler* atau perangkat lunak CAD lainnya sebelum mengimpornya ke dalam *ANSYS Fluent* untuk analisis lebih lanjut.

2. Pembuatan *Mesh*:

Setelah geometri dibuat, langkah berikutnya adalah membuat mesh yang sesuai. *Mesh yang baik* sangat penting untuk mendapatkan hasil simulasi yang akurat.

3. Pengaturan Model:

Pengguna harus memilih model aliran (*steady* atau *transient*), menentukan sifat material, serta menetapkan kondisi batas dan parameter kontrol solusi.

4. Inisialisasi Simulasi:

Sebelum melakukan perhitungan, pengguna perlu menginisialisasi kondisi awal dari simulasi untuk memastikan bahwa solusi akan konvergen.

5. Perhitungan dan Iterasi:

Proses perhitungan dilakukan dengan iterasi hingga mencapai konvergensi, di mana hasil stabil dicapai.

6. Analisis Hasil:

Setelah perhitungan selesai, pengguna dapat memvisualisasikan hasil menggunakan berbagai alat analisis dan plot yang tersedia dalam *ANSYS Fluent*.

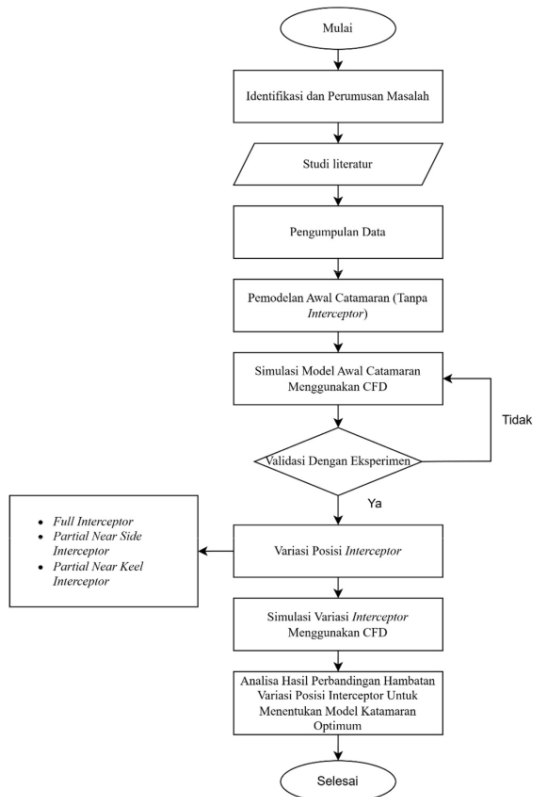
Dalam konteks penelitian ini, *ANSYS Fluent* akan digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi posisi *interceptor* terhadap hambatan pada lambung katamaran. Dengan menggunakan simulasi CFD, peneliti dapat mengevaluasi bagaimana perubahan posisi *interceptor* memengaruhi aliran fluida di sekitar lambung katamaran serta dampaknya terhadap hambatan total kapal.

Melalui penggunaan *ANSYS Fluent*, penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan mendalam mengenai interaksi hidrodinamik pada katamaran serta membantu dalam merancang konfigurasi optimal untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan penelitian ini dibutuhkan diagram alir, hal ini bertujuan agar proses pengerjaan terfokus dan tidak melibatkan hal yang tidak relevan. Diagram alir ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.1 Gambaran Umum Diagram Alir

Secara umum diagram alir penelitian menjelaskan tahapan-tahapan penelitian yang secara sistematis memudahkan proses penelitian, serta penjelasan diagram alir penelitian:

3.1.1 Identifikasi dan Perumusan masalah

Identifikasi dan perumusan masalah serta tujuan penelitian dilakukan terlebih dahulu agar tujuan proses penelitian terfokuskan.

3.1.2 Studi Literatur

Pengumpulan referensi dilakukan untuk membangun landasan pemahaman yang kuat terhadap topik penelitian. Sumber-sumber yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku teks, dan sumber daring yang relevan, yang semuanya bertujuan untuk mendukung dan memperdalam pembahasan dalam skripsi ini.

3.1.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dari *studi literatur* dan jurnal-jurnal acuan serta rujukan penelitian terdahulu dikumpulkan selengkap mungkin karena akan digunakan untuk penyusunan penelitian ini dan penting untuk berjalannya analisis ataupun pembahasan topik. Data yang dikumpulkan berupa ukuran utama kapal dan variasi posisi *interceptor* pada lambung katamaran. Berikut ukuran utama kapal pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Ukuran Utama

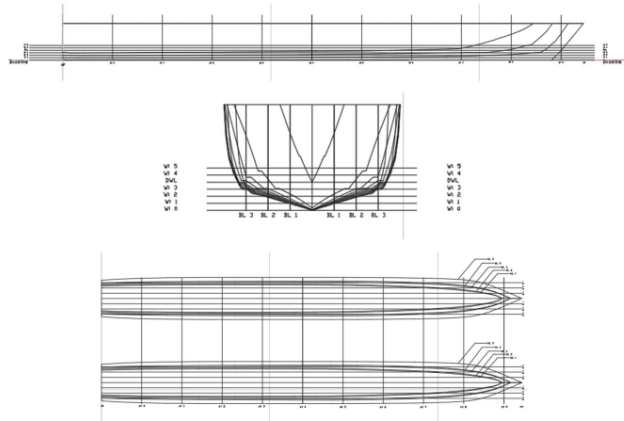
Parameter	Ukuran Utama
LPP (m)	2,393
B (m)	1,5
H (m)	0,15
T (m)	0,04
Wetted surface area (m^2)	0,3697
Displacement (t)	0,0194
Volume Displacement (m^3)	0,019
Cp	0,784
Cb	0,206
Cm	0,264

Untuk variasi posisi *interceptor* merujuk pada penelitian W.Sulistiyawati (2019) sebagai acuan. *Interceptor* divariasikan posisinya

untuk melihat pengaruh hambatan yang terjadi terhadap lambung katamaran. Berikut variasi posisi yang diuji antara lain :

1. Lambung katamaran yang menggunakan *full interceptor*.
 2. *Interceptor* yang berada di tengah dekat lunas kapal.
 3. *Interceptor* yang berada di bagian samping lambung kapal.
 4. Lambung katamaran yang tidak menggunakan interceptor
- Interceptor yang digunakan menggunakan sudut serang (*Angle of Attak/AoA*) 0° . Setiap variasi diuji menggunakan metode CFD agar mendapatkan hasil yang maksimal.

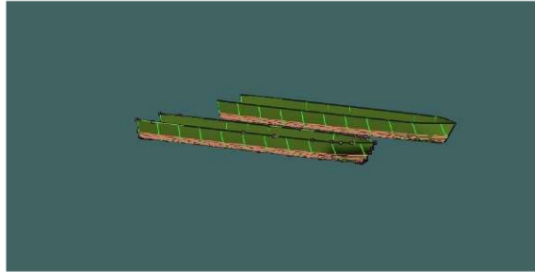
3.1.4 Pemodelan Awal Katamaran (Tanpa *Interceptor*)



Gambar 3. 2 Lines Plan Katamaran

Setelah mengumpulkan semua data pendukung yang diperlukan seperti *lines plan* pada gambar 3.2, langkah berikutnya adalah memodelkan bentuk lambung kapal. jarak antar lambung (clearence) yang digunakan pada model ini dengan rasio $0.20L$. Rasio S/L $0,20$ dipilih karena termasuk rentang optimal yang mampu merepresentasikan interferensi gelombang antar demihull secara signifikan namun stabil, serta konsisten dengan konfigurasi dasar pada penelitian ini sehingga pengaruh variasi interceptor dapat dianalisis secara objektif (Yanuar et al., 2020). Proses pemodelan ini

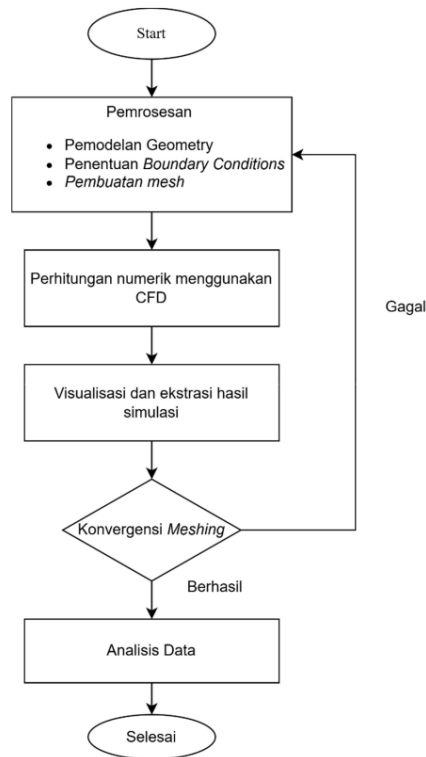
ini dilaksanakan menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Modeler Advance*.
Bentuk lambung hasil pemodelan ini disajikan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pemodelan Mainhull Awal Katamaran

3.1.5 Simulasi Model Awal Katamaran Menggunakan CFD

Setelah proses pemodelan kapal dilakukan, tahap berikutnya adalah simulasi berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan memanfaatkan perangkat lunak *ANSYS FLUENT*. Analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dilakukan melalui dua proses utama, yaitu *meshing*, yakni membagi model geometri kapal menjadi elemen-elemen kecil yang lebih rinci, serta *running*, yaitu pengaturan dan pelaksanaan simulasi numerik. Pada tahap ini fluida yang digunakan adalah air laut, dan hasil simulasi berupa data mengenai hambatan yang dialami oleh katamaran dengan berbagai posisi *interceptor*. Urutan simulasi pada CFD sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Modelling Di Ansys Fluent

3.1.6 Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

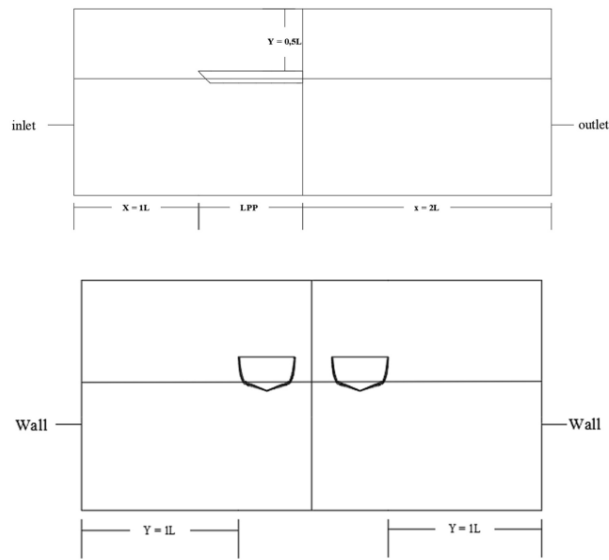
Pada penelitian ini, penulis melakukan proses simulasi numerik aliran dengan memanfaatkan perangkat lunak *Ansys Fluent* sebagai platform *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Setelah model geometri kapal disiapkan, tahap selanjutnya adalah menentukan batas domain simulasi (*boundary conditions*) agar kondisi aliran yang direpresentasikan menyerupai fenomena fisik yang terjadi di lapangan. Domain fluida dibangun dengan ukuran panjang 1,0 L (ke depan kapal) dan 2,0 L (ke belakang kapal), lebar 1,0 L, dan tinggi 0,5 L, di mana L merupakan

parameter *Length Between Perpendiculars* (LPP) yang mengacu pada panjang kapal antara garis tegak depan dan belakang. Penentuan besaran domain tersebut bertujuan untuk meminimalkan efek refleksi atau gangguan aliran dari dinding domain terhadap pola aliran di sekitar lambung kapal.

Pengaturan *boundary conditions* dilakukan dengan membedakan bagian domain air dan udara. *Inlet* dan *outlet* didefinisikan pada kedua fase fluida tersebut untuk mensimulasikan kondisi aliran masuk dan keluar dari domain secara realistis. Pada permukaan badan kapal, diterapkan kondisi dinding *non-slip* (*non-slip wall*) yang mengasumsikan kecepatan fluida relatif terhadap permukaan padat bernilai nol, sehingga model dapat menangkap pengaruh gaya gesek dan pembentukan *boundary layer* di sepanjang lambung. Sementara itu, seluruh batas domain lainnya menggunakan konfigurasi *free-slip wall*, yang menghilangkan gaya geser pada dinding sehingga fluida tidak mengalami perlambatan akibat interaksi viskos dengan batas domain. Penerapan kondisi ini dimaksudkan agar refleksi turbulensi di area batas domain dapat diminimalkan dan aliran bebas di sekitar kapal dapat tercipta dengan lebih akurat.

Selain itu, fitur *share topology* diaktifkan pada antarmuka antar domain fluida untuk menghubungkan permukaan yang bersinggungan antara domain air dan udara. Dengan penggunaan *share topology*, elemen mesh pada batas pertemuan kedua domain menjadi saling terhubung (*conformal mesh*), sehingga tidak terdapat celah atau ketidaksesuaian *grid* yang dapat menghambat perhitungan numerik. Langkah ini penting untuk menjaga kontinuitas aliran, stabilitas perhitungan selama proses iterasi, serta menghasilkan distribusi aliran yang lebih presisi pada area transisi antara dua fase fluida.

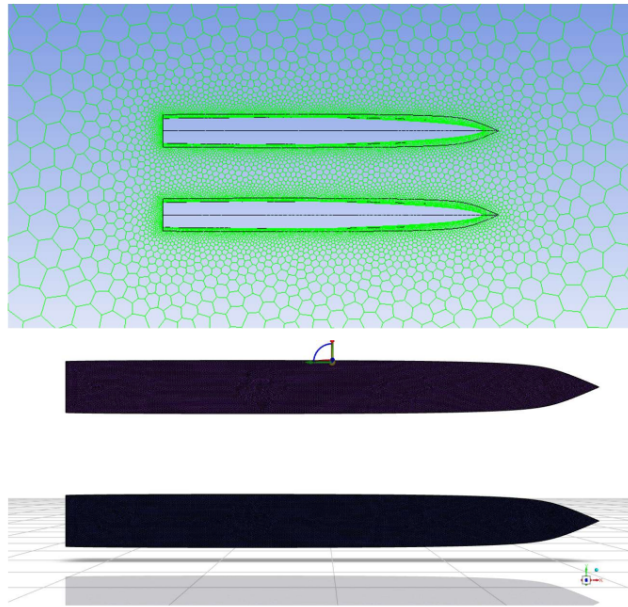
Pada gambar 3.5 menampilkan visualisasi *boundary conditions* agar dapat terlihat lebih jelas. Tampilan ini dibuat untuk menunjukkan geometri batas domain secara akurat sesuai kebutuhan analisis.



Gambar 3. 5 Boundary Condition

3.1.7 Meshing

Pada tahap penyusunan *mesh*, sel terkecil ditentukan berukuran 0,0055 meter melalui pengaturan *local sizing*, sementara ukuran sel terbesar dalam *domain volume* dibatasi hingga 0,25 meter. Untuk memastikan *mesh* mengikuti bentuk lengkung lambung kapal, *parameter curvature* dan *proximity angle* diatur sebesar 18° sehingga kerapatan elemen akan menyesuaikan perubahan kelengkungan pada geometri. Selain itu, sebanyak 3 lapisan *boundary layer* diterapkan di sekitar permukaan kapal guna meningkatkan kemampuan model dalam merepresentasikan pembentukan dan perkembangan lapisan batas pada aliran fluida di sekitar badan kapal. Hal tersebut seperti yang ditampilkan pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Hasil Meshing

3.1.8 Validasi Dengan Eksperimen

Tabel 3. 2 Ukuran Model Eksperimen

Parameter	Ukuran Utama
LPP (m)	1,5
B (m)	0,15
H (m)	0,09
T (m)	0,024
Wetted surface area (m^2)	0,346
Displacement (t)	0,0020378
Volume Displacement (m^3)	0,002045

Pada tabel 3.2 merupakan data ukuran model eksperimen yang dilakukan oleh W.Sulistyawati di *towing tank*. Pada Tahap Validasi ini dilakukan agar mendapatkan perbandingan hasil dari simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan hasil dari uji

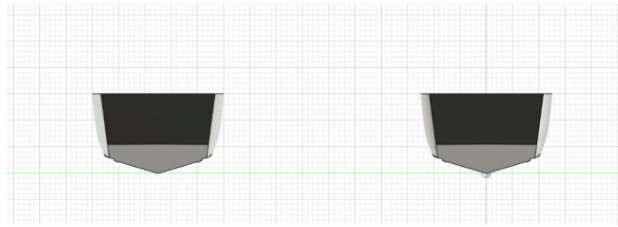
Experimental Fluid Dynamics (EFD) yang dilakukan oleh W.Sulistiyawati. Pada tahap ini, variabel simulasi yang digunakan adalah *Froud Number* (Fr) untuk menghitung nilai hambatan total (R_T) yang kemudian dikonversi menjadi nilai koefisien hambatan total (C_T). Meskipun ukuran model eksperimen dan model simulasi berbeda, validasi tetap dapat dilakukan dengan membandingkan koefisien hambatan total (CT), karena CT merupakan besaran non-dimensi yang tidak bergantung pada skala ukuran model. Dengan kesamaan Froude number dan konsistensi parameter perhitungan, perbandingan nilai CT antara hasil eksperimen dan simulasi dapat digunakan sebagai dasar validasi model numerik.

Sebagai langkah awal validasi, dilakukan studi konvergensi *mesh*. Tujuan utama dari studi ini adalah memastikan bahwa hasil simulasi yang diperoleh tidak bergantung pada ukuran atau kepadatan jaring (*mesh*) yang digunakan. Proses konvergensi ini melibatkan perbandingan luaran simulasi dari 3 konfigurasi jumlah elemen *mesh* yang berbeda.

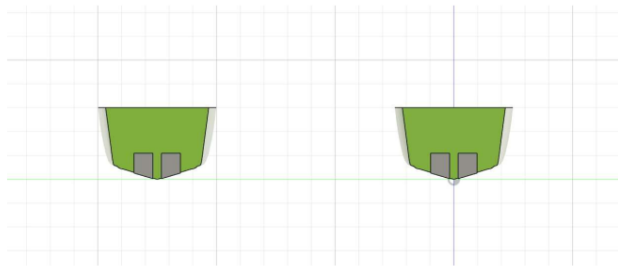
3.1.9 Variasi Posisi *Interceptor*

Setelah melakukan validasi dengan eksperimen, tahap selanjutnya adalah membuat variasi posisi *interceptor* pada lambung katamaran. Posisi *interceptor* diubah-ubah untuk mendapatkan konfigurasi yang optimal dalam mengurangi hambatan. Pada pemodelan ini menggunakan tiga variasi posisi *interceptor* pada setiap model katamaran dan tanpa *interceptor*. Dengan masing-masing variasi posisi menggunakan empat variasi kecepatan dalam *Froud Number* dengan Fr 0,6 – Fr 1,2.

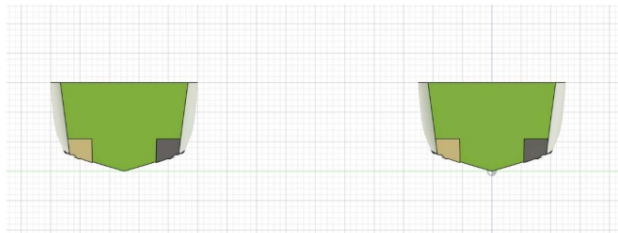
Pembuatan variasi posisi *interceptor* menggunakan perangkat lunak *Fusion360* agar model tersebut dapat solid. Pada gambar 3.7; 3.8; 3.9 merupakan pemodelan posisi *interceptor* pada model katamaran secara berurutan.



Gambar 3. 7 Variasi Posisi Full Interceptor



Gambar 3. 8 Variasi Posisi Partial Near Kell Interceptor



Gambar 3. 9 Variasi Posisi Partial Near Side Interceptor

3.1.10 Simulasi Variasi *Interceptor* Menggunakan CFD

Setelah memvariasikan lambung katamaran dengan beberapa posisi *interceptor*, selanjutnya adalah melakukan simulasi variasi posisi *interceptor* untuk mencari nilai hambatan total.

3.1.11 Analisa Perbandingan Nilai Hambatan Variasi Posisi *Interceptor* Untuk Menentukan Model Katamaran Optimum

Pada tahap terakhir, setelah disimulasi menggunakan CFD dilakukan perbandingan hambatan antara berbagai model katamaran dengan variasi posisi *interceptor*. Perbandingan ini bertujuan untuk menentukan konfigurasi *interceptor* yang memberikan pengurangan hambatan paling signifikan. Hasil dari perbandingan ini akan digunakan untuk mengidentifikasi desain katamaran yang optimal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi Validasi Model Catamaran Tanpa *Interceptor*

4.1.1 *Grid Independence Test*

Sebelum tahap validasi dilakukan, terlebih dahulu dilaksanakan *Grid Independence Test* untuk memastikan bahwa jumlah *mesh* yang digunakan tidak memengaruhi hasil perhitungan. Untuk membandingkan hasil simulasi dengan data eksperimen terkait performa hidrodinamis kapal, dilakukan pengolahan data hasil simulasi CFD dengan mengkonversi nilai hambatan total (R_T) menjadi koefisien hambatan total (C_T). Konversi ini bertujuan agar hasil analisis dapat dibandingkan secara langsung dengan data eksperimen. Selanjutnya, *Grid Independence Test* pada model kapal disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan proses analisis dan interpretasi data. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.3.

Tabel 4. 1 Grid Independence Test 500 Ribu Meshing

Fr	R_T	C_T CFD	C_T EFD	Error (%)
0,4	2,26	0,00551	0,00561	1,72
0,5	3,53	0,00510	0,00540	5,56
0,6	4,77	0,00521	0,00504	3,42

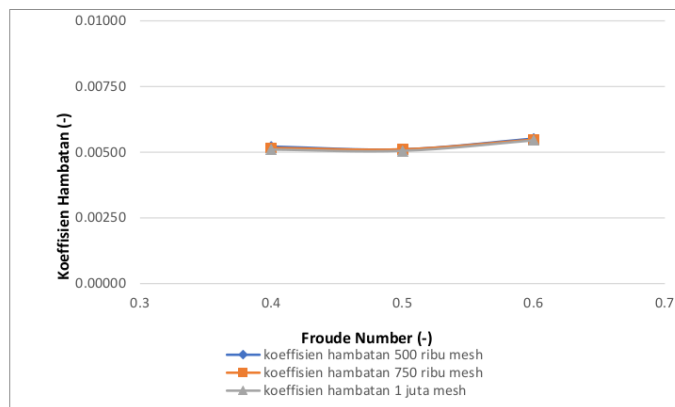
Tabel 4. 2 Grid Independence Test 750 Ribu Meshing

Fr	R_T	C_T CFD	C_T EFD	Error (%)
0,4	2,25	0,00547	0,00561	2,36
0,5	3,53	0,00511	0,00540	5,53
0,6	4,72	0,00516	0,00504	2,40

Tabel 4. 3 Grid Independency Test 1 Juta Meshing

Fr	R_T	C_T CFD	C_T EFD	Error (%)
0,4	2,23	0,00544	0,00561	2,88
0,5	3,49	0,00505	0,00540	6,62
0,6	4,66	0,00510	0,00504	1,16

Berdasarkan hasil *Grid Independency Test* yang disajikan dalam tabel, terlihat bahwa perbandingan nilai koefisien hambatan pada variasi mesh yang berbeda menunjukkan perbedaan yang relatif kecil. Nilai error yang dihasilkan juga berada di bawah 10%, yang mengindikasikan bahwa hasil simulasi telah mencapai kondisi cukup stabil dan variasi jumlah elemen *mesh* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil yang diperoleh. Hal tersebut juga disajikan pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Perbandingan Koeffisien Hambatan

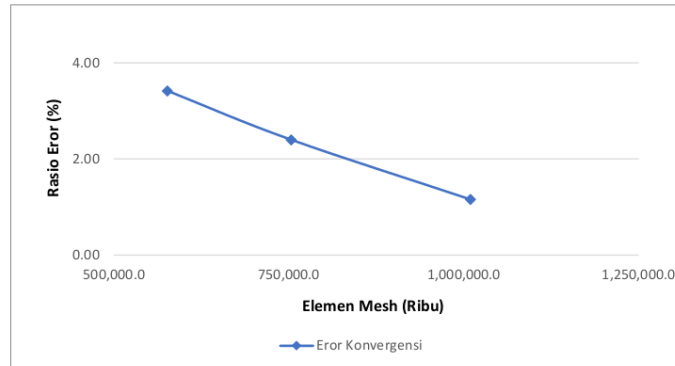
4.1.2 Konvergensi *Mesh*

Analisis konvergensi *mesh* dilakukan untuk menjamin bahwa hasil simulasi yang diperoleh tidak dipengaruhi oleh perubahan jumlah elemen *grid*. Pada penelitian ini, evaluasi dilakukan menggunakan tiga jumlah elemen mesh yang berbeda guna menilai konsistensi dan kestabilan hasil simulasi terhadap variasi mesh.

Selanjutnya, hasil uji konvergensi *mesh* pada model kapal disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan proses analisis dan interpretasi data. Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2.

Tabel 4. 4 Konvergensi Meshing

Fr	Mesh	R_T	C_T CFD	C_T EFD	Error (%)
0,6	576.265	4,77	0,00521	0,00504	3,42
0,6	753.204	4,72	0,00516	0,00504	2,40
0,6	1.009.521	4,66	0,00510	0,00504	1,16



Gambar 4. 2 Hasil Konvergensi Meshing

Berdasarkan hasil uji konvergensi mesh yang ditampilkan pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.2, dapat disimpulkan bahwa jumlah elemen *mesh* 1.009.512 telah mencapai kondisi konvergen. Ditandai dengan nilai *error* yang paling rendah diantara variasi jumlah elemen *mesh* lainnya, sehingga dipilih sebagai *mesh* acuan dalam simulasi utama.

4.1.3 Validasi Simulasi Katamarn Tanpa *Interceptor* Dengan Eksperimen

Setelah tahap konvergensi *mesh* selesai dilakukan, penelitian dilanjutkan dengan validasi. Tujuan dari validasi ini adalah mengukur akurasi hasil simulasi numerik dengan cara membandingkan nilai hambatan total yang dihasilkan oleh simulasi dengan data EFD.

Dalam penelitian ini, digunakan tiga variasi kecepatan dengan menggunakan *froude number* (Fr). Dengan simulasi analisis menggunakan CFD, diperoleh nilai hambatan total (R_T) yang dikonversikan menjadi nilai koefisien hambatan total (C_T) untuk membandingkan nilai selisih atau eror dari data eksperimen sebagai tahapan validasi. Tahapan perhitungan hasil analisis CFD yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dengan sebagai berikut :

$$C_T = \frac{4,77}{\frac{1}{2} \cdot 998,2 \cdot 1,54^2 \cdot 0,346} \quad (3)$$

$$C_T = 0,00544$$

$$C_T = \frac{4,72}{\frac{1}{2} \cdot 998,2 \cdot 2,00^2 \cdot 0,346} \quad (4)$$

$$C_T = 0,00505$$

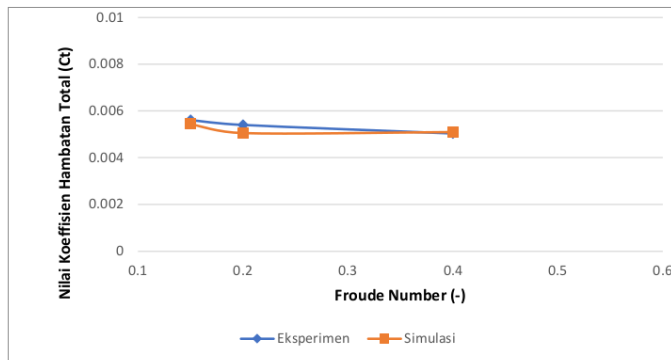
$$C_T = \frac{4,66}{\frac{1}{2} \cdot 998,2 \cdot 2,3^2 \cdot 0,346} \quad (5)$$

$$C_T = 0,00510$$

Hasil analisis yang telah dilakukan pengolahan data pada Perhitungan 3, Perhitungan 4, dan Perhitungan 5, hasilnya kemudian disajikan dalam tabel 4.6 dan gambar 4.4 yang bertujuan untuk menunjukkan hasil validasi terhadap model kapal yang telah dianalisis.

Tabel 4. 5 Hasil Validasi

Fr	C_T	C_T	Error
	EFD	CFD	
0,4	0,00561	0,00544	2,88
0,5	0,00540	0,00505	6,62
0,6	0,00504	0,00510	1,16



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Validasi

Berdasarkan proses validasi yang dilakukan pada tiga variasi kecepatan aliran berbeda, menghasilkan nilai eror simulasi yang seluruhnya berada di bawah batas 10%. Pencapaian ini menegaskan bahwa model numerik yang diterapkan memiliki tingkat akurasi yang cukup memadai dan telah teruji validitasnya.

Oleh karena kriteria validasi telah terpenuhi, penelitian ¹³ ini dinyatakan layak untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu analisis hambatan total terhadap variasi posisi *interceptor* dengan variasi kecepatan dalam Fr 0,6 – Fr 1,2.

4.2 Perbandingan Hasil Hambatan Total Pada Katamaran Menggunakan Variasi Posisi *Interceptor*

Tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi untuk mencari nilai hambatan total (R_T) untuk seluruh variasi posisi *interceptor* dengan menggunakan CFD pada perangkat lunak *Ansys Fluent*. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan empat variasi kecepatan dalam Fr 0,6 – Fr 1,2.

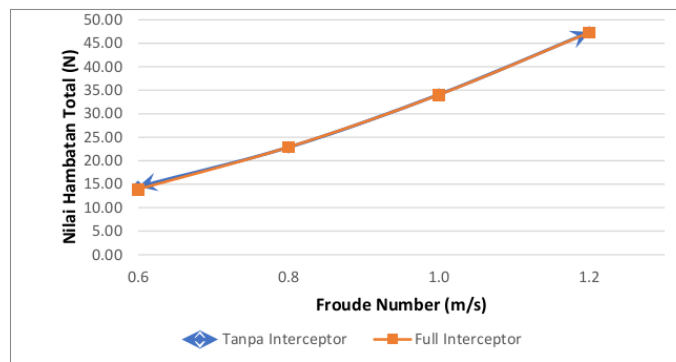
4.2.1. Perbandingan Hasil Hambatan Total Pada Katamaran Menggunakan Tanpa *Interceptor* Dengan *Full Interceptor*

¹⁵ Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan CFD, menunjukan bahwa terjadinya pengurangan hambatan total yang

terjadi antara penggunaan *full interceptor* dengan tanpa *interceptor* pada katamaran. Dengan rata- rata pengurangan hambatan total sebesar 0,17 N atau sekitar 1,03%. Hal tersebut dijelaskan pada tabel 4.7 dan gambar 4.5. Yang dimana penggunaan *full interceptor* pada katamaran memiliki nilai hambatan total yang lebih rendah dibanding tanpa *interceptor*.

Tabel 4. 6 Perbandingan Nilai Hambatan Total Tanpa *Interceptor* Dengan *Full Interceptor*

F_r [-]	R_T	R_T
	Tanpa	Full
	<i>Interceptor</i> [N]	<i>Interceptor</i> [N]
0,6	14,50	13,93
0,8	22,90	22,93
1,0	34,14	34,08
1,2	47,40	47,34



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Tanpa *Interceptor* Dengan *Full Interceptor*

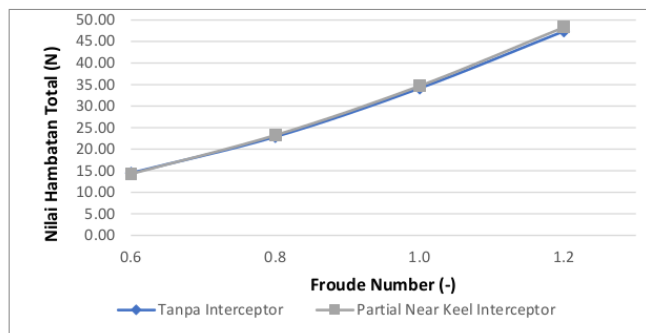
4.2.2. Perbandingan Hasil Hambatan Total Pada Katamaran Menggunakan Tanpa *Interceptor* Dengan *Partial Near Keel Interceptor*

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan CFD, menunjukan bahwa berdasarkan hasil perbandingan, penggunaan *partial near keel interceptor* hanya memberikan penurunan hambatan pada

Froude number 0,6 sebesar 1,52%, namun pada *Froude number* yang lebih tinggi justru menyebabkan kenaikan hambatan total. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menghasilkan kenaikan hambatan rata-rata sebesar 0,41 N atau sekitar 0,91%. Hal tersebut dijelaskan pada tabel 4.8 dan gambar 4.6. Yang dimana penggunaan *partial near keel interceptor* pada katamaran memiliki nilai hambatan total yang lebih tinggi dibanding tanpa *interceptor*.

Tabel 4. 7 Perbandingan Nilai Hambatan Total Tanpa *Interceptor* Dengan *Partial Near Keel Interceptor*

F_r [-]	R_T Tanpa <i>Interceptor</i> [N]	R_T <i>Partial</i> <i>Near Keel</i> <i>Interceptor</i> [N]
0,6	14,50	14,28
0,8	22,90	23,27
1,0	34,14	34,68
1,2	47,40	48,33



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Tanpa *Interceptor* Dengan *Partial Near Keel Interceptor*

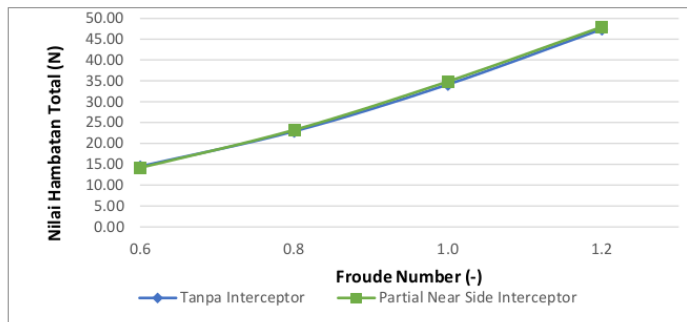
4.2.3. Perbandingan Hasil Hambatan Total Pada Katamaran Menggunakan Tanpa *Interceptor* Dengan *Partial Near Side Interceptor*

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan CFD, menunjukan bahwa hasil perbandingan menunjukkan bahwa *partial near side interceptor* hanya mampu menurunkan hambatan total pada

Froude number 0,6 sebesar 2,07%, namun pada *Froude number* yang lebih tinggi justru menyebabkan kenaikan hambatan total. Secara keseluruhan, konfigurasi ini menghasilkan kenaikan hambatan rata-rata sebesar 0,34 N atau sekitar 0,69%. Hal tersebut dijelaskan pada tabel 4.9 dan gambar 4.7. Yang dimana penggunaan *partial near side interceptor* pada katamaran memiliki nilai hambatan total yang lebih tinggi dibanding tanpa *interceptor*.

Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai Hambatan Total Tanpa *Interceptor* Dengan *Partial Near Side Interceptor*

F_r [-]	R_T Tanpa <i>Interceptor</i> [N]	R_T <i>Partial Near Side Interceptor</i> [N]
0,6	14,50	14,20
0,8	22,90	23,23
1,0	34,14	34,88
1,2	47,40	47,98



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Tanpa *Interceptor* Dengan *Partial Near Side Interceptor*

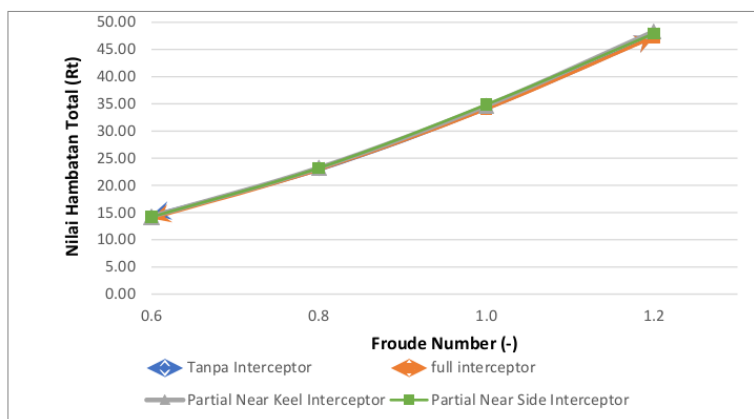
4.2.4. Perbandingan Hasil Hambatan Total Pada Katamaran Menggunakan Tanpa *Interceptor* Dengan *Full Interceptor*, *Partial Near Side Interceptor*, Dan *Partial Near Keel Interceptor*

Berikut data hasil simulasi hambatan total pada variasi tanpa *interceptor*, *full interceptor*, *partial near side interceptor*, dan *partial near*

keel interceptor³¹ disajikan pada tabel 4.10 dan gambar 4.8 sebagai perbandingan hambatan dari setiap variasi posisi *interceptor*.

Tabel 4. 9 Perbandingan Hasil Hambatan Total

F_r [-]	R_T Tanpa <i>Interceptor</i> [N]	R_T <i>Full</i> <i>Interceptor</i> [N]	R_T <i>Partial Near</i> <i>Side</i> <i>Interceptor</i> [N]	R_T <i>Partial</i> <i>Near Keel</i> <i>Interceptor</i> [N]
0,6	14,50	13,93	14,20	14,28
0,8	22,90	22,93	23,23	23,27
1,0	34,14	34,08	34,88	34,68
1,2	47,40	47,34	47,98	48,33



Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Hasil Hambatan Total

Dari empat variasi posisi *interceptor* yang diuji yaitu tanpa *interceptor*, *full interceptor*, *partial near side*, dan *partial near keel*, hasil simulasi menunjukkan bahwa perbedaan nilai hambatan total di antara variasi-variasi tersebut sangat kecil pada setiap bilangan *Froude*. Pada *Fr* 0,6, *full interceptor* justru memiliki nilai *RT* terendah (13,93) dibandingkan tanpa *interceptor* (14,50) dan variasi *partial near keel* (14,28) dan *partial near side* (14,20), sedangkan pada *Fr* 0,8 hingga 1,2 variasi *partial near side* dan *partial near keel* menunjukkan sedikit peningkatan hambatan

dibandingkan tanpa *interceptor* dan *full interceptor*. Trend ini terlihat juga pada grafik gambar 4.8 di mana menandakan bahwa perubahan posisi *interceptor* memberikan dampak minimal terhadap total hambatan yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil simulasi hambatan total (R_T) pada berbagai posisi *interceptor*, dapat disimpulkan jika dibandingkan dengan seluruh variasi posisi *interceptor*, konfigurasi *full interceptor* menunjukkan performa paling optimal dengan penurunan hambatan total sebesar sekitar 1,37%. Hal ini mengindikasikan bahwa pemasangan *interceptor* secara penuh lebih efektif dalam mengontrol aliran buritan dan meminimalkan hambatan total katamaran. Meskipun perbedaan nilai R_T antar variasi sangat kecil, *full interceptor* secara konsisten menunjukkan nilai hambatan total lebih rendah dibandingkan tanpa *interceptor* maupun variasi parsial pada setiap bilangan *Froude*, terutama pada rentang Fr rendah hingga menengah.

Tren ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan *interceptor* dapat mengurangi total hambatan kapal dengan mengubah distribusi tekanan di belakang badan kapal sehingga hambatan gelombang dan gesekan menurun secara keseluruhan. Studi oleh Song et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan *interceptor* secara penuh pada model kapal dapat menghasilkan pengurangan hambatan ketika *Froude number* cukup tinggi, yang menunjukkan efektivitas *interceptor* dalam menurunkan hambatan total kapal secara signifikan pada kondisi operasi yang lebih cepat, meskipun pengaruhnya bervariasi dengan kondisi aliran dan geometri kapal.

4.3 *Contour*

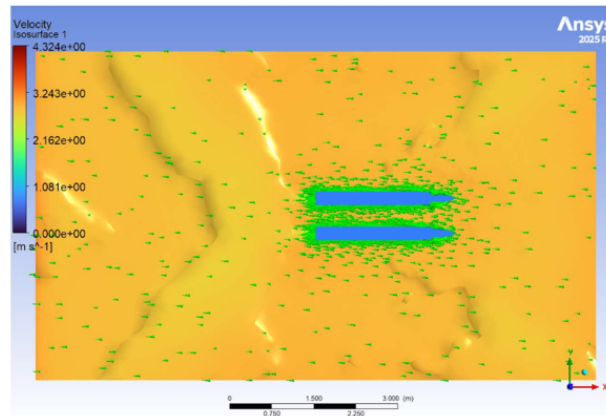
Tahap selanjutnya membahas tentang kontur aliran pada katamaran dengan semua variasi posisi *interceptor* menggunakan hasil simulasi CFD berupa kontur kecepatan aliran. Kontur tersebut digunakan untuk menjelaskan perubahan karakteristik aliran dan hubungannya dengan peningkatan nilai hambatan total seiring bertambahnya bilangan *Froude number*.

4.3.1 *Contour Katamaran Tanpa Interceptor*

a. *Froude Number 0,6*

Pada *Froude number* 0,6, kontur kecepatan aliran pada katamaran tanpa *interceptor* menunjukkan pola aliran yang relatif stabil. Percepatan aliran terjadi di sepanjang sisi lambung dan di area antara kedua demihull, namun intensitasnya masih terbatas sehingga interaksi aliran antar lambung belum berkembang secara signifikan. Distribusi kecepatan yang relatif seragam mengindikasikan bahwa interferensi gelombang masih berada pada tingkat rendah.

Di bagian buritan, *wake* mulai terbentuk namun dengan panjang dan intensitas yang kecil, menandakan bahwa separasi aliran masih minimal dan kehilangan energi aliran belum besar. Deformasi permukaan bebas mulai terlihat, tetapi kontribusi hambatan gelombang masih relatif kecil dibandingkan hambatan gesek. Kondisi ini berkorelasi dengan nilai hambatan total sebesar 14,50 N, yang menunjukkan bahwa pada *Froude number* 0,6 hambatan total masih didominasi oleh hambatan gesek, sementara pengaruh hambatan tekanan dan gelombang belum signifikan. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.9 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.

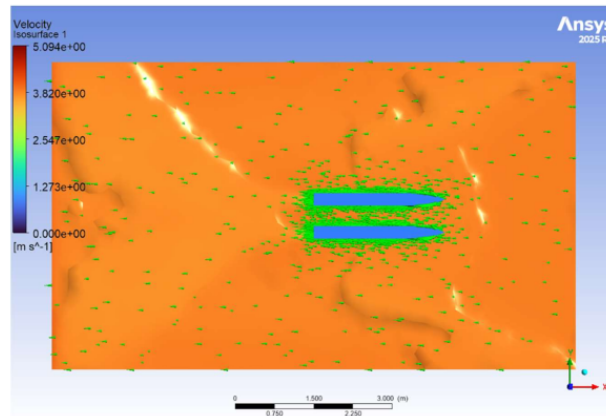


Gambar 4. 8 *Contour* Katamaran Tanpa *Interceptor* Froude Number 0,6

3
b. *Froude Number* 0,8

Pada *Froude number* 0,8, kontur kecepatan aliran pada katamaran tanpa *interceptor* menunjukkan peningkatan intensitas aliran dibandingkan Fr 0,6. Percepatan aliran di sepanjang sisi lambung dan di antara kedua demihull menjadi lebih jelas, yang mengindikasikan meningkatnya interaksi aliran dan interferensi gelombang antar lambung. Distribusi kecepatan mulai tidak seragam, terutama di area tengah hingga buritan.

Di bagian buritan, *wake* terlihat lebih panjang dan lebih kuat akibat separasi aliran yang semakin berkembang. Deformasi permukaan bebas juga tampak semakin jelas, menandakan meningkatnya kontribusi hambatan gelombang terhadap hambatan total. Ketidadaan *interceptor* menyebabkan aliran di buritan tidak terkontrol secara optimal, sehingga kehilangan energi aliran meningkat. Kondisi ini berkorelasi dengan kenaikan nilai hambatan total menjadi 22,90 N, yang menunjukkan bahwa pada *Froude number* 0,8 hambatan total dipengaruhi oleh kombinasi hambatan gesek, hambatan tekanan, dan hambatan gelombang yang mulai signifikan. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.10 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.

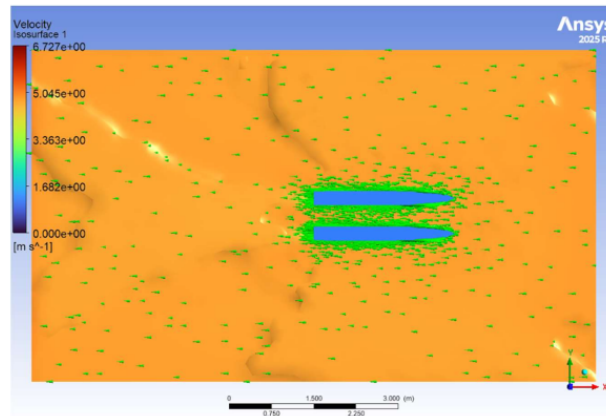


Gambar 4. 9 *Contour* Katamaran Tanpa *Interceptor* *Froude Number* 0,8

6
c. *Froude Number* 1,0

Pada *Froude number* 1,0, kontur kecepatan aliran pada katamaran tanpa *interceptor* menunjukkan perkembangan aliran yang semakin kompleks. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull meningkat secara signifikan, yang menandakan kuatnya interaksi aliran dan interferensi gelombang antar lambung. Distribusi kecepatan menjadi semakin tidak seragam, terutama di area tengah hingga buritan.

Di bagian buritan, *wake* terbentuk lebih panjang dan intens akibat separasi aliran yang semakin kuat. Deformasi permukaan bebas tampak semakin besar, menunjukkan bahwa sebagian energi aliran telah terkonversi menjadi energi gelombang. Kondisi ini menyebabkan kontribusi hambatan gelombang dan hambatan tekanan semakin dominan. Fenomena tersebut berkorelasi dengan peningkatan nilai hambatan total menjadi 34,14 N, yang menandakan bahwa pada *Froude number* 1,0 hambatan total tidak lagi didominasi oleh hambatan gesek, melainkan oleh kombinasi hambatan gesek, tekanan, dan gelombang yang semakin signifikan. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.11 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



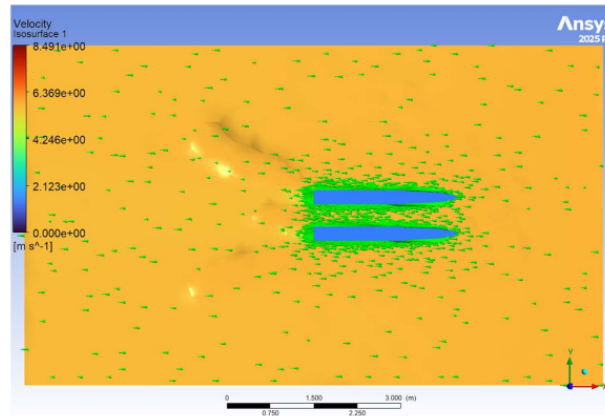
Gambar 4. 10 Contour Katamaran Tanpa *Interceptor* Froude Number 1

d. **Froude Number 1,2**

Pada *Froude number 1,2*, kontur kecepatan aliran pada katamaran tanpa *interceptor* menunjukkan kondisi aliran yang sangat intens dan tidak stabil. Percepatan aliran di sepanjang lambung serta di area antara kedua demihull semakin meningkat, yang mengindikasikan interaksi aliran dan interferensi gelombang antar lambung yang semakin kuat. Distribusi kecepatan terlihat sangat tidak seragam, terutama di area buritan.

Di bagian buritan, wake terbentuk sangat panjang dan melebar akibat separasi aliran yang dominan serta meningkatnya turbulensi. Deformasi permukaan bebas tampak semakin besar dan tidak teratur, menunjukkan bahwa energi aliran banyak terkonversi menjadi energi gelombang. Kondisi ini menyebabkan hambatan gelombang menjadi komponen dominan dalam hambatan total. Fenomena tersebut berkorelasi dengan nilai hambatan total tertinggi, yaitu sebesar 47,40 N, yang menegaskan bahwa pada Froude number 1,2 peningkatan hambatan total sangat dipengaruhi oleh pembentukan gelombang dan wake yang kuat di sekitar katamaran tanpa *interceptor*. Sebagaimana seperti

pada Gambar 4.12 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 11 *Contour Katamaran Tanpa Interceptor Froude Number 1,2*

4.3.2 *Contour Katamaran Full Interceptor*

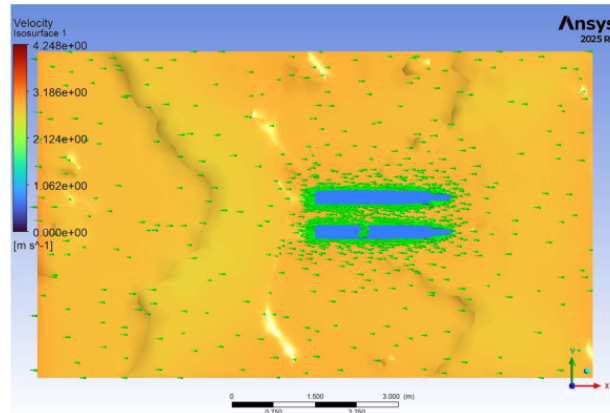
a. Froude number 0,6

Pada *Froude number 0,6*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *full interceptor* menunjukkan pola aliran yang relatif lebih terkontrol dibandingkan kondisi tanpa *interceptor*. Distribusi kecepatan di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull masih terlihat seragam, dengan intensitas percepatan aliran yang tidak terlalu tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa interaksi aliran dan interferensi gelombang antar lambung masih berada pada tingkat rendah.

Di bagian buritan, pembentukan *wake* terlihat lebih pendek dan lebih terfokus. Kehadiran *full interceptor* meningkatkan tekanan lokal di area buritan, sehingga separasi aliran dapat dikurangi dan pelepasan aliran menjadi lebih terarah. Kondisi ini berkontribusi pada berkurangnya kehilangan energi aliran serta menekan pembentukan gelombang awal.

Fenomena hidrodinamika tersebut berkorelasi dengan penurunan nilai hambatan total menjadi 13,93 N, yang lebih

rendah dibandingkan katamaran tanpa *interceptor* pada *Froude number* yang sama. Dengan demikian, pada *Froude number* 0,6 penggunaan *full interceptor* terbukti efektif dalam mengendalikan aliran buritan dan mengurangi hambatan total, meskipun kontribusi hambatan gelombang pada kondisi ini masih relatif kecil. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.13 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 12 *Contour Katamaran Full Interceptor Froude Number 0,6*

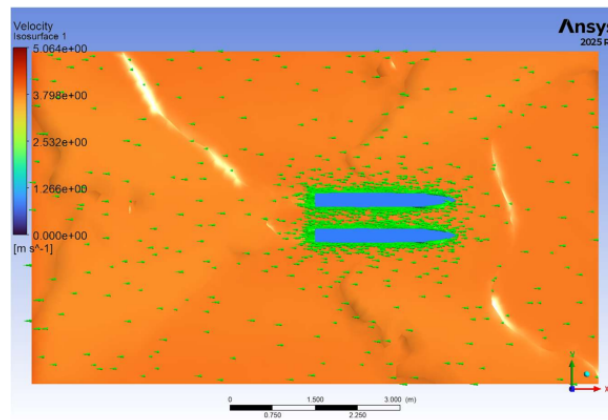
b. *Froude number 0,8*

Pada *Froude number 0,8*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *full interceptor* menunjukkan peningkatan intensitas aliran seiring bertambahnya kecepatan. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull tampak lebih jelas dibandingkan Fr 0,6, yang menandakan meningkatnya energi aliran dan interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal.

Di bagian buritan, pola aliran terlihat lebih terarah dengan pembentukan *wake* yang relatif terkendali. *Full interceptor* berperan dalam meningkatkan tekanan lokal di buritan sehingga pelepasan aliran berlangsung lebih stabil dan tidak menyebar secara berlebihan. Meskipun deformasi permukaan bebas mulai

terlihat lebih jelas akibat kenaikan *Froude number*, distribusi aliran di buritan masih menunjukkan karakter yang cukup terfokus.

Kondisi aliran tersebut mengindikasikan bahwa pada *Froude number* 0,8, *full interceptor* mampu menjaga kestabilan aliran buritan dan mengontrol perkembangan *wake*, meskipun kontribusi hambatan gelombang mulai meningkat seiring bertambahnya kecepatan aliran. Fenomena ini selaras dengan hasil kuantitatif, di mana hambatan total katamaran dengan *full interceptor* pada *Fr* 1,0 sebesar 22,93 N. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.14 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



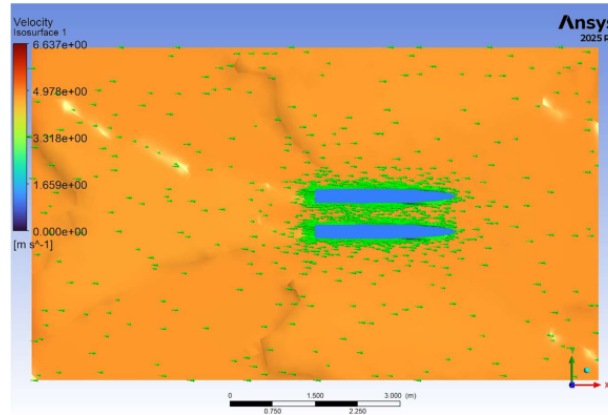
Gambar 4. 13 *Contour Katamaran Full Interceptor Froude Number 0,8*

c. *Froude number 1,0*

Pada *Froude number* 1,0, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *full interceptor* menunjukkan peningkatan kompleksitas pola aliran. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull semakin intens, yang menandakan meningkatnya energi aliran serta interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal. Distribusi kecepatan mulai menunjukkan variasi yang lebih besar, terutama di area tengah hingga buritan.

Di bagian buritan, *wake* terlihat semakin berkembang, namun masih menunjukkan pola yang relatif terfokus. Kehadiran *full interceptor* berperan dalam menjaga kestabilan pelepasan aliran dengan meningkatkan tekanan lokal di area buritan, sehingga penyebaran aliran dapat dikendalikan. Deformasi permukaan bebas tampak semakin jelas, menandakan meningkatnya kontribusi hambatan gelombang pada kondisi ini.

Pada kontur kecepatan pada *Froude number* 1,0 menunjukkan bahwa *full interceptor* tetap mampu mengontrol karakteristik aliran buritan meskipun kecepatan aliran meningkat, dengan pola *wake* yang masih relatif terarah dan stabil. Fenomena ini selaras dengan hasil kuantitatif, di mana hambatan total katamaran dengan *full interceptor* pada *Fr* 1,0 sebesar 34,08 N. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.15 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 14 *Contour Katamaran Full Interceptor Froude Number 1*

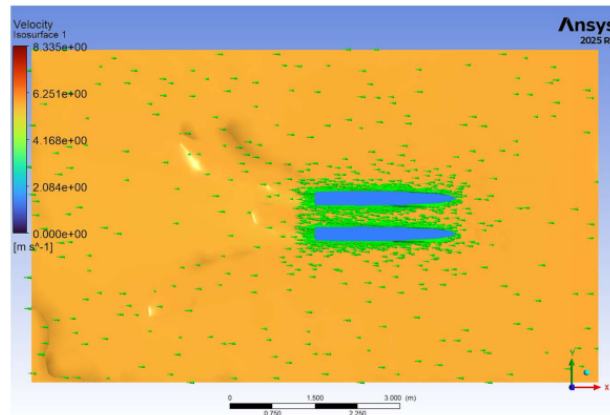
d. *Froude Number 1,2*

Pada *Froude number* 1,2, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *full interceptor* menunjukkan kondisi aliran yang sangat intens seiring dengan meningkatnya kecepatan. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua

demihull terlihat semakin kuat, yang menandakan tingginya energi aliran dan meningkatnya interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal. Distribusi kecepatan menjadi semakin tidak seragam, terutama di area buritan.

Di bagian buritan, *wake* terbentuk lebih panjang dan lebih jelas dibandingkan *Froude number* yang lebih rendah. Meskipun demikian, *full interceptor* masih berperan dalam menjaga pelepasan aliran agar tetap relatif terarah dengan meningkatkan tekanan lokal di buritan, sehingga penyebaran aliran tidak terjadi secara berlebihan. Deformasi permukaan bebas tampak sangat jelas dan meluas, yang menunjukkan bahwa sebagian besar energi aliran telah terkonversi menjadi energi gelombang.

Kondisi aliran tersebut berkorelasi dengan peningkatan nilai hambatan total katamaran dengan *full interceptor* pada *Froude number* 1,2 sebesar 47,34 N. Nilai ini mencerminkan dominasi kontribusi hambatan gelombang dan hambatan tekanan pada kecepatan tinggi, meskipun karakteristik aliran buritan masih dapat dikendalikan oleh penggunaan *full interceptor*. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.16 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 15 Contour Katamaran Full Interceptor Froude Number 1,2

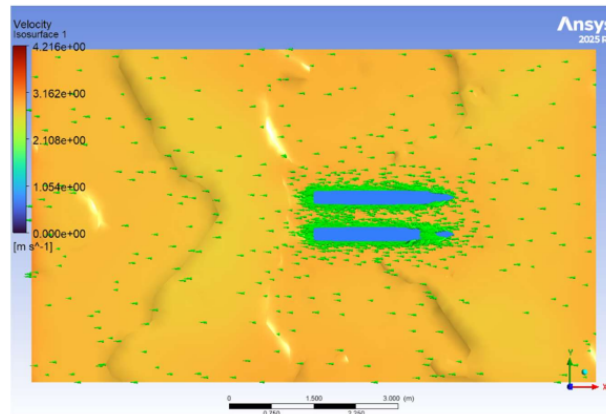
4.3.3 *Contour Katamaran Partial Near Side Interceptor*

a. *Froude number 0,6*

Pada *Froude number 0,6*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near side interceptor* menunjukkan pola aliran yang relatif stabil. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull masih terbatas, sehingga interaksi aliran dan interferensi gelombang antar lambung belum berkembang secara signifikan. Distribusi kecepatan terlihat cukup seragam, khususnya di bagian tengah lambung.

Di bagian buritan, *wake* mulai terbentuk namun dengan panjang dan intensitas yang masih kecil. Penempatan *interceptor* di sisi lambung memberikan pengaruh lokal terhadap aliran, tetapi belum menghasilkan perubahan signifikan pada pola pelepasan aliran secara keseluruhan. Deformasi permukaan bebas masih relatif kecil, yang menunjukkan bahwa kontribusi hambatan gelombang pada kondisi ini belum dominan.

Kondisi aliran tersebut berkorelasi dengan nilai hambatan total katamaran dengan *partial near side interceptor* pada *Froude number 0,6* sebesar 14,20 N. Nilai ini menunjukkan bahwa pada kecepatan rendah, konfigurasi *partial near side interceptor* masih mampu menjaga karakteristik aliran yang relatif stabil, dengan hambatan total yang masih didominasi oleh hambatan gesek. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.17 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 16 *Contour Katamaran Partial Near Side Interceptor Froude Number 0,6*

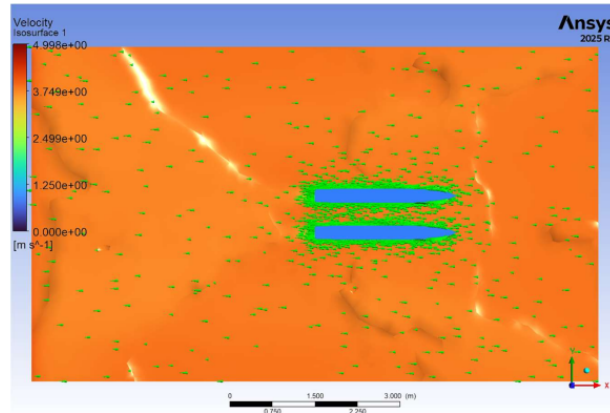
b. ³ *Froude number 0,8*

Pada *Froude number 0,8*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near side interceptor* menunjukkan peningkatan intensitas aliran dibandingkan Fr 0,6. Percepatan aliran di sepanjang sisi lambung dan di area antara kedua demihull terlihat semakin jelas, yang menandakan meningkatnya energi aliran dan interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal. Distribusi kecepatan mulai menunjukkan ketidakseragaman, terutama di area tengah hingga buritan.

Di bagian buritan, *wake* terbentuk lebih panjang dan lebih menyebar akibat meningkatnya separasi aliran. Penempatan *interceptor* di sisi lambung menyebabkan gangguan aliran lokal yang belum sepenuhnya terkontrol, sehingga pelepasan aliran di buritan menjadi kurang terarah. Deformasi permukaan bebas juga tampak semakin jelas, yang mengindikasikan meningkatnya kontribusi hambatan gelombang.

Kondisi aliran tersebut berkorelasi dengan nilai hambatan total katamaran dengan *partial near side interceptor* pada *Froude number 0,8* sebesar 23,23 N. Nilai ini menunjukkan bahwa pada

kecepatan menengah, konfigurasi *partial near side interceptor* belum mampu mengendalikan aliran buritan secara optimal, sehingga hambatan total meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.18 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 17 Contour Katamaran *Partial Near Side Interceptor* Froude Number 0,8

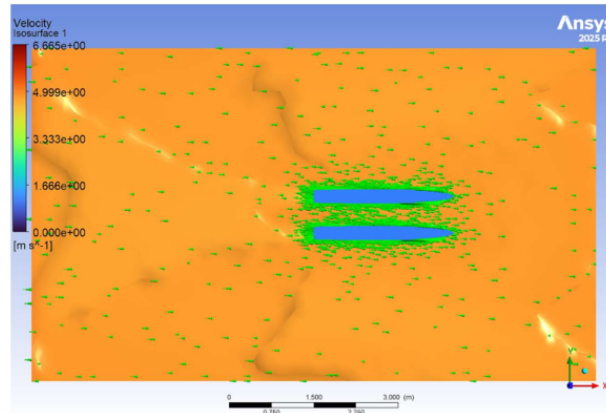
c. **Froude number 1,0**

Pada *Froude number 1,0*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near side interceptor* menunjukkan pola aliran yang semakin kompleks. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull meningkat secara signifikan, yang menandakan tingginya energi aliran serta kuatnya interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal. Distribusi kecepatan menjadi semakin tidak seragam, terutama di area tengah hingga buritan.

Di bagian buritan, *wake* terbentuk lebih panjang dan menyebar akibat separasi aliran yang semakin dominan. Penempatan interceptor di sisi lambung menyebabkan gangguan aliran lokal yang memperbesar ketidakstabilan pelepasan aliran, sehingga aliran di buritan menjadi kurang terfokus. Deformasi

permukaan bebas tampak semakin jelas, yang menunjukkan bahwa kontribusi hambatan gelombang dan hambatan tekanan semakin meningkat.

Kondisi aliran tersebut berkorelasi dengan nilai hambatan total katamaran dengan *partial near side interceptor* pada *Froude number* 1,0 sebesar 34,88 N. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.19 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 18 *Contour Katamaran Partial Near Side Interceptor Froude Number 1,0*

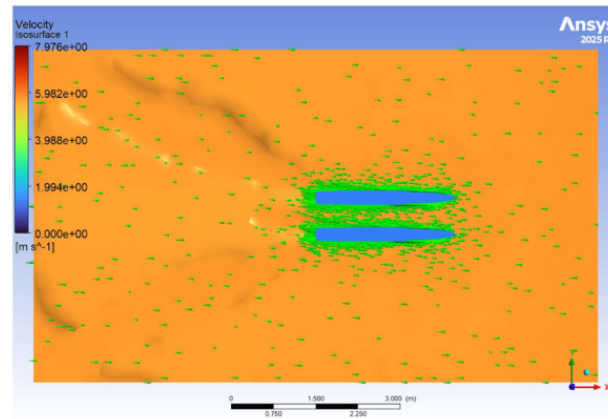
d. *Froude number 1,2*

Pada *Froude number 1,2*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near side interceptor* menunjukkan kondisi aliran yang sangat intens dan tidak stabil. Percepatan aliran di sepanjang lambung serta di area antara kedua demihull semakin meningkat, yang menandakan tingginya energi aliran dan semakin kuatnya interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal. Distribusi kecepatan terlihat sangat tidak seragam, terutama di area buritan.

Di bagian buritan, *wake* terbentuk sangat panjang dan melebar akibat separasi aliran yang dominan serta meningkatnya turbulensi. Penempatan *interceptor* di sisi lambung menyebabkan

gangguan aliran yang semakin besar, sehingga pelepasan aliran di buritan menjadi kurang terarah dan menyebar luas. Deformasi permukaan bebas tampak sangat jelas dan tidak beraturan, yang menunjukkan dominasi konversi energi aliran menjadi energi gelombang.

Kondisi aliran tersebut berkorelasi dengan nilai hambatan total katamaran dengan *partial near side interceptor* pada *Froude number* 1,2 sebesar 47,98 N. Nilai ini mencerminkan bahwa pada kecepatan sangat tinggi, hambatan total meningkat secara signifikan akibat dominasi hambatan gelombang dan tekanan. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.20 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



Gambar 4. 19 *Contour Katamaran Partial Near Side Interceptor Froude Number* 1,2

4.3.4 *Contour Katamaran Partial Near Keel Interceptor*

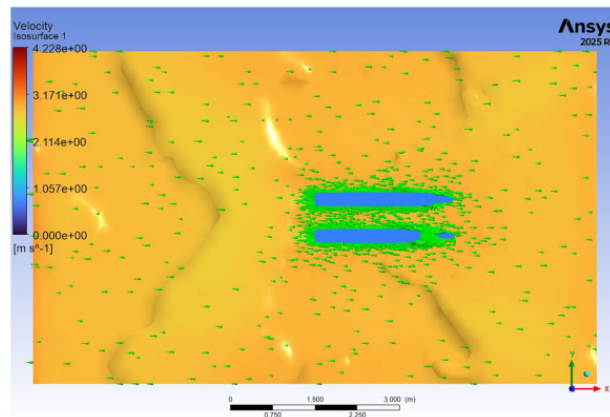
a. *Froude number* 0.6

Pada *Froude number* 0,6, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near keel interceptor* menunjukkan pola aliran yang relatif stabil. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull masih terbatas, sehingga interaksi aliran dan interferensi gelombang antar

lambung belum berkembang secara signifikan. Distribusi kecepatan terlihat cukup seragam, terutama di bagian tengah lambung.

Di bagian buritan, *wake* mulai terbentuk namun dengan panjang dan intensitas yang masih kecil. Penempatan *interceptor* di dekat lunas memberikan pengaruh terhadap distribusi aliran di bagian tengah lambung, namun belum mampu mengubah karakteristik pelepasan aliran secara signifikan. Deformasi permukaan bebas masih relatif kecil, yang menunjukkan bahwa kontribusi hambatan gelombang pada kondisi ini belum dominan.

Kondisi aliran tersebut berkorelasi dengan nilai hambatan total katamaran dengan *partial near keel interceptor* pada *Froude number* 0,6 sebesar 14,28 N. Nilai ini menunjukkan bahwa pada kecepatan rendah, konfigurasi *partial near keel interceptor* masih menghasilkan karakteristik aliran yang relatif stabil, dengan hambatan total yang masih didominasi oleh hambatan gesek. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.21 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.

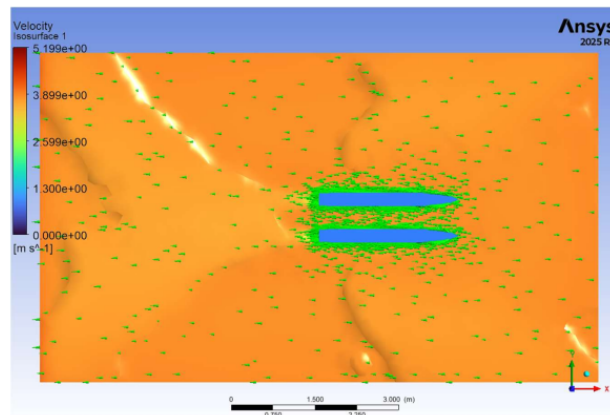


Gambar 4. 20 *Contour Katamaran Partial Near Keel Interceptor Froude Number 0,6*

³
b. *Froude number 0,8*

Pada *Froude number 0,8*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near keel interceptor* menunjukkan peningkatan intensitas aliran dibandingkan kondisi Fr 0,6. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan di area antara kedua demihull menjadi lebih jelas, yang menandakan meningkatnya energi aliran dan interaksi hidrodinamika di sekitar badan kapal.

Dibandingkan Fr 0,6, *wake* di bagian buritan tampak lebih panjang dan mulai menyebar, yang menunjukkan separasi aliran yang semakin berkembang. Penempatan interceptor di dekat lunas belum mampu mengendalikan pelepasan aliran secara optimal pada kecepatan ini, sehingga deformasi permukaan bebas menjadi lebih nyata. Kondisi ini berkorelasi dengan peningkatan nilai hambatan total menjadi 23,27 N, yang menunjukkan bahwa pada *Froude number 0,8* kontribusi hambatan gelombang dan hambatan tekanan mulai meningkat dibandingkan Fr 0,6. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.22 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.

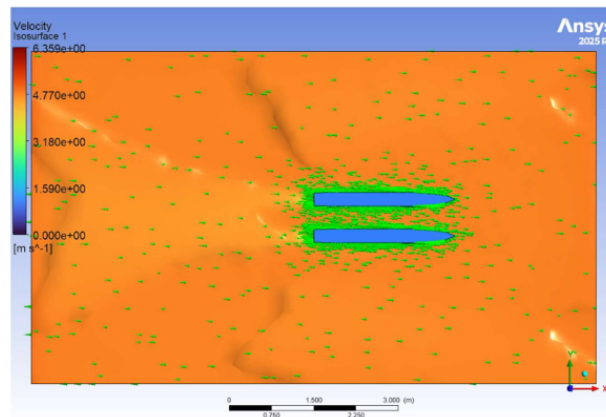


Gambar 4. 21 *Contour Katamaran Partial Near Keel Interceptor Froude Number 0,8*

c. ⁶ *Froude number 1,0*

Pada *Froude number 1,0*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near keel interceptor* menunjukkan peningkatan kompleksitas aliran dibandingkan Fr 0,8. Intensitas percepatan aliran di sepanjang lambung dan area antar demihull semakin tinggi, menandakan energi aliran yang semakin besar dan interaksi hidrodinamika yang lebih kuat.

Dibandingkan kondisi sebelumnya, *wake* di buritan menjadi lebih panjang dan menyebar, yang mengindikasikan separasi aliran yang semakin dominan. Penempatan *interceptor* di dekat lunas belum mampu menstabilkan pelepasan aliran pada kecepatan ini, sehingga deformasi permukaan bebas tampak lebih jelas. Kondisi tersebut berkorelasi dengan kenaikan hambatan total menjadi 34,68 N, yang menunjukkan bahwa pada Froude number 1,0 kontribusi hambatan gelombang dan tekanan semakin meningkat dibandingkan Fr 0,6 dan Fr 0,8. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.23 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.

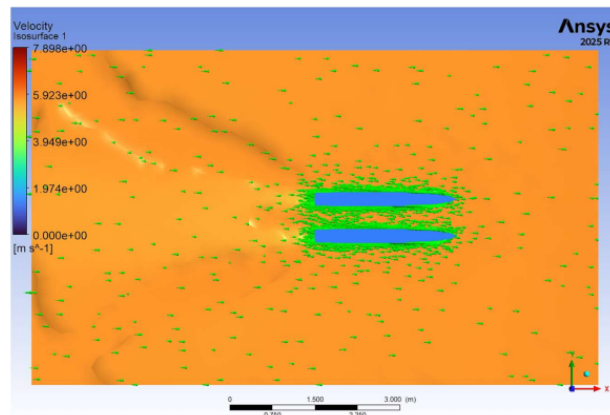


Gambar 4. 22 *Contour Katamaran Partial Near Keel Interceptor Froude Number 1,0*

4
d. *Froude number 1,2*

Pada *Froude number 1,2*, kontur kecepatan aliran pada katamaran dengan *partial near keel interceptor* menunjukkan kondisi aliran yang sangat intens dibandingkan Fr sebelumnya. Percepatan aliran di sepanjang lambung dan area antar demihull semakin meningkat, yang menandakan energi aliran yang tinggi serta interaksi hidrodinamika yang semakin kuat.

Pada kecepatan ini, *wake* di bagian buritan terbentuk lebih panjang dan menyebar akibat separasi aliran yang dominan dan meningkatnya turbulensi. Penempatan *interceptor* di dekat lunas belum mampu mengendalikan pelepasan aliran secara efektif pada kecepatan tinggi, sehingga deformasi permukaan bebas menjadi semakin besar dan tidak stabil. Kondisi ini berkorelasi dengan peningkatan hambatan total menjadi 48,33 N, yang menunjukkan dominasi kontribusi hambatan gelombang dan hambatan tekanan pada *Froude number 1,2*. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.24 yang memperlihatkan visualisasi kontur tersebut.



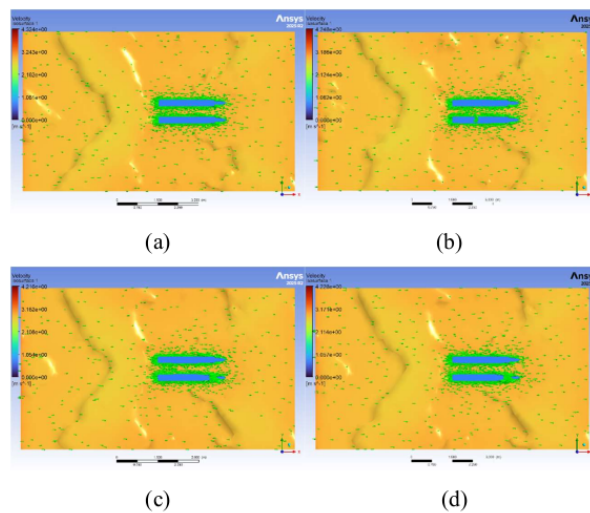
Gambar 4. 23 *Contour Katamaran Partial Near Keel Interceptor Froude Number 1,2*

4.4 Perbandingan Hasil *Contour* Setiap Variasi Posisi *Interceptor*

Setelah mendapatkan hasil kontur aliran pada empat variasi posisi *interceptor* dengan menggunakan empat variasi kecepatan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan hasil kontur aliran pada setiap *Froude number*.

4.4.1 *Froude number* 0,6

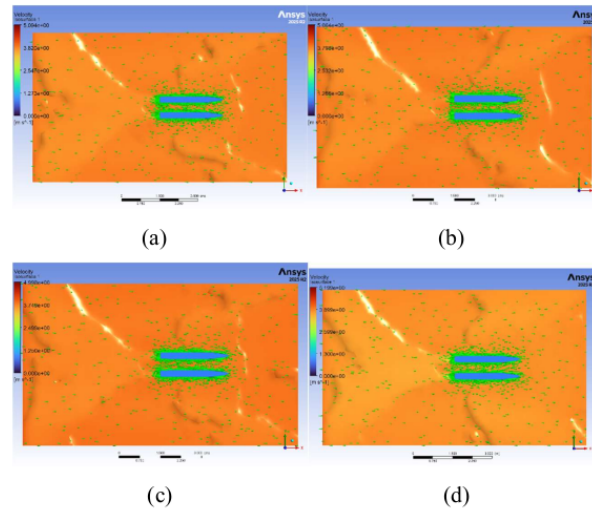
Pada *Froude number* 0,6, berdasarkan hasil visualisasi kontur tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemodelan (b) full *interceptor* memperlihatkan pelepasan aliran di buritan yang lebih terarah dengan wake yang lebih pendek dan lebih terkontrol di bagian buritan. Dengan demikian, hasil kontur aliran pada katamaran memperkuat temuan kuantitatif bahwa pemasangan *full interceptor* merupakan konfigurasi yang paling efektif dalam mengurangi hambatan total katamaran sebesar 13,93 N. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.25 yang memperlihatkan visualisasi perbandingan keempat kontur tersebut.



Gambar 4. 24 Perbandingan *Contour Froude Number* 0,6 (a) Tanpa *Interceptor* (b) *Full Interceptor* (c) *Partial Near Side Interceptor* (d) *Partial Near Keel Interceptor*

4.4.2 ³ Froude number 0,8

Pada *Froude number 0,8*, berdasarkan hasil visualisasi kontur tersebut, dapat disimpulkan bahwa Pola aliran di bagian buritan mulai menunjukkan *wake* yang lebih panjang dan penyebaran aliran yang lebih jelas, menandakan meningkatnya kontribusi hambatan gelombang. Pemodelan (a) tanpa *interceptor* memiliki hambatan total sebesar 22,90 N, sementara (b) *full interceptor* menghasilkan hambatan yang hampir setara yaitu 22,93 N. Sebaliknya, (c) *partial near side interceptor* dan (d) *partial near keel interceptor* menunjukkan peningkatan hambatan masing-masing menjadi 23,23 N dan 23,27 N. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada *Fr 0,8*, *full interceptor* masih lebih efektif dalam mengendalikan aliran buritan dibandingkan konfigurasi parsial. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.26 yang memperlihatkan visualisasi perbandingan keempat kontur tersebut.

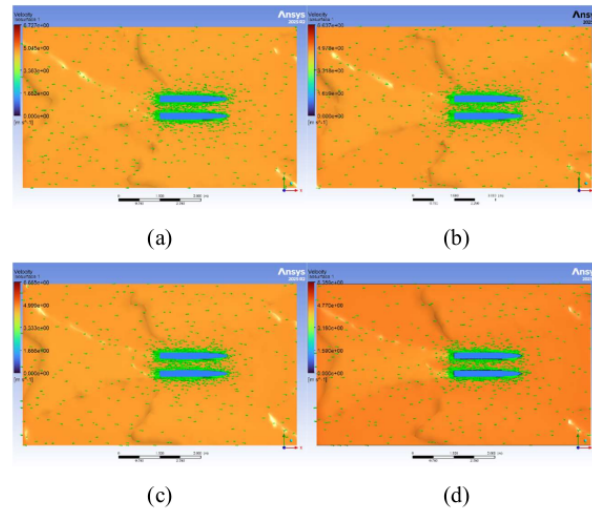


Gambar 4. 25 Perbandingan *Contour Froude Number 0,8* (a) Tanpa *Interceptor* (b) *Full Interceptor* (c) *Partial Near Side Interceptor* (d) *Partial Near Keel Interceptor*

4.4.3 ⁶ Froude number 1,0

Pada *Froude number 1,0*, perbedaan kontur aliran antar variasi posisi *interceptor* semakin jelas akibat meningkatnya interferensi gelombang dan separasi aliran di buritan. Variasi (a) tanpa *interceptor* serta (b) *partial near side* dan (c) *partial near keel* menunjukkan *wake* yang lebih panjang dan penyebaran aliran yang kurang terkontrol.

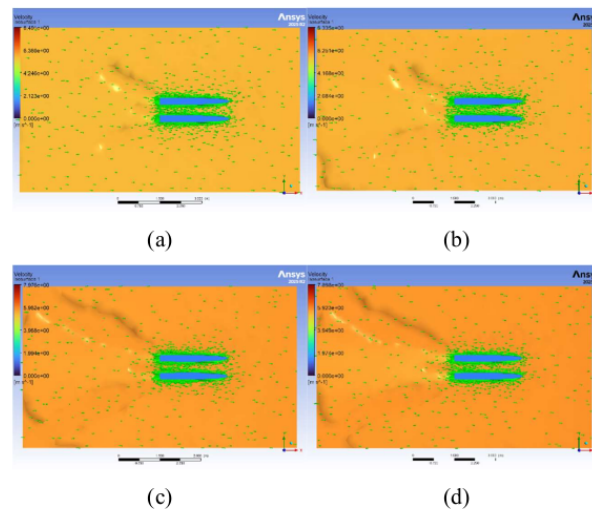
Sebaliknya, konfigurasi *full interceptor* memperlihatkan pelepasan aliran buritan yang lebih terarah dengan *wake* yang relatif lebih pendek. Kondisi ini berkorelasi dengan nilai hambatan total terendah, yaitu 34,08 N. Dengan demikian, pada Fr 1,0, (b) *full interceptor* merupakan konfigurasi paling efektif dalam mengendalikan aliran dan meminimalkan hambatan total. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.27 yang memperlihatkan visualisasi perbandingan keempat kontur tersebut.



Gambar 4. 26 Perbandingan *Contour Froude Number 1,0* (a) Tanpa *Interceptor* (b) *Full Interceptor* (c) *Partial Near Side Interceptor* (d) *Partial Near Keel Interceptor*

4.4.4 ⁴ Froude number 1,2

Pada *Froude number 1,2*, perbandingan kontur aliran menunjukkan kondisi aliran yang sangat intens dengan dominasi interferensi gelombang dan separasi aliran di buritan pada seluruh variasi posisi interceptor. *Wake* terbentuk panjang dan menyebar, menandakan kehilangan energi aliran yang besar pada kecepatan tinggi. Konfigurasi (b) *full interceptor* tetap memperlihatkan pelepasan aliran buritan yang paling terarah dibandingkan variasi lainnya, dengan *wake* yang relatif lebih terfokus. Perbedaan karakteristik kontur ini berdampak langsung pada nilai hambatan total, di mana *full interceptor* menghasilkan hambatan terendah sebesar 47,34 N. Dengan demikian, pada *Froude number 1,2*, (b) *full interceptor* secara konsisten merupakan konfigurasi paling efektif dalam mengendalikan aliran buritan serta menghasilkan hambatan total paling rendah pada kecepatan tinggi. Sebagaimana seperti pada Gambar 4.28 yang memperlihatkan visualisasi perbandingan keempat kontur tersebut.



Gambar 4. 27 Perbandingan *Contour Froude Number 1,2* (a) Tanpa *Interceptor* (b) *Full Interceptor* (c) *Partial Near Side Interceptor* (d) *Partial Near Keel Interceptor*

BAB V

SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi¹⁹ numerik menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada perangkat lunak ANSYS Fluent, yang bertujuan⁵ untuk menganalisis pengaruh variasi posisi *interceptor* terhadap hambatan total katamaran, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hambatan total (R_T) katamaran meningkat seiring dengan kenaikan bilangan Froude (Fr) pada seluruh variasi posisi *interceptor* yang dianalisis. Pada rentang Fr 0,6; 0,8; 1,0; 1,2, peningkatan kecepatan menyebabkan peningkatan gaya hambatan total secara signifikan, yang menunjukkan bahwa bilangan *Froude* merupakan parameter dominan dalam menentukan besarnya hambatan total katamaran.
2. Pada kondisi tanpa *interceptor*, nilai hambatan total meningkat dari 14,50 N pada Fr 0,6 menjadi 47,40 N pada Fr 1,2. Penggunaan *full interceptor* memberikan performa paling optimum dibandingkan variasi lainnya. Konfigurasi ini mampu menurunkan hambatan total rata-rata sebesar 0,17 N atau sekitar 1,03% dibandingkan model tanpa *interceptor*. Pada kondisi terbaik, yaitu Fr 0,6, hambatan total berkurang dari 14,50 N menjadi 13,93 N. Secara keseluruhan, jika dibandingkan dengan seluruh variasi posisi *interceptor*, *full interceptor* menghasilkan penurunan hambatan maksimum hingga sekitar 1,37%, sehingga dapat dinyatakan sebagai konfigurasi paling efektif dalam penelitian ini.
3. Sebaliknya, *partial near keel interceptor* dan *partial near side interceptor* hanya menunjukkan penurunan hambatan pada Froude number rendah. *Partial near keel interceptor* menurunkan hambatan sebesar 1,52% pada Fr 0,6, namun pada Fr yang lebih tinggi justru meningkatkan hambatan dengan kenaikan rata-rata sekitar 0,91%. *Partial near side interceptor* menunjukkan penurunan terbesar pada Fr 0,6 sebesar 2,07%, tetapi secara keseluruhan menghasilkan kenaikan hambatan rata-rata sekitar 0,69% pada *Froude number* menengah hingga tinggi.

4. Variasi posisi *interceptor* memberikan pengaruh yang relatif kecil terhadap nilai hambatan total, ditunjukkan oleh selisih R_T antar konfigurasi yang sangat kecil dan kurva hambatan yang hampir saling bertumpuk pada grafik hasil simulasi. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan posisi *interceptor* tidak mengubah karakteristik hambatan total secara drastis pada konfigurasi katamaran yang diteliti.
5. Meskipun perbedaannya tidak signifikan, konfigurasi *full interceptor* cenderung menghasilkan nilai hambatan total paling rendah dibandingkan variasi tanpa *interceptor*, *partial near keel*, dan *partial near side*. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan *interceptor* secara penuh mampu memberikan distribusi tekanan yang lebih menguntungkan di bagian buritan lambung.
6. Variasi *partial near side interceptor* dan *partial near keel interceptor* menunjukkan kecenderungan hambatan total sedikit lebih tinggi dibandingkan *full interceptor* dan tanpa *interceptor*, terutama pada Fr tinggi. Kondisi ini diduga berkaitan dengan interaksi aliran lokal di sekitar lambung yang belum optimal akibat penempatan *interceptor* secara parsial.

40
7. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa *full interceptor* merupakan konfigurasi paling optimum dalam penelitian ini untuk meminimalkan hambatan total katamaran, meskipun tingkat optimalitasnya bersifat marginal. Temuan ini selaras dengan literatur hidrodinamika kapal cepat yang menyatakan bahwa *interceptor* bekerja efektif melalui modifikasi distribusi tekanan dan pengurangan trim kapal.

10 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji pengaruh *interceptor* terhadap parameter hidrodinamika lain, seperti *trim*, *sinkage*, gaya angkat, dan efisiensi propulsi, sehingga evaluasi performa kapal dapat dilakukan secara lebih komprehensif.

2. Variasi sudut serang (*angle of attack/AoA*) *interceptor* perlu dianalisis, mengingat beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *AoA* memiliki pengaruh signifikan terhadap efektivitas *interceptor* dalam mengurangi hambatan kapal.
3. Perlu dilakukan simulasi pada rentang bilangan *Froude* yang lebih luas atau pada kondisi kapal berkecepatan lebih tinggi untuk melihat potensi pengaruh *interceptor* yang lebih signifikan terhadap hambatan total.
4. Untuk meningkatkan keandalan hasil, validasi eksperimental tambahan atau perbandingan dengan data uji model lain sangat disarankan agar hasil simulasi CFD dapat semakin memperkuat kesimpulan penelitian.
5. Penelitian lanjutan juga dapat mempertimbangkan pengaruh variasi geometri *interceptor* (panjang, tinggi, dan ketebalan) serta interaksinya dengan jarak antar lambung (*clearance*) pada katamaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Faltinsen, O. M. (2005). *Hydrodynamics of high-speed marine vehicles*. Cambridge university press.
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=Rv4Iep_NTAUC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Faltinsen
- Fossen, T. I. (2011). *Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control*. John Wiley & Sons.
<https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=oR3sBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA133&dq=Fossen>
- Hadi, E. S., Jokosisworo, S., & Widyanto, W. (2012). Analisa Performa Hullform Pada Pra Perancangan Speed Boat Katamaran Untuk Search And Rescue (SAR) di Pantai Gunungkidul Yogyakarta Berbasis CFD. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 9(1), 6-13.
<https://doi.org/10.14710/kpl.v9i1.3815>
- M. Novan H.A. (2011). *Analisa Hambatan Kapal dan Komponen-Komponennya*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
https://www.scribd.com/document/380272343/Analisa-Pengaruh-Penambahan-Stern-Flap-Pada-Kapal-Planing-Hull-Dalam-Usaha-Untuk-Mengurangi-Tahanan-Kapal-pdf?utm_
- Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2017). *Ship resistance and propulsion*. Cambridge university press.
<https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=rAAtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR17&dq=Molland>
- Papanikolaou, A. (2014). *Ship design: methodologies of preliminary design*. Springer.
<https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=WACKBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=Papanikolaou>
- Putra, A. M. F., & Suzuki, H. (2024). Experimental and numerical study on the high-speed ship hydrodynamics influenced by an interceptor with varied angle of attack. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 16, 100566.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092678223000559>

- Renilson, M. R. (2018). Introduction to Multihull Ship Design.
<https://www.mdpi.com/2413-4155/7/2/82>
- Sulistyawati, W., Yanuar, & Pamitran, A. S. (2020). The influences of diversity hull shapes and outriggers arrangement in pentamaran systems. *Energy Reports*, 6, 595–600.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719310741>
- Yanuar, G., Utomo, A. S. A., Luthfi, M. N., Baezal, M. A. B., Majid, F. R. S., & Chairunisa, Z. (2020). Numerical and experimental analysis of total hull resistance on floating catamaran pontoon for N219 seaplanes based on biomimetics design with clearance configuration. *International Journal of Technology*, 11(7), 1397-1405.
<https://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/4503>
- Song, K., Gong, J., Ge, S., Sun, C., Yang, H., & Zhang, W. (2023). Ship energy-saving device: Influence of the scale effect and hull roughness on the resistance reduction effect of an interceptor. *Ocean Engineering*, 287, 115875.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002980182302259X>
- Carlton, J. (2018). *Marine propellers and propulsion*. Butterworth-Heinemann.
<https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=2drWDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Carlton>
- Larsson, L., Raven, H. C., & Paulling, J. R. (2010). Ship resistance and flow. (*No Title*).
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1971430859762750147>

ANALISIS VARIASI POSISI INTERCEPTOR UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGARUH HAMBATAN PADA KATAMARAN

ORIGINALITY REPORT

7 %

SIMILARITY INDEX

6 %

INTERNET SOURCES

3 %

PUBLICATIONS

1 %

STUDENT PAPERS

Rayaldi
Rayaldi

PRIMARY SOURCES

1

ejurnal.its.ac.id

Internet Source

1 %

2

repository.its.ac.id

Internet Source

1 %

3

Tseng, M.H.. "Improved treatment of source terms in TVD scheme for shallow water equations", Advances in Water Resources, 200406

Publication

<1 %

4

www.ekurhuleni.gov.za

Internet Source

<1 %

5

Abdul Rohman Rohman. "ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT CHINEPADA LAMBUNG KAPAL PATROLI DENGAN MENGGUNAKAN METODE CFD", INOVTEK Polbeng, 2025

Publication

<1 %

6	Jieyu Jiang, Tangqin Wu, Jianxin Yi, Xi Jiang. "A Study of Instabilities in Hydrogen-air Impinging Jet Flames Using Two and Three Dimensional Direct Numerical Simulations", <i>Energy Procedia</i> , 2015 Publication	<1 %
7	library.polmed.ac.id Internet Source	<1 %
8	repository.upnvj.ac.id Internet Source	<1 %
9	id.123dok.com Internet Source	<1 %
10	Submitted to Telkom University Student Paper	<1 %
11	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
12	www.scribd.com Internet Source	<1 %
13	adoc.pub Internet Source	<1 %
14	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
15	eprints.untirta.ac.id Internet Source	<1 %

16	ejournal.upnvj.ac.id Internet Source	<1 %
----	---	------

17	Submitted to Rektorat (ADM) Student Paper	<1 %
----	--	------

18	Aprilia, Shofura Afifah, Amun, Eka Kurniawan, Geofakta Razali. "The Role of Communication on Motivation on Employee Performance Apartemen the Royal Olive Residence", Formosa Journal of Sustainable Research, 2023 Publication	<1 %
----	--	------

19	Submitted to Fakultas Teknik Student Paper	<1 %
----	---	------

20	Submitted to Universitas Jenderal Achmad Yani Student Paper	<1 %
----	--	------

21	docplayer.info Internet Source	<1 %
----	---	------

22	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
----	---	------

23	repositori.unud.ac.id Internet Source	<1 %
----	---	------

24	repository.stainparepare.ac.id Internet Source	<1 %
----	---	------

25

Internet Source

<1 %

26

etd.repository.ugm.ac.id

Internet Source

<1 %

27

www.coursehero.com

Internet Source

<1 %

28

fr.scribd.com

Internet Source

<1 %

29

moe.gov.sa

Internet Source

<1 %

30

repo.unida.gontor.ac.id

Internet Source

<1 %

31

sipeg.unj.ac.id

Internet Source

<1 %

32

www.researchgate.net

Internet Source

<1 %

33

akper.yapenas21maros.ac.id

Internet Source

<1 %

34

core.ac.uk

Internet Source

<1 %

35

es.scribd.com

Internet Source

<1 %

36

inameq.com

Internet Source

<1 %

37	indopediajurnal.my.id Internet Source	<1 %
38	invotek.ppj.unp.ac.id Internet Source	<1 %
39	miratannia.blogspot.com Internet Source	<1 %
40	repository.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
41	Kewei Song, Jie Gong, Shenwei Ge, Cong Sun, Haiyan Yang, Weiping Zhang. "Ship energy-saving device: Influence of the scale effect and hull roughness on the resistance reduction effect of an interceptor", Ocean Engineering, 2023 Publication	<1 %
42	Rui Deng, Yu-xiao Hu, Si-chong Huang, Zhi-jie Song, Shi-gang Wang, Tie-cheng Wu. "Study of the Lift Force Induced by An Interceptor on A High-Speed Mono-Hull: The Affecting Factors and Estimation Formula", China Ocean Engineering, 2024 Publication	<1 %

Exclude bibliography On