

ANALISIS HAMBATAN PENAMBAHAN STERN FLAP PADA KAPAL PATROLI PENGAWAS PERIKANAN MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC

Abdul Aziz¹, Hery Indria Dwi Puspita², Wazirotus Sakinah², Sumarji²
Hary Sutjahjono², Digdo Listyadi Setiawan²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Jember

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan, Teknik Universitas Jember,

Jl. Kalimantan 37, Jember

Email: 191910701003@mail.unej.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the addition of Stern flap to the performance of fisheries surveillance patrol vessels using Computational Fluid Dynamics (CFD). Stern flap is an additional component on the hull installed at the stern of the ship and serves to reduce the resistance that occurs on the ship. The design or simulation used to compile this research is a literature study, with the Computational Fluid Dynamics method using ANSYS Workbench for Student 2023 R2 software simulation. This study discusses the analysis, simulation, and research results related to hydrostatic and aerodynamic resistance on patrol boat models with and without the use of stern flaps at speed variations from 10 knots to 25 knots. The results show that the use of stern flaps increases hydrostatic resistance at low speeds, but can reduce aerodynamic resistance at high speeds. The comparison shows a significant increase in hydrostatic resistance at low speed with the highest value at 10 knots of 54%, while a decrease in aerodynamic resistance occurs at high speed, especially at 25 knots with a decrease of 23%. These results provide important insights in patrol boat design for performance optimization at various operational speeds.

Keywords: Stern flap, CFD, Resistance, Velocity.

PENDAHULUAN

Stern flap merupakan perangkat yang ditempatkan pada bagian belakang kapal (buritan) lambung tunggal (*monohull*) untuk mengontrol aliran fluida dan meningkatkan performa kapal. *Stern flap* didasarkan pada prinsip hidrodinamika, yaitu bagaimana air mempengaruhi gerakan dan performa suatu kapal. Metode *stern flap* mengacu pada pemahaman tentang cara kerja aliran fluida dan hambatan pada kapal, serta bagaimana perangkat ini dapat mempengaruhi kinerja kapal. Dengan memahami prinsip-prinsip hidrodinamika, metode *stern flap* dapat diterapkan untuk memperbaiki performa kapal [1].

Pemakaian *stern flap* pada kapal patroli pengawas perikanan adalah untuk meningkatkan stabilitas dan efisiensi kapal saat berlayar pada kecepatan tinggi. *Stern flap* membantu mengurangi hambatan air dan memperbaiki kinerja *propeller*, sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar dan kenyamanan bermain kapal [2].

Kapal Patroli Pengawas Perikanan membutuhkan solusi efektif untuk mengatasi masalah terkait dengan aliran fluida dan hambatan saat berlayar pada kecepatan tinggi. *Stern flap* dianggap sebagai solusi potensial untuk memperbaiki performa kapal dan mengurangi hambatan air.

Tujuan penelitian *stern flap* pada kapal patroli pengawas perikanan berasal dari keinginan untuk meningkatkan performa dan efisiensi kapal. Penelitian ini dilakukan untuk memahami bagaimana *stern flap* mempengaruhi aliran fluida dan kinerja kapal, dan bagaimana perangkat ini dapat memperbaiki performa kapal saat berlayar pada kecepatan tinggi. Melalui penelitian, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan performa kapal patroli pengawas perikanan. Penelitian *stern flap* juga dapat membantu dalam memahami bagaimana perangkat ini dapat diterapkan pada jenis kapal Patroli Pengawas Perikanan dan membantu dalam meningkatkan teknologi kapal secara umum [1].

Penelitian ini, memiliki fokus tujuan untuk mengetahui nilai hambatan terhadap variasi kecepatan serta perbandingan nilai hambatan hidrostatis juga aerodinamis sebelum dan setelah ditambahkan *stern flap* pada kapal Patroli Pengawas Perikanan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dan simulasi. Pada metode studi literatur, digunakan untuk mendalami dan mempelajari literatur yang relevan dengan penelitian ini, serta

menemukan permasalahan-permasalahan yang sesuai objek penelitian.

Penelitian ini, diawali dengan pengumpulan data melalui hasil studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga diperoleh data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer dari penelitian ini berupa ukuran kapal, *lines plan* kapal, dan kecepatan kapal yang diperoleh dari PT Blambangan Bahari Shipyard. Data sekunder berupa studi literatur tentang analisis numerik kinerja kapal Patroli Pengawas Perikanan dengan *stern flap* yang bersumber dari buku, jurnal-jurnal ilmiah, dan sumber literatur lainnya.

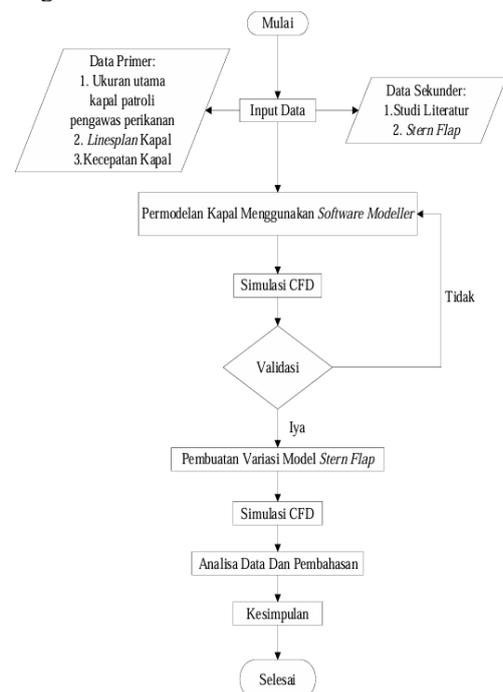
Metode simulasi merupakan teknik untuk menganalisis permasalahan yang sesuai dengan objek penelitian ini yaitu aliran fluida. Metode ini diawali dengan menciptakan model kapal dengan dan tanpa *stern flap* lalu dilakukan percobaan melalui komputer. Melalui metode ini, memungkinkan untuk menjalankan berbagai skenario dan melihat bagaimana perubahan tertentu memengaruhi hasil, tanpa harus melakukan eksperimen di dunia nyata secara langsung dengan menggunakan komputer.

Pengolahan data dengan metode ini, secara garis besar yaitu:

- a. **Modeling**, membuat desain atau pemodelan dari objek penelitian menggunakan *software modeller*. Pemodelan yang dimaksud yaitu *stern flap* pada buritan kapal. Terdapat dua model desain kapal, yaitu menggunakan *stern flap* dan tanpa *stern flap*. Variasi bentuk desain *stern flap* yang direncanakan dalam penelitian ini adalah *stern flap* menggunakan sudut 6° dan memakai 4 variasi kecepatan dalam simulasi hambatan *stern flap* yaitu 10 knot, 15 knot, 20 knot, dan 25 knot.
- b. **Eksperimen**, hasil desain pada tahap pemodelan dilakukan simulasi sesuai dengan parameter untuk eksplorasi kemungkinan hasil. Simulasi yang dipilih adalah *computational fluid dynamic (CFD)* dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS Workbench for student 2023 R2 fluid flow (fluent)* dengan 5 tahapan, yaitu:
 - 1) **Geometry** merupakan tahapan input desain yang akan di simulasi
 - 2) **Mesh** merupakan proses membagi domain menjadi beberapa *cell*
 - 3) **Setup** merupakan proses pengaturan *general setting* lingkungan simulasi
 - 4) **Solution** merupakan tahap *software* memproses data dari *general setting*
 - 5) **Results** merupakan tampilan

hasil akhir simulasi pada *project schematic*

- c. **Analisis**, hasil dari simulasi digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait pemodelan atau desain penambahan *stern flap* bersifat efisien atau tidak pada kapal. Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan data-data hasil simulasi pada Ms. *office excel* dan disajikan dalam bentuk gambar dan grafik. Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini secara runtut, sesuai dengan diagram alir berikut.



Gambar 1 Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perolehan Data

Data yang diperoleh adalah data kapal Patroli Pengawas Perikanan dengan jenis *planning hull* yang sudah tersedia adalah sebagai berikut ;

Tabel 1 Ukuran utama kapal

| DATA KAPAL | | |
|------------|----------------------------------|------|
| Tipe Kapal | Kapal Patroli Pengawas Perikanan | |
| LOA | 15 | m |
| LWL | 13,12 | m |
| B | 1,9 | m |
| T | 0,5 | m |
| Vs | 25 | knot |

Keterangan:

LOA : *Length Over All*

LWL : *Length Water Line*

B : *Breath*

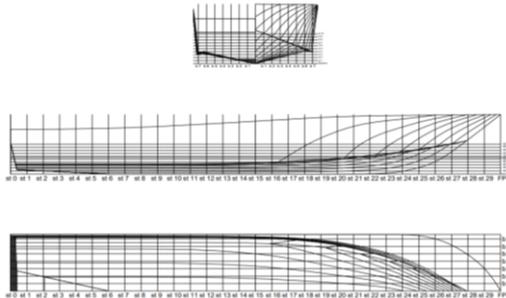
T : *Draught*

Tabel 2 Ukuran *stern flap*

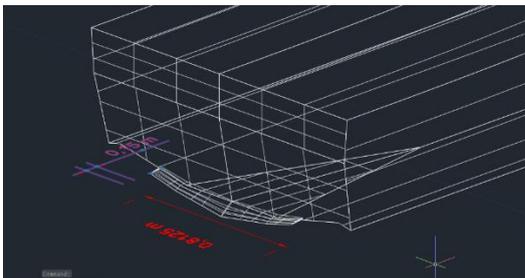
| Model | Lebar Span (%BT) | Panjang Cord (1%LPP) | Sudut (m) |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|
| <i>Stern Flap</i> | 100% | 0,8125 | 1% 0,15 6° |

Keterangan:

BT : *Breadth Transom*



Gambar 2 Desain Kapal



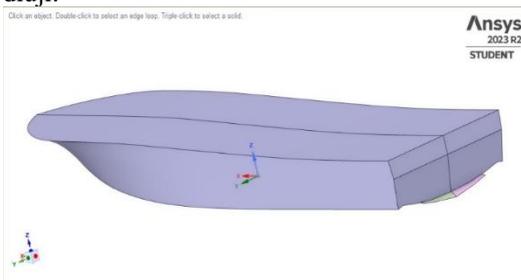
Gambar 3 Bentuk dan dimensi *Stern Flap*

2. Pembuatan Model *Software Modeller*

a. *Geometry*

Pembuatan model dilakukan berdasarkan rencana garis (*general arrangement*). Model kapal dibuat menggunakan model 3D melalui *software modeller*. kemudian di *export* agar gambar model dapat di input ke dalam *software ANSYS workbench R2 student version*. Lalu dilakukan pembuatan sebuah domain fluida.

Domain fluida dibuat dengan bentuk tabung, tujuan pembuatan domain fluida adalah sebagai tempat pengujian lambung kapal dan *stern flap*. Tahap ini menggunakan *geometry* pada menu ANSYS. Selanjutnya *import file* dari model yang telah dibuat **File > Import External Geometry File > klik file > Generate**. Setelah model muncul maka model tersebut sudah solid. Langkah selanjutnya pembuatan *boundary layers* yang akan digunakan sebagai tempat pengujian. *Boundary* yang digunakan pada penelitian ini berbentuk tabung. Pada *boundary layers* terdapat inlet, wall, outlet dan model *geometry* yang akan diuji.

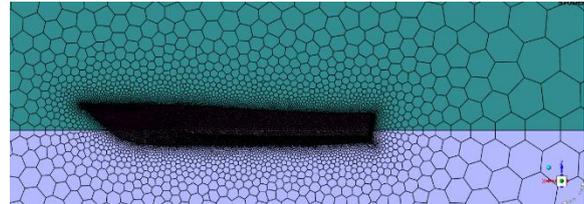


Gambar 4 Geometri kapal

b. *Meshing*

Tahap ini dilakukan pada *boundary layer* dan model lambung kapal, kemudian model *geometry* akan dibagi menjadi elemen–elemen kecil dari keseluruhan sistem dengan tujuan untuk melihat secara detail hasil analisis.

Sebelum melakukan *meshing* harus menentukan ukuran element yang akan digunakan. Semakin kecil element yang dibuat, maka jumlah element yang terbentuk semakin banyak.



Gambar 5 *Meshing*

c. *Setup*

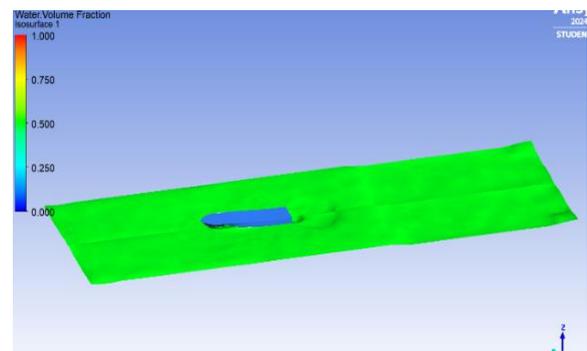
Tahap *setup* adalah tahapan yang melakukan proses analisis gambar yang telah melalui tahap *meshing*. Tahap ini digunakan menginputkan parameter nilai serta arah gaya yang bekerja pada analisis. Tahap ini membuat peraturan yang akan digunakan pada uji coba model untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

d. *Solution*

Tahap *solution* merupakan proses perhitungan (*running*) dilakukan berupa iterasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD. Tahap ini menghasilkan berupa grafik dari hasil *running* yang telah dilakukan. Serta dapat mengetahui hasil parameter yang telah diselesaikan.

e. *Result*

Tahap terakhir adalah tahap *result* atau hasil dari simulai, tahap ini dapat dilihat hasil dari simulasi. Penelitian hasil yang ingin dilihat adalah besar gaya hambatan pada *Stern flap* serta tahap ini dapat mengetahui besar tekanan yang *stern flap* dengan aliran yang memiliki kecepatan yang telah diketahui.



Gambar 6 *Result*

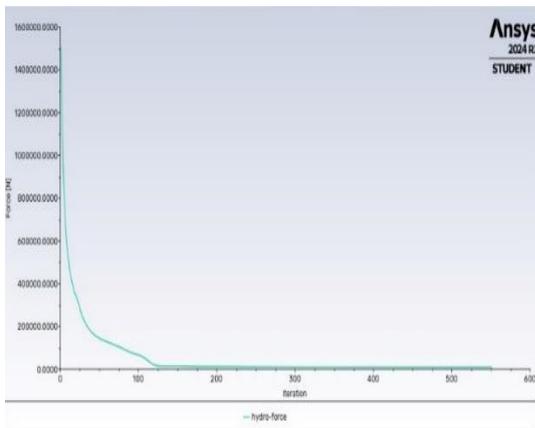
3. Konvergensi dan Grid Indipenden

a. *Konvergensi*

Konvergensi adalah pengaturan persamaan solver control untuk meminimalisir nilai eror pada simulasi yang telah dilakukan. Proses iterasi adalah tahap perhitungan *flow solver* yang dilakukan dengan batas yang telah ditentukan. Penentuan

jumlah iterasi dipengaruhi oleh tingkat ketelitian model yang disimulasikan.

Jumlah iterasi yang dihasilkan mempengaruhi tingkat akurasi tetelitian dari model yang telah dibuat, semakin banyak itarasi yang dihasilkan maka nilai yang dihasilkan lebih akurat. Jumlah total elemen yang digunakan pada pemodelan berbanding lurus dengan jumlah iterasi sehingga semakin banyak jumlah elemen atau grid yang dipakai dalam pemodelan maka semakin banyak pula iterasi yang perlu dilakukan untuk perhitungan model. Hasil iterasi juga mempengaruhi waktu yang diperlukan saat simulasi.



Gambar 7 Grafik konvergensi

Hasil diatas merupakan hasil dari konvergen dari simulasi yang telah dilakukan. Terlihat pada gambar menunjukkan hasil bahwa iterasi yang digunakan berhenti pada 550 iterasi, dengan artian simulasi yang telah dilakukan berhenti pada kondisi dimana perhitungan persamaan yang dilakukan sudah selesai. Gambar tersebut menunjukkan grafik konvergensi telah berhenti ketika grafik tersebut melintasi nilai yang lebih kecil dari 10^{-4} . Dengan artian bahwa grafik sudah mencapai batas iterasi yang sudah ditentukan. Kriteria nilai kovergensi atau persamaan yang digunakan dalam proses iterasi adalah 10^{-4} . Maka hasil dari simulasi yang telah dilakukan sudah dinyatakan selesai dan konvergen.

b. Grid Independen Test

Penentuan suatu grid independent test dapat dilakukan dengan cara menentukan titik optimal dari suatu nilai eksperimen atau nilai hasil simulasi yang disebut dengan grid independent. Besar jumlah elemen yang digunakan dalam perhitungan dapat menentukan keakuratan hasil yang didapat. Jumlah elemen dapat mempengaruhi perubahan bentuk geometry ketika dilakukan definite. Penggunaan jumlah elemen yang terlalu sedikit berpengaruh pada tingkat akurasi. Perlu diketahui bahwa penggunaan jumlah elemen sangat mempengaruhi hasil, oleh karena itu perlu dilakukan proses untuk mendapatkan nilai

jumlah grid secara optimum.

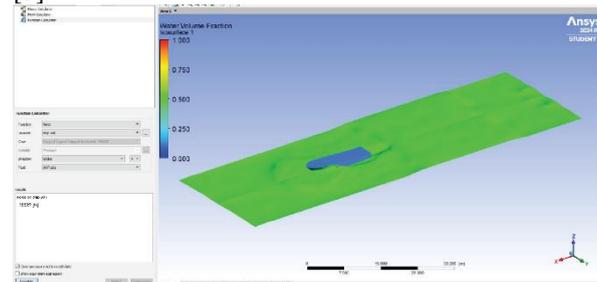
Untuk menentukan jumlah elemen yang semakin banyak diperlukan waktu sedikit lama dengan tujuan mendapatkan hasil yang akurat, akan tetapi jika jumlah elemen semakin banyak maka waktu yang dibutuhkan untuk *running* semakin lama pula. Dengan demikian perlu adanya titik optimum untuk mendapatkan hasil yang akurat dengan jumlah elemen seminimum mungkin. Titik optimum bisa didapatkan dengan menghitung selisih perbedaan nilai hambatan antara jumlah elemen dengan elemen sebelumnya, yang menghasilkan nilai kurang dari 2% [3].

Berikut ini adalah nilai hasil grid independen dan grafik *stern flap*.

Tabel 3 Grid independent

| Simulasi ke- | Jumlah Elemen | Water Force Resistance (N) | Water Resistance (kN) | %R |
|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------|-------|
| 1 | 99715 | 18499,5 | 7,17 | 6,54% |
| 2 | 261466 | 18436,25 | 7,64 | 1,96% |
| 3 | 547661 | 18527 | 7,49 | - |

Berdasarkan tabel di atas, hasil *grid independent* diketahui bahwa nilai selisih dari hambatan dan jumlah elemen yang didapat sudah dibawah 2% dari hasil sebelumnya. bahwa perbandingan selisih yang digunakan adalah hambatan dalam satuan kilo newton (kN), serta hasil dari perbandingan tersebut sudah menunjukan dibawah 2% yaitu 1,96 persen. Dari hasil tersebut maka jumlah elemen yang digunakan dalam simulasi adalah 547661 elemen. Fungsi dari *grid independence* tersebut adalah untuk mengetahui hasil dari tingkat akurasi dalam simulasi yang dilakukan [3].



Gambar 8 Grid Independen

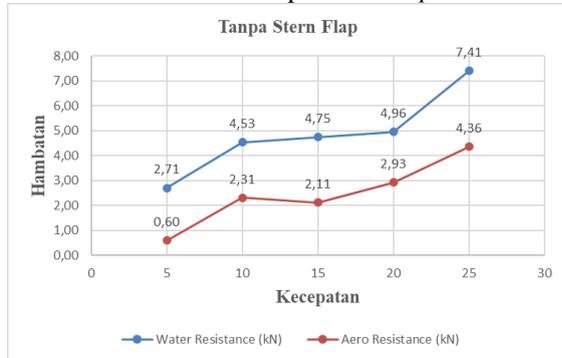
Pada gambar menjelaskan tentang hasil *grid independen* dimana aliran yang terjadi pada simulasi, jadi kontur warna yang ditampilkan pada gambar di atas menjelaskan besaran dari kecepatan aliran fluida yang terjadi saat simulasi. Kontur warna dari biru hingga merah menunjukkan kecepatan aliran dari kecepatan terendah hingga kecepatan tertinggi.

4. Simulasi

Hasil Simulasi dari penelitian ini berupa nilai hambatan hidrostatik dan hambatan udara. Hambatan hidrostatik merupakan hambatan akibat pengaruh viskositas, gelombang dan arus yang dibuat pada sekitar lingkungan objek simulasi. Sementara

hambatan udara merupakan salah satu komponen penyusun hambatan total kapal yang diakibatkan oleh gesekan antara badan kapal di atas permukaan air dengan fluida udara [4].

a. Hasil Simulasi Tanpa Stern Flap

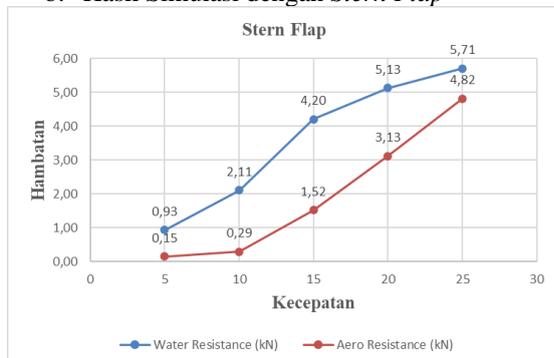


Gambar 9 Grafik hasil simulasi model tanpa *stern flap*

Berdasarkan gambar diketahui yang menyajikan data *water resistance* dan *aero resistance* pada kapal dengan variasi tanpa menggunakan *stern flap*. *Water resistance* merupakan tahanan kapal pada area *underwater*, *water resistance* memberikan pengaruh yang besar akibat adanya gesekan, dan gelombang dari air. Sedangkan *aero resistance* merupakan tahanan udara yang diakibatkan adanya hambatan pada udara yang terkena area *upper water*, seperti area *free board*, *superstructure*, dan *outfitting* lainnya.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar kecepatan kapal dapat mempengaruhi besarnya hambatan kapal. Baik untuk kondisi *water resistance* dan *aero resistance*. Pada kecepatan 10 knot besar *water resistance* sebesar 4,53 kN dan 2,31 kN untuk *aero resistance*. Sedangkan pada kondisi kecepatan kapal 25 knot besarnya *water resistance* kapal mencapai 7,41 kN dan 4,36 kN untuk *aero resistance*.

b. Hasil Simulasi dengan Stern Flap



Gambar 10 Grafik hasil simulasi model dengan *stern flap*

Berdasarkan gambar, yang menyajikan data *water resistance* dan *aero resistance* pada kapal dengan variasi menggunakan *stern flap*. *Water resistance* merupakan tahanan kapal pada area *underwater*, *water resistance* memberikan pengaruh yang besar akibat adanya gesekan, dan

gelombang dari air. Sedangkan *aero resistance* merupakan tahanan udara yang diakibatkan adanya hambatan pada udara yang terkena area *upper water*, seperti area *free board*, *superstructure*, dan *outfitting* lainnya.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar kecepatan kapal dapat mempengaruhi besarnya hambatan kapal. Baik untuk kondisi *water resistance* dan *aero resistance*. Pada kecepatan 10 knot besar *water resistance* sebesar 2,11 kN dan 0,29 kN untuk *aero resistance*. Sedangkan pada kondisi kecepatan kapal 25 knot besarnya *water resistance* kapal mencapai 5,71 kN dan 4,82 kN untuk *aero resistance*.

5. Pembahasan

a. Hambatan pada Kapal Patroli Pengawas Perikanan

Salah satu komponen hambatan yaitu hambatan viskositas. Besarnya hambatan viskos dipengaruhi beberapa faktor yaitu kecepatan kapal, jenis fluida dan luasan permukaan basah kapal. Seiring bertambahnya kecepatan kapal, nilai hambatan viskos terus bertambah. Pertambahan nilai hambatan viskos ini, ditandai dengan penurunan koefisien viskositas (CV) [5]. Selain itu, kecepatan serta arah arus dan gelombang juga mempengaruhi hambatan hidrostatis kapal. Hal tersebut sesuai dengan hasil simulasi pada model kapal patroli pengawas perikanan, dimana nilai hambatan relatif bertambah dengan bertambahnya variasi kecepatan yang diberikan.

Sama halnya dengan hambatan hidrostatis, hambatan udara juga relatif bertambah seiring dengan bertambahnya variasi kecepatan yang diberikan. Hal tersebut terjadi karena ketika kapal melaju dengan kecepatan tinggi, akan memicu terjadinya trim pada haluan. Trim pada haluan merupakan keadaan dimana badan kapal (haluan) terangkat ke atas air akibat besarnya tekanan yang diberikan dari arah buritan. Hal tersebut membuat luas permukaan lambung kapal di udara bertambah, sehingga area gaya gesek antara udara dan lambung kapal semakin besar dan membuat hambatan udara bertambah [4].

b. Hambatan pada Kapal Patroli Pengawas Perikanan Akibat Penambahan Stern Flap

Bagian tambahan (*stern flap*) dari lambung kapal digunakan untuk mengurangi hambatan yang terjadi di kapal. Penurunannya antara 1-10% dari hambatan total kapal. Interaksi antara viskositas dengan lambung kapal yang berlangsung secara terus menerus menyebabkan trim kapal. Hal tersebut dapat mengurangi hambatan propulsi dan meningkatkan kecepatan. Beberapa penelitian mengenai buritan flap telah dilakukan dan menghasilkan berbagai macam hasil. Pengurangan resistensi bervariasi dari 3,4% hingga 8,2% [6].

Pada penelitian ini, hasil simulasi menunjukkan pada variasi kecepatan Hambatan mulai naik signifikan pada variasi kecepatan sebesar

15 Knot yaitu sebesar 23%. Hal ini dikarenakan semakin lambat kecepatan kapal akan meningkatkan besar hambatan kapal, karena adanya perbandingan gaya hambat kapal dan gaya dorong kapal yang tidak terlalu signifikan.

c. Pengaruh Penambahan Stern Flap Terhadap Hambatan

Tabel 4 Hasil analisis hambatan hidrostatis

| No | Kecepatan | Tanpa Stern Flap (kN) | Stern Flap (kN) | Selisih (%) | Keterangan |
|----|-----------|-----------------------|-----------------|-------------|------------|
| 1 | 25 knot | 7,41 | 5,71 | 23% | (+) |
| 2 | 20 knot | 4,96 | 4,73 | 5% | (+) |
| 3 | 15 knot | 4,75 | 4,20 | 11% | (+) |
| 4 | 10 knot | 4,53 | 2,11 | 54% | (+) |

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa penambahan *stern flap* dapat mempengaruhi total hambatan yang terjadi pada kapal. Hal tersebut terjadi karena panjang dan sudut *stern flap* yang ditambahkan. Secara umum pada kecepatan rendah semakin panjang *stern flap* menghasilkan hambatan total yang lebih kecil, sedangkan sebaliknya pada kecepatan tinggi ukuran panjang *stern flap* yang lebih pendek menghasilkan hambatan total yang lebih kecil. Untuk pengaruh sudut, secara umum pada semua kecepatan semakin besar sudut *stern flap* menghasilkan hambatan total yang lebih kecil. [7].

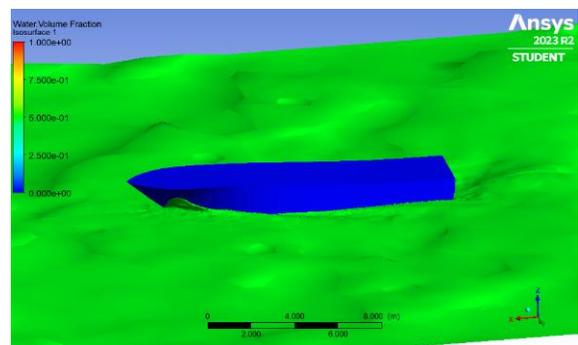
Pada tabel di atas, di ketahui bahwa pada kecepatan rendah terjadi kenaikan nilai hambatan hidrostatis yang signifikan, namun mulai menurun pada variasi kecepatan yang lebih tinggi. Pada kecepatan 10 knot memiliki total hambatan yang lebih tinggi dibandingkan kecepatan 15 knot. Berdasarkan keterangan tersebut, disimpulkan bahwa desain *stern flap* yang dirancang difokuskan pada kapal kecepatan tinggi, mengingat jenis kapal pada objek penelitian ini adalah kapal patroli. Artinya, jika dilihat dari hasil simulasi, variasi panjang dan sudut yang dirancang sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mampu mengurangi hambatan total pada kecepatan maksimal saat kapal melakukan dinas. Hal tersebut juga terjadi pada hambatan udara, dimana hasil analisis dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Hasil analisis hambatan udara

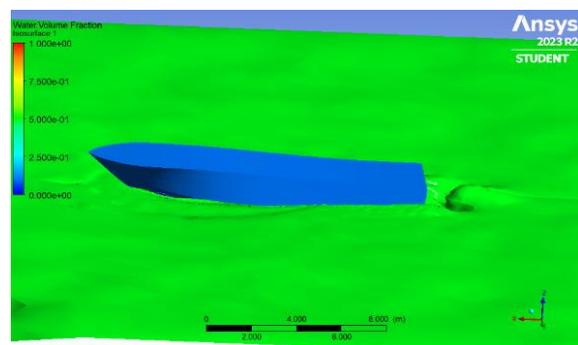
| No | Kecepatan | Tanpa Stern Flap (kN) | Stern Flap (kN) | Selisih (%) | Keterangan |
|----|-----------|-----------------------|-----------------|-------------|------------|
| 1 | 25 knot | 4,36 | 3,82 | 12% | (+) |
| 2 | 20 knot | 2,93 | 2,13 | 27% | (+) |
| 3 | 15 knot | 2,11 | 1,52 | 44% | (+) |
| 4 | 10 knot | 2,31 | 0,29 | 87% | (+) |

Faktor utama mengapa *stern flap* mampu mengurangi hambatan adalah pola aliran yang dihasilkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan penambahan *stern flap* di buritan kapal, dapat mengubah pola aliran air di sekitar buritan [6].

Pengurangan hambatan pada kapal dengan *stern flap* diakibatkan oleh adanya tekanan yang timbul dan perbaikan pola aliran. Pola aliran fluida yang uniform akan mengurangi nilai hambatan yang terjadi. Penambahan variasi model ini dapat mempengaruhi aliran fluida yang sedang dialami oleh bagian lambung kapal. Aliran fluida akan mengalami penurunan kecepatan pada daerah yang dipasang variasi ini dan aliran fluida akan mengalami peningkatan kecepatan pada saat setelah melewati bagian variasi yang dipasang. Dengan penurunan kecepatan maka akan terjadi kenaikan tekanan pada kapal [8].



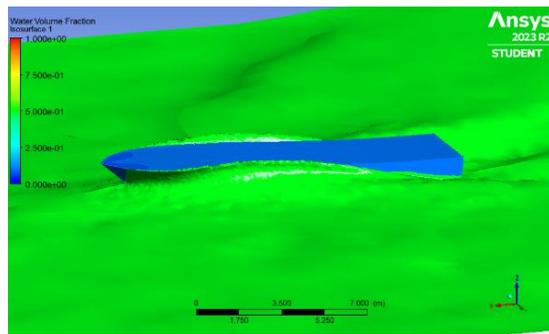
(a)



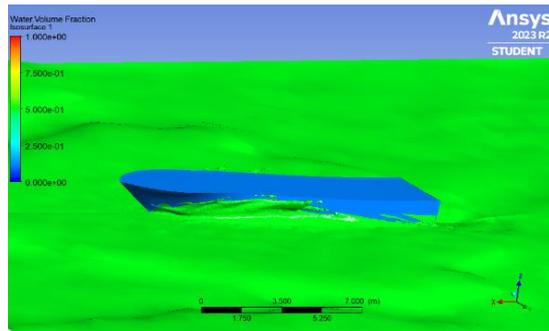
(b)

Gambar 11 Simulasi pada kecepatan rendah (a) Tanpa *stern flap* (b) *Stern flap*

Berdasarkan gambar di atas, pada model tanpa *stern flap* pola aliran di area buritan diteruskan namun terdapat area aliran yang berputar (*turbulen*) menuju ke bagian bawah buritan kapal. Sedangkan pada model dengan *stern flap*, pola aliran yang dihasilkan hampir mirip, tetapi area aliran yang putaran (*turbulen*) dari model ini nampak lebih besar. Peristiwa tersebut yang menyebabkan mengapa model kapal dari simulasi tersebut, pada saat kecepatan rendah maka hambatan yang terjadi akan lebih besar jika dibandingkan dengan model kapal tanpa adanya *stern flap*.



(a)



(b)

Gambar 12 Simulasi pada kecepatan tinggi
(a) Tanpa *stern flap* (b) *Stern flap*

Berdasarkan gambar di atas, pada model tanpa *stern flap* pola aliran di area buritan diteruskan lurus ke belakang, namun pada area samping lambung kapal terdapat putaran aliran (turbulen) yang disebabkan oleh area lambung buritan yang tercelup oleh air. Hal tersebut yang dapat menambah hambatan pada kapal karena adanya penambahan luas area yang tercelup oleh air. Sedangkan pada model dengan *stern flap*, pola aliran yang dihasilkan tampak diteruskan ke belakang dengan pola sebarannya yang lebih luas dan mengurangi area lambung yang tercelup air. Pada model dengan *stern flap*, juga nampak area buritan yang lebih terangkat sehingga beban hambatan pada buritan berkurang. Hal ini yang menyebabkan mengapa pada kecepatan maksimal hambatan yang terjadi lebih rendah dengan adanya *stern flap*.

Penambahan *stern flap* pada buritan membuat pola aliran menjadi sedikit memanjang dan arah aliran menjadi ke arah bawah. Meskipun, pola aliran ke arah bawah, namun arah aliran tetap terdapat aliran memusar pada bagian buritan. Sehingga besar kemungkinan apabila kapal melaju dengan kecepatan rendah mengalami tambahan hambatan [9].

Pada kecepatan rendah, transom dan *flap* berada di bawah air sepenuhnya. Hambatan mengalami peningkatan akibat tarikan dari pusanan di area transom dan *flap*. Ketika kecepatan meningkat, area transom dan *flap* semakin terangkat ke atas permukaan air. Hal tersebut membuat aliran air dapat diteruskan sehingga hambatan semakin berkurang [7].

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa, simulasi serta pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

- Nilai dari hambatan dari tiap variasi kecepatan kapal sebelum penambahan *stern flap* pada model kapal patroli yang digunakan yaitu pada variasi kecepatan 10 knot terdapat hambatan hidrostatik sebesar 2,11 kN; pada variasi kecepatan 15 knot sebesar 4,20 kN, pada variasi kecepatan 20 knot terdapat hambatan hidrostatik sebesar 5,13 kN; pada variasi kecepatan 25 knot terdapat hambatan hidrostatik sebesar 7,41 kN. Sedangkan untuk hambatan udara pada variasi kecepatan 10 knot terdapat hambatan aerodinamis sebesar 0,29 kN dan variasi kecepatan tertinggi 25 Knot terdapat hambatan aerodinamis sebesar 4,82 kN.
- Nilai dari hambatan dari tiap variasi kecepatan kapal pada model kapal patroli dengan penambahan *stern flap* yang digunakan yaitu pada variasi kecepatan 10 knot terdapat hambatan hidrostatik sebesar 4,53 kN; pada variasi kecepatan 15 knot sebesar 4,75 kN, pada variasi kecepatan 20 knot terdapat hambatan hidrostatik sebesar 4,96 kN; pada variasi kecepatan 25 knot terdapat hambatan hidrostatik sebesar 7,41 kN. Sedangkan untuk hambatan udara pada variasi kecepatan 10 knot terdapat hambatan aerodinamis sebesar 0,29 kN dan pada variasi kecepatan tertinggi 25 knot terdapat hambatan aerodinamis sebesar 4,82 kN.
- Perbandingan nilai hambatan hidrostatik pada model kapal tanpa penggunaan *stern flap* dengan model kapal menggunakan *stern flap* yaitu pada nilai hambatan hidrostatik terjadi penambahan nilai untuk kecepatan 10 knot, 15 knot dan 20 knot adalah sebesar 54%; 11%; dan 5%. Sedangkan nilai hambatan hidrostatik terjadi pengurangan nilai untuk kecepatan 25 knot adalah sebesar 23%. Sedangkan untuk pada hambatan aerodinamis pada model kapal tanpa penggunaan *stern flap* dengan model kapal menggunakan *stern flap* yaitu pada nilai hambatan hidrostatik terjadi penambahan nilai untuk kecepatan 10 knot dan 20 knot adalah sebesar 87% dan 27% sedangkan nilai hambatan hidrostatik terjadi pengurangan nilai untuk kecepatan 25 knot adalah 12%.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti memiliki saran yang dapat diberikan kepada pembaca yang berkaitan dengan penambahan variasi *stern flap* adalah sebagai berikut:

- Dapat memberikan variasi jumlah *stern flap* yang dipasangkan pada bagian lambung belakang kapal.
- Dapat memberikan variasi geometri *stern flap* yang dipasangkan pada bagian lambung belakang kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jadmiko, E., Sunarsih, S., & Wulandari, J.

- (2020). Numerical Analysis of Patrol Boat Performance with a *Stern flap*. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 5(2).
<https://doi.org/10.12962/j25481479.v5i2.5560>
- [2] Fadillah, A., Manullang, S., & Irvana, R. (2019). Stabilitas, Hambatan Dan Olah Gerak Kapal Ikan Multi Purpose Net/Line Hauler 20 Gt Berdasarkan Kajian Ukuran Dan Bentuk Kasko Kapal. *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 10(2), 117–128.
<https://doi.org/10.29244/jmf.v10i2.29313>
- [3] Larsson, L., & Raven, H. C. (2010). *The Principles of Naval Architecture Series Ship Resistance and Flow*.
- [4] Dewi, R., Budiarto, U., Santosa, A. W. B., Hadi, E. S., Manik, P., & Mursid, O. (2021). Pengaruh Penambahan Variasi Geometri Stern Flap Terhadap Nilai Hambatan Pada Kapal Patroli Perikanan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, 22(1), 1.
<https://doi.org/10.33556/jstm.v22i1.296>
- [5] A. H. Lillah. (2018). Analisis Hambatan Penambahan Wave Piercing pada Kapal Katamaran Menggunakan CFD. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Jadmiko, E., Arief, I. S., & Arif, L. (2018). *Comparison of Stern Wedge and Stern Flap on Fast Monohull Vessel Resistance*. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 3(2), 41–49.
<https://doi.org/10.12962/j25481479.v3i2.4601>
- [7] Jefri, H., Deddy, C., & Eko Sasmito, H. (2016). Analisa Hambatan Akibat Penambahan Stern Flap Pada Kapal Kri Todak Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (Cfd). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4), 758–767.
- [8] Haryadi, R. T., Hadi, E. S., & Zakki, A. F. (2020). Analisa Hambatan Kapal Perintis 750 DWT Akibat Penambahan Wedge Dengan Variasi Sudut Dan Bentuk Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD). *Teknik Perkapalan*, 8(3), 368–374.
- [9] Abriansyah, L. A. (2018). Perbandingan Hambatan Kapal Akibat Penambahan Stern Flaps dan Stern Wedge Pada Kapal Cepat Monohull. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.