

Analisis Pengaruh Penggunaan *Ulstein X-Bow* pada Kapal Perintis Type 750 DWT Terhadap Nilai Hambatan dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*

Frans Simanjuntak¹, Samuel*, Parlindungan Manik¹, Eko Sasmito Hadi¹, Willma Amiruddin¹

¹Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Email: franssimanjuntak@students.undip.ac.id¹, samuel@ft.undip.ac.id^{*},
parlin1974@yahoo.com³, ekosasmitohadi@gmail.com⁴, wisilmiw@yahoo.com⁵

* corresponding author

Received 1 Oktober 2021 | Revised 1 November 2021 | Accepted 15 November 2021

ABSTRAK

Hambatan merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam mendesain sebuah kapal. Salah satu upaya untuk mengurangi hambatan adalah memodifikasi bentuk haluan kapal dengan menggunakan *Ulstein X-Bow*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan *Ulstein X-Bow* serta mencari nilai hambatan, trim dan sinkage terkecil dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan teknik *overset mesh*. Penerapan variasi Froude Number, Stem Angle, Flare Bow, serta kondisi perairan (*deep water* dan *medium shallow water*) dilakukan untuk mendapatkan bentuk desain yang paling optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Kapal Perintis 750 DWT dengan penggunaan *Ulstein X-Bow* pada kondisi perairan dalam (*deep water*) $h/t = 19.3$, dapat mengurangi nilai hambatan sebesar 4.85%, trim sebesar 2.32% dan sinkage sebesar 0.40% yang terdapat pada Model 4 dibandingkan dengan Model 1 pada Froude Number ($Fn = 0.24$), sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) $h/t = 4.0$, nilai hambatan, trim dan sinkage terkecil terjadi pada Kapal Perintis 750 DWT tanpa penggunaan *Ulstein X-Bow* pada Froude Number ($Fn = 0.24$).

Kata kunci: Hambatan, *Ulstein X-Bow*, Kapal Perintis 750 DWT, *Computational Fluid Dynamics*

ABSTRACT

Resistance is an important aspect that needs to be considered when designing a ship. One of the ways to reduce the resistance value is to modify the shape of the ship's bow using the *Ulstein X-Bow*. The main objective of this research is to find out the Effectiveness of using *Ulstein X-Bow* and to find the smallest resistance, trim and sinkage values using the CFD (*Computational Fluid Dynamics*) method with mesh *overset* techniques. The application of variations in Froude Number, Stem Angle, Flare Bow, and water conditions (*deep water* and *medium shallow water*) is done to get the most optimal design shape. The results of this study showed that in *deep water* conditions ($h/t = 19.3$), Perintis 750 DWT using *Ulstein X-Bow* can reduce the resistance value by 4.85%, trim by 2.32% and sinkage by 0.40% that can be found in model 4 compared to model 1 on Froude Number ($Fn = 0.24$), while in *medium shallow water* conditions $h/t = 4.0$, the smallest resistance, trim and sinkage values occur on the Perintis 750 DWT ship without using *Ulstein X-Bow* at Froude Number ($Fn = 0.24$).

Keywords: Resistance, *Ulstein X-Bow*, Perintis 750 DWT Ship, *Computational Fluid Dynamic*

1. PENDAHULUAN

Kapal perintis merupakan transportasi laut yang sangat diandalkan oleh masyarakat pada kepulauan terpencil dan perbatasan. Pengembangan desain kapal perintis dilakukan untuk mendukung transportasi laut dengan menggunakan metode numerik dan eksperimental [1].

Seiring dengan perkembangan teknologi, optimasi bentuk haluan terus dilakukan oleh desainer kapal untuk mencari bentuk haluan yang paling optimal, baik dari segi ekonomis maupun performa. Salah satu bentuk haluan yang dikembangkan merupakan *Ulstein X-Bow*[2]. *Ulstein X-Bow* merupakan bentuk haluan kapal yang mirip dengan *bulbousbow*. Tujuan utama *Ulstein X-Bow* adalah mengurangi hambatan gelombang lebih baik. Kapal dengan *Ulstein X-Bow* memiliki daya apung yang besar, disebabkan ada penambahan volume dari bentuknya [3]. Penggunaan *Ulstein X-Bow* tidak terbatas pada kapal-kapal lepas pantai saja. Keunggulan utama dari *Ulstein X-Bow* yang telah terbukti dalam aplikasi lepas pantai dan kapal niaga [4].

Kapal didesain untuk berlayar di laut lepas dengan kondisi perairan dalam (*deep water*) dan perairan medium (*medium shallow water*) [5]. Karakteristik kapal akan mengalami perubahan jika beroperasi pada perairan dalam dan medium.

Modifikasi bentuk haluan merupakan salah satu cara untuk mengurangi hambatan yang dimana berdampak secara langsung pada pengoperasian baik segi ekonomis dan teknis. Bentuk haluan merupakan salah satu bagian terpenting dari kapal, khususnya yang berhubungan erat dengan kecepatan kapal [6].

Berdasarkan paten *Ulstein X-Bow* [7] terdapat ketentuan seperti *stem angle* dan *flare bow*. *Stem angle* merupakan sudut kemiringan di bagian haluan pada *sheer plan* kapal yang diukur dari perpotongan memanjang kapal. *Flare bow* merupakan sudut kemiringan di haluan pada *body plan* kapal yang diukur dari perpotongan garis tinggi kapal dengan garis sarat kapal [8].

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya mengenai sudut *stem angle* dan *flare bow* pada kapal *Ulstein X-Bow* [3] menyimpulkan bahwa setiap perbedaan sudut *stem angle* dan *flare bow* sebesar 10°, hambatan kapal dapat berkurang, sehingga menghasilkan kinerja kapal yang optimal [8].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini akan mengamati penggunaan *Ulstein X-Bow* Kapal Perintis 750 DWT dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Dengan mengubah variasi sudut *stem angle* dan *flare bow* yang bertujuan untuk mengetahui besarnya perubahan hambatan kapal dengan posisi haluan yang berada pada beberapa variasi *stem angle* dan *flare bow* yang pengaruhnya terhadap *trim* dan *sinkage* pada kapal.

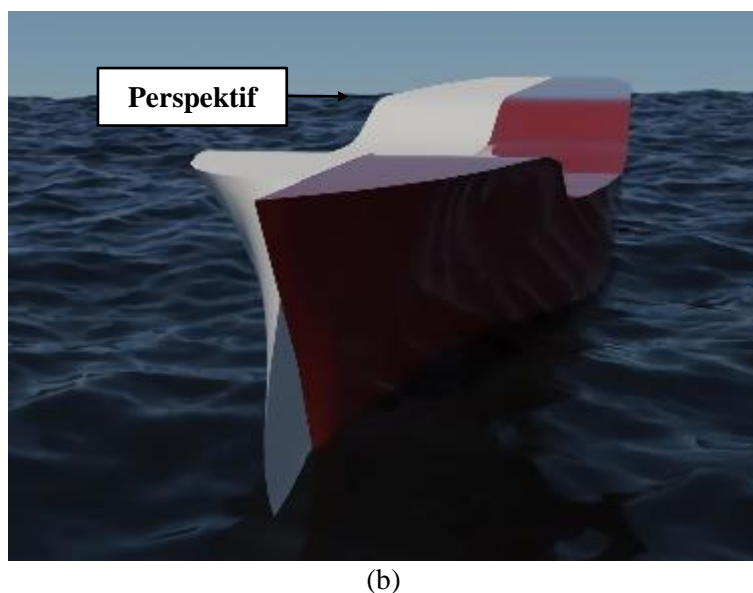
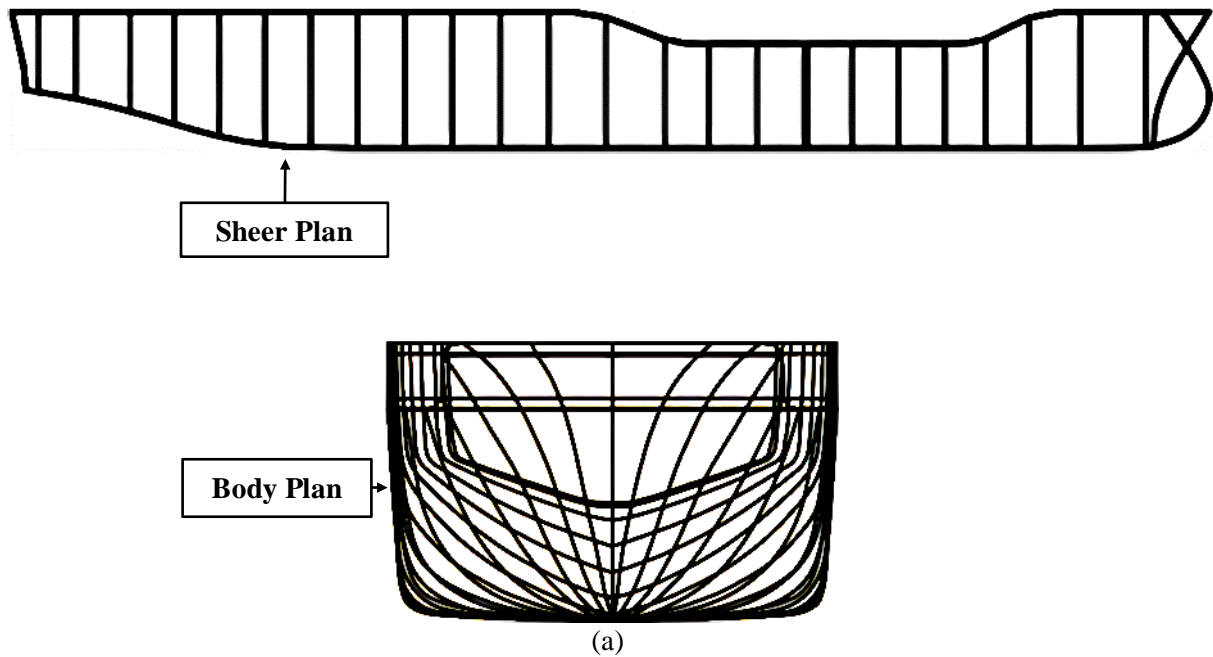
2. METODOLOGI

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini merupakan Kapal Perintis 750 DWT yang digunakan untuk memprediksi hambatan, *trim* dan *sinkage*. Data kapal yang digunakan merupakan *scale* model dari eksperimen yang sudah dilakukan pengujian *towing tank* dari LHI (Lembaga Hidrodinamika Indonesia) [1]. Data ukuran utama kapal Kapal Perintis dapat dilihat pada table 1 dibawah ini.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Perintis dan *Ulstein X-Bow*

Ukuran Utama	Perintis	Scale 1:18
LOA (m)	63.80	3,54
LPP (m)	57.00	3,16
B (m)	11.60	0,64
H (m)	4.50	0,25
T (m)	2.90	0,16
Δ (ton)	1131.22	62,84



Gambar 1. (a) Sheerplan, Bodyplan, Half Breath Plan [1] dan (b) 3D model Kapal Perintis 750 DWT & *Ulstein X-Bow*

2.2 Parameter Penelitian

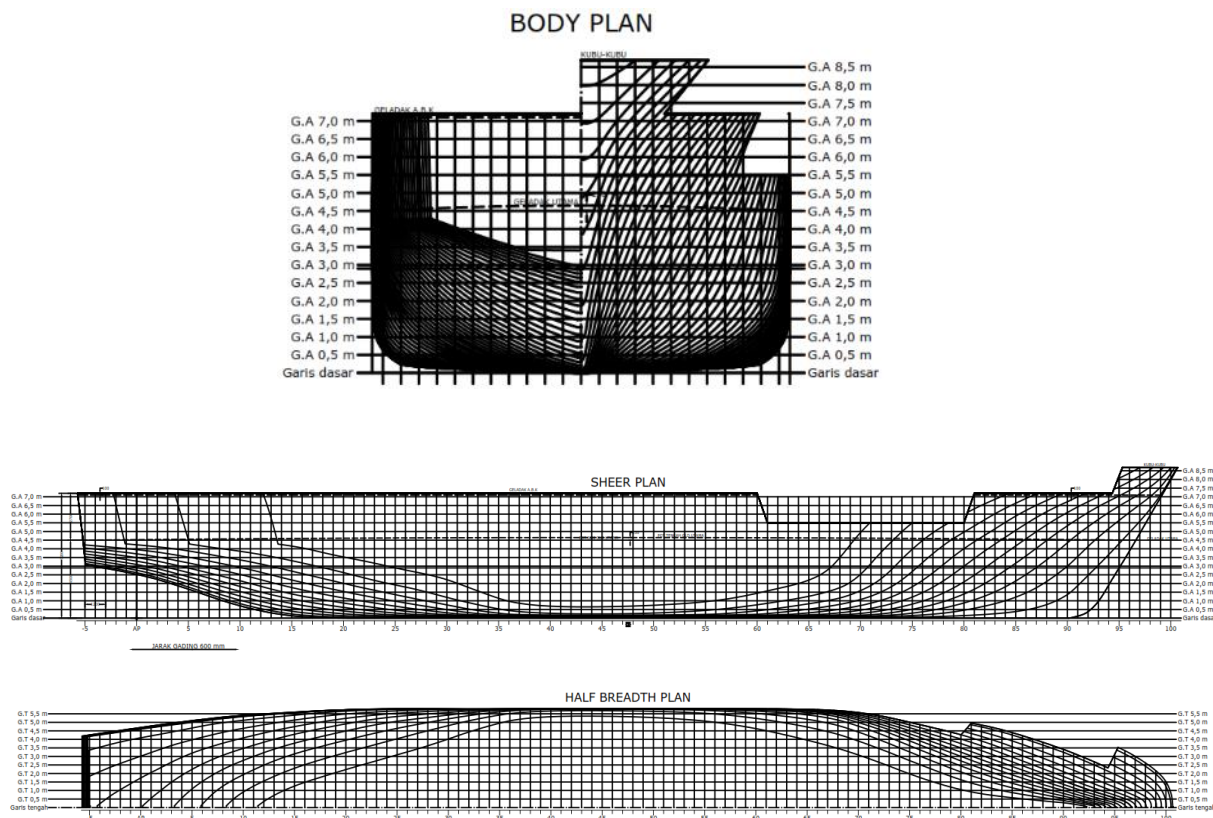
Analisis pada penelitian ini dilakukan pada Kapal Perintis dengan penggunaan *Ulstein X-Bow* dengan variasi *stem angle* dan *flare bow*, pada kondisi perairan dalam (*deep water*) dan perairan medium (*medium shallow water*).

Parameter tetap yang digunakan merupakan ukuran utama Kapal Perintis 750 DWT. Parameter tidak tetap yang digunakan merupakan variasi yang digunakan sudut *stem angle* 10°, 20° dan 30°, dan sudut *flare bow* 15° dan 5°, dengan kondisi perairan merupakan perairan dalam (*deep water*) $h/t = 19.3$ dan perairan medium (*medium shallow water*) $h/t = 4.0$, pada range *Froude Number* (Fn) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34.

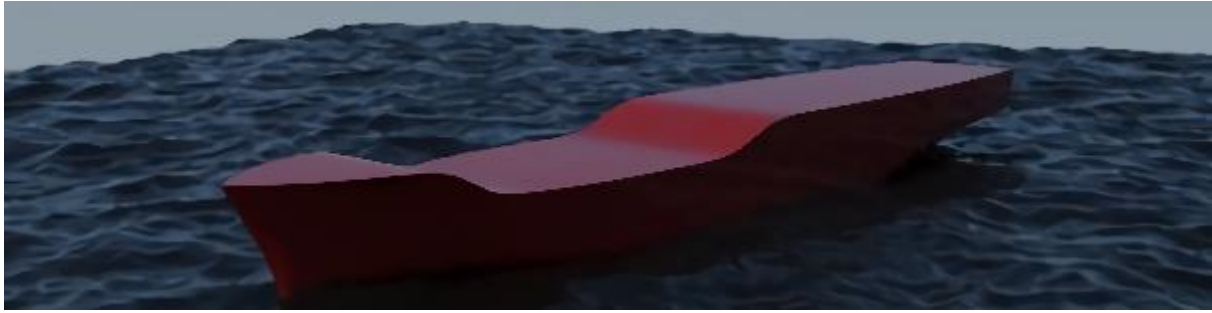
2.3 Model Kapal Perintis Type 750 DWT

Model Kapal Perintis 750 DWT didesain berdasarkan data ukuran utama yang telah dibangun oleh Kementerian Perhubungan. *Linesplan* Kapal Perintis 750 DWT yang dibuat menggunakan *software* pemodelan 2D kemudian dimodelin menggunakan *software* pemodelan 3D.

Dibawah ini merupakan gambar *Lines plan* dan model 3D menggunakan bantuan *software* pemodelan 2D dan pemodelan 3D seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.



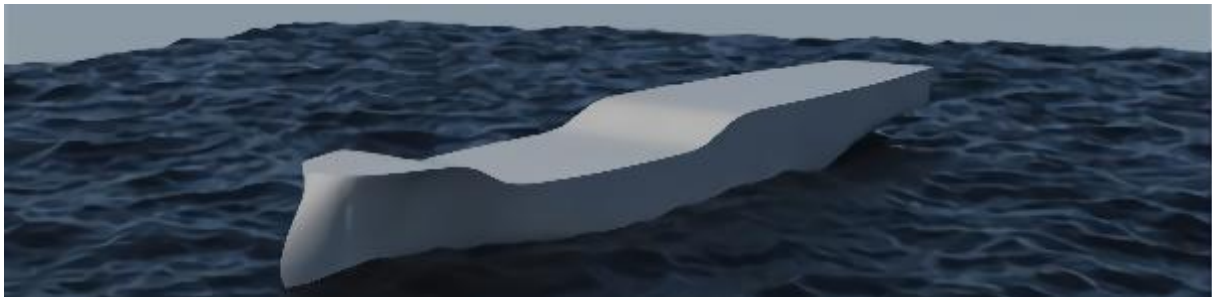
Gambar 2. *Lines Plan* Kapal [1]



Gambar 3. Model Hull Kapal Perintis 750 DWT

2.4 Model *Ulstein X-Bow*

Model *Ulstein X-Bow* dibuat menggunakan *software* pemodelan 2D untuk melakukan pengukuran sudut *stem angle* dan *flare bow*. Selanjutnya pemodelan menggunakan 3D modeling dengan skala 1:18 bertujuan untuk mempersingkat waktu simulasi. Penelitian ini menguji sebanyak 5 model variasi yang mengalami perubahan sudut *stem angle* dan *flare bow* pada Kapal Perintis 750 DWT. Pada gambar 4 menunjukkan model 3D dengan menggunakan *X-bow*.



Gambar 4. New model Hull Kapal Ulstein X-Bow

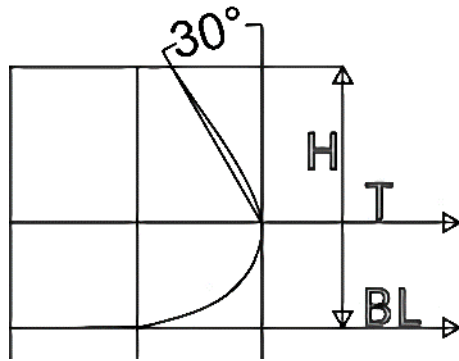
2.5 Variasi *Stem Angle* dan *Flare Bow*

Stem Angle merupakan sudut kemiringan di bagian haluan pada *sheer plan* kapal diukur dari perpotongan memanjang kapal. Untuk *stem angle* diatur dengan antara 0° - 55° [9]. *Flare Bow* merupakan sudut kemiringan bagian dari haluan pada *body plan* kapal yang diukur dari perpotongan garis tinggi dengan garis sarat kapal. Untuk *flare bow* diatur dengan antara 9° - 45° [9]. Berikut ini merupakan tabel variasi sudut *stem angle* dan *flare bow* yang diberikan pada tabel 2.

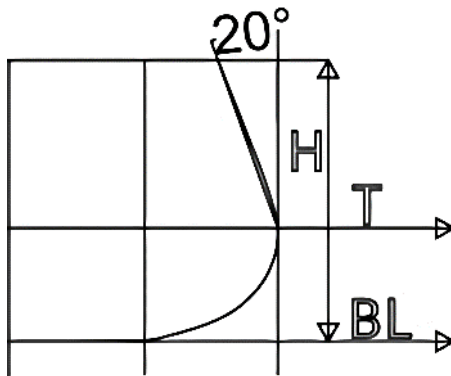
Tabel 2. Variasi Sudut *Stem Angle*

Model	Variasi sudut <i>stem angle</i>	Variasi sudut <i>flare bow</i>
Model 1	30°	19°
Model 2	20°	19°
Model 3	10°	19°
Model 4	30°	15°
Model 5	30°	5°

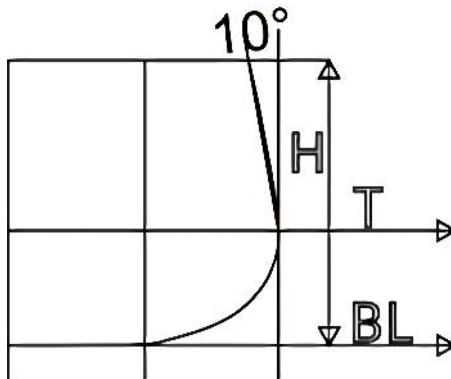
Gambar 5, 6 dan 7 merupakan bentuk sketsa model *X-bow* berdasarkan sudut *stem angle* dan *flare bow*.



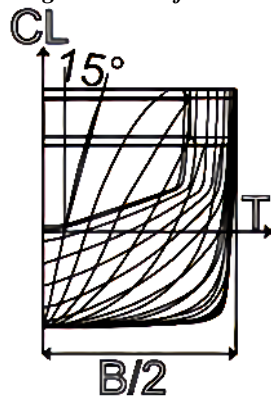
Gambar 5. Model 1
(*stem angle 30° dan flare bow 19°*)



Gambar 6. Model 2
(*stem angle 20° dan flare bow 19°*)

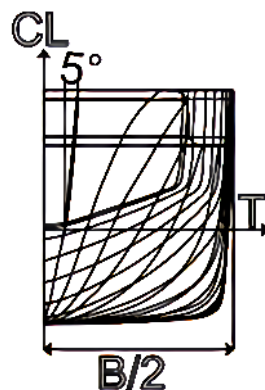


Gambar 7. Model 1
(*stem angle 10° dan flare bow 19°*)



Gambar 8. Model 1

(*flare bow 15° dan stem angle 30°*)



Gambar 9. Model 1
(*flare bow 15° dan stem angle 30°*)

2.6 Variasi Kecepatan Kapal

Berdasarkan proses pemodelan dan perhitungan diatas, maka diperoleh perbandingan variasi kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini pada *Froude number* (F_n) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34. Berikut ini merupakan tabel variasi kecepatan kapal yang diberikan pada tabel 3.

Tabel 3. Variasi Kecepatan Kapal

F_n	<i>Full scale</i>		<i>Scale 1:18</i>	
	knot	m/s	knot	m/s
0.246	12	6.17	2.83	1.45
0.267	13	6.68	3.06	1.57
0.287	14	7.20	3.30	1.69
0.329	15	8.22	3.77	1.94
0.349	17	8.74	4.00	2.06

2.7 Variasi Kedalaman Perairan

Pada penelitian ini melakukan variasi kedalaman perairan yang digunakan merupakan perairan dalam (*deep water*) $h/t = 19.3$ dan perairan medium (*medium shallow water*) $h/t = 4.0$ [10]. Berikut ini merupakan tabel variasi kedalaman perairan yang diberikan pada table 4.

Tabel 4. Variasi Kedalaman Perairan

h/t	<i>Full scale</i>	<i>Scale 1:18</i>
4.0 (<i>medium shallow water</i>)	11.60	0.64
19.3 (<i>deep water</i>)	55.97	3.10

2.8 Simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

Analisis penelitian ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mendapatkan nilai hambatan, *trim* dan *sinkage*. Proses simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) diawali dengan membuat model yang berpengaruh dalam perhitungan CFD yaitu model *hull* kapal. Pembuatan model dibuat dengan menggunakan *software* pemodelan 3D, dalam pembuatan model pastikan seluruh komponen berupa *close-solid* agar dapat di *import* kedalam program CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Secara umum dalam perhitungan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terdapat 3 alur proses pengerjaan merupakan *Preprocessing*, *Solving*, dan *Postprocessing*.

Program CFD merupakan menyelesaikan persamaan menggunakan pendekatan *boundary dan initial conditions*. Parameter utama dalam menghitung nilai hambatan total, *trim* dan *sinkage* dapat diselesaikan dengan persamaan Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) mempresentasikan hukum konservasi massa dan momentum. Setiap *cell* diasumsikan sebagai volum fraksi yang memiliki nilai 1 dan 0. Fungsi fluida air dan udara tergantung dari properti volum fraksi. Permukaan air laut diasumsikan F, sebagai hukum konservasi terdapat pada persamaan 1.

$$\frac{\delta F}{\delta T} + \frac{\delta uF}{\delta X} + \frac{\delta vF}{\delta y} + \frac{\delta wF}{\delta z} = 0 \quad (1)$$

Persamaan RANS dikembangkan berdasarkan konsep bahwa kecepatan dan panjang kapal cukup untuk menggambarkan efek turbulensi di sekitar lambung. Dalam perhitungan, model turbulensi k-ε yang berfungsi sebagai dinding yang digunakan untuk menggambarkan efek turbulensi pada aliran [12].

ITTC membantu perhitungan CFD sebagai pedoman praktis. Informasi jumlah minimum *cell* yang direkomendasikan per amplitudo gelombang dan panjang gelombang memberikan akurasi dalam memprediksi hambatan[13]. ITTC merekomendasikan *cell* per tinggi gelombang 1/40 s/d 1/20.

Untuk menentukan banyaknya *cell* yang digunakan pada dinding kapal digunakan nilai y^+ . Nilai y^+ juga dibahas untuk mengurangi ketidakuratan perhitungan. Nilai y^+ direkomendasikan sesuai aturan ITTC yang ditunjukkan pada persamaan 2.

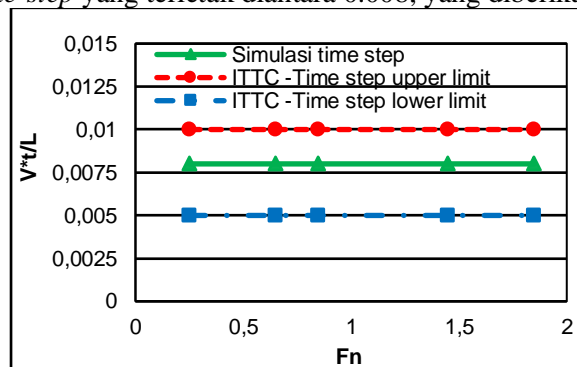
$$\frac{y}{L} + \frac{y^+}{Re \sqrt{\frac{c_f}{2}}} \quad (2)$$

Pada *Wall function* (y^+) merupakan dinding pemisah antara dinding (*wall*) dengan aliran fluida. *Wall function* berfungsi untuk menangkap *boundary layer* yang berperan penting dalam perhitungan hambatan. Nilai y^+ berperan penting untuk mengurangi ketidakuratan pada perhitungan hambatan. Penelitian Karol Niklas dan Hanna Pruszko menggunakan nilai y^+ antara 30-200 [11]. Jumlah total sel *volumetric cell* berjumlah 2.1 million (*fine mesh*).

Time-step digunakan untuk mensimulasikan aliran unsteady. *Time-step* merupakan interval setiap iterasi perhitungan. Semakin kecil nilai membuat hasil semakin akurat, dan sebaliknya. Untuk menentukan *time-step* dalam perhitungan CFD tergantung pada kecepatan kapal. Semakin cepat kapal maka semakin kecil *time-step* yang digunakan [14]. *Time-step* direkomendasikan oleh ITTC [13] terdapat pada persamaan 3.

$$\Delta t \text{ ITTC} = 0.005 \sim 0.01 \frac{L}{U} \quad (3)$$

Time-step yang digunakan dalam menentukan ineterval periode pada saat perhitungan iterasi. Penelitian ini menggunakan nilai *time-step* yang terletak diantara 0.008, yang diberikan pada gambar 10.

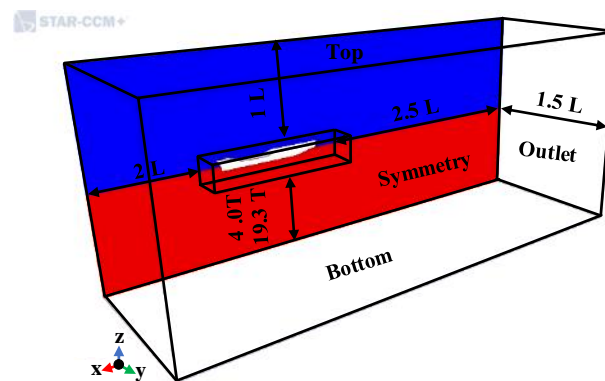


Gambar 10. Ilustrasi *time-step* CFD

Berdasarkan metode *overset mesh*, pembuatan *virtual towing tank* dibagi menjadi dua bentuk geometri yaitu *background* sebagai donor dan *overset* sebagai *acceptor*. Dimensi *towing tank* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada table 5 dan gambar 11 menunjukkan *fluid domain* pada simulasi CFD.

Tabel 5. Dimensi Fluid domain

Parameter	Background	Overset
Panjang (m)	2 L dari FP 2.5 L dari AP	0.2 L dari FP 0.25 dari AP
Tinggi (m)	1 L dari Deck 4.0 T & 19.3 T dari Keel	0.75 H dari Deck 0.75 H dari Keel
Lebar (m)	1.5 L dari Symmetry	0.5 B dari Symmetry



Gambar 11. Fluid domain

Ilustrasi domain yang digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan *towing tank (background)* menggunakan koordinat kartesian pada Gambar 11. Dalam mengurangi waktu komputasi digunakan setengah badan kapal. Jarak dari haluan kapal terhadap dinding *background* 1 L, jarak dari buritan kapal terhadap dinding *background* 2.5 L, jarak dari midship kapal terhadap dinding *background* 1.5 L dan jarak dari dinding atas dan bawah *background* untuk perairan dalam (*deep water*) 19.3 x T dan perairan medium (*medium shallow water*) 4.0 x T yang diberikan pada tabel 5 dan gambar 11. Dengan panjang kapal merupakan L, tinggi kapal merupakan H, sarat kapal merupakan T dan lebar kapal merupakan B. Ilustrasi domain pada gambar 12 dibawah dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 6. Boundary condition towing tank

Part Surface	Background	Overset Mesh
Top	Velocity Inlet	Overset Mesh
Bottom	Velocity Inlet	Overset Mesh
Inlet	Velocity Inlet	Overset Mesh
Outlet	Velocity Inlet	Overset Mesh
Back	Velocity Inlet	Overset Mesh
Symmetry	Symmetry Plane	Symmetry Plane
Hull	-	No Slip Wall

Pada saat simulasi, kapal akan merespon gerakan karena fungsi kecepatan kapal. Respon dari gerakan kapal dihitung dengan moment inersia kapal menggunakan persamaan 4 sebagai berikut [15]:

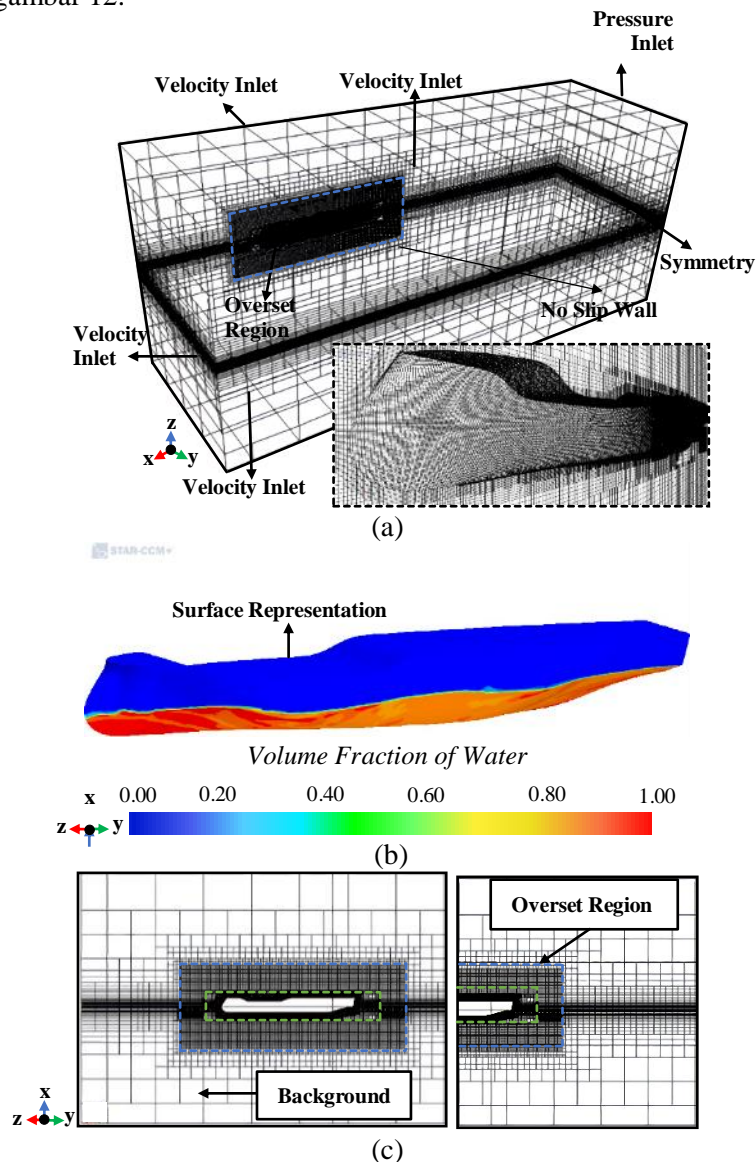
$$k_{xx} = 0.4b$$

$$I_{xx} = mk_{xx}^2$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= 0.25L \\ I_{yy} &= mk_{yy}^2 \\ k_{zz} &= 0.25L \\ I_{zz} &= mk_{yy}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Pada penelitian ini kerapatan mesh yang digunakan fokus pada permukaan air. Kerapatan mesh secara tepat dilakukan pada koordinat x, y, z dengan menggunakan *isotropic* atau *anistropic*. Penggunaan mesh semakin rapat akan menambah waktu perhitungan dan begitupula sebaliknya. Sehingga konsentrasi *mesh* fokus pada bagian yang dianggap penting.

Pada simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) gerakan kapal dibatasi dengan membebaskan gerakan *trim* dan *sinkage*, sementara gerakan kapal lain tidak digunakan. Lokasi kerapatan *mesh* ditunjukkan pada gambar 12.

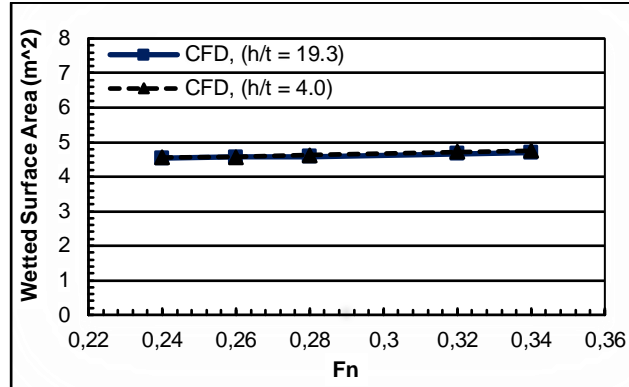


Gambar 12. (a) Mesh configuration, (b) free surface, dan (c) mesh of background & overset Ulstein X-Bow

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Wetted Surface Area (WSA) Kapal Perintis 750 DWT dan Ulstein X-Bow*

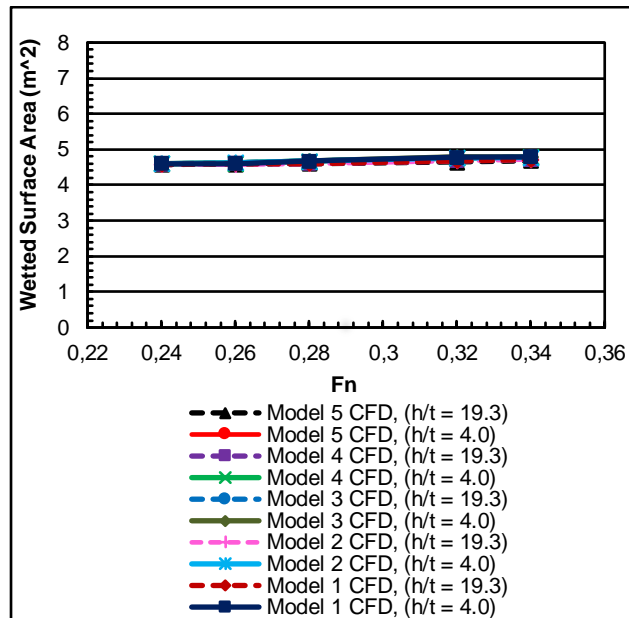
WSA adalah nilai yang sangat berpengaruh terhadap total hambatan kapal. Berikut ini merupakan hasil WSA (*Wetted Surface Area*) dari hasil analisis CFD pada *Froude number* (Fn) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34 ditunjukkan pada gambar 13 dan 14.



Gambar 13. WSA Kapal Perintis 750 DWT

Tabel 7. Variasi volume *displacement*

Model	Volume <i>Displacement</i>	Satuan
Kapal Perintis 750 DWT	0.198	m ³
Model 1	0.195	m ³
Model 2	0.195	m ³
Model 3	0.195	m ³
Model 4	0.195	m ³
Model 5	0.195	m ³



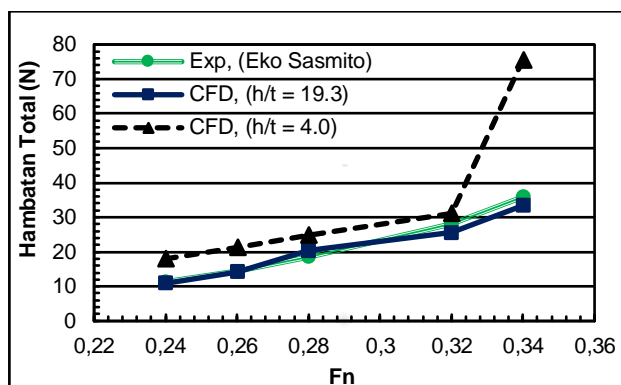
Gambar 14. WSA *Ulstein X-Bow*

Gambar 13 dan 14 merupakan hasil analisis WSA (*Wetted Surface Area*) pada range *Froude number* (Fn) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32 dan 0.34. Tabel 7 merupakan nilai volume *displacement* karena perubahan bentuk haluan. *Displacement* kapal berubah sebesar 1.63. Nilai WSA (*Wetted Surface Area*) dan volume

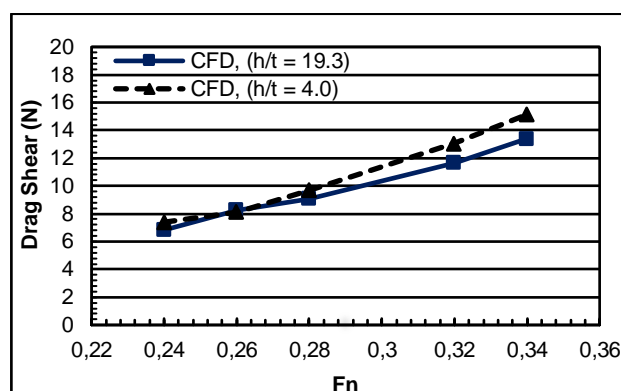
displacement merupakan faktor yang mempengaruhi nilai hambatan total kapal.

3.2 Hasil Hasil Analisis Hambatan Total (R_T), Hambatan Residu, Hambatan Gesek (R_F), Kapal Perintis 750 DWT

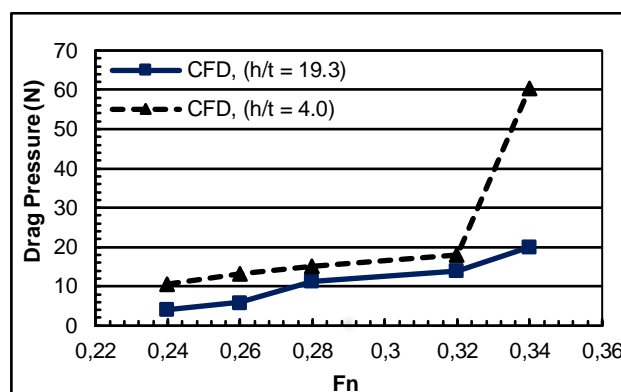
Berikut ini merupakan hasil validasi hambatan yang sudah di *scale* 1:18, dimana perhitungan hambatan menggunakan ITTC dengan persamaan LHI (Laboratorium Hidrodinamika Indonesia) jika dibandingkan hasil analisis CFD pada *range Froude number* (F_n) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34. ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil Validasi Analisis Hambatan Total



Gambar 16. Hasil Analisis Hambatan Residu



Gambar 17. Hasil Analisis Hambatan Gesek (R_F)

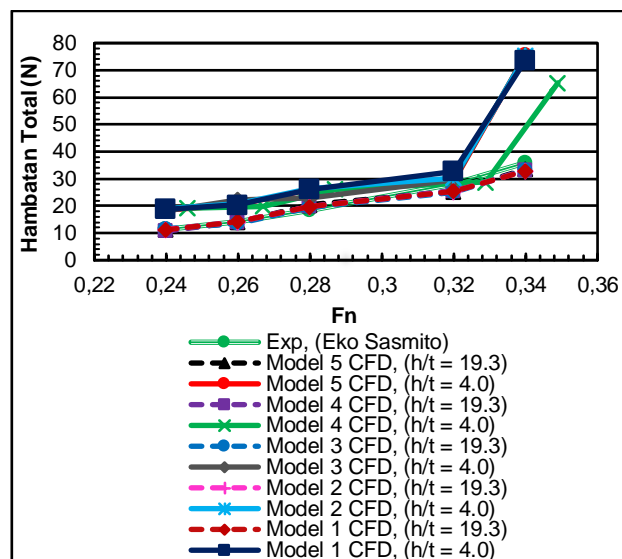
Pada penelitian Eko Sasmito [1] Kapal Perintis 750 DWT dengan bentuk haluan *monohull* dengan perubahan sudut masuk pada *Froude number* ($F_n = 0.34$) dapat mengurangi hambatan total sebesar 3.50%. Gambar 15 merupakan hasil analisis hambatan total kapal. Komponen dari hambatan total kapal

terdiri dari dua yaitu *drag shear* dan *drag pressure*. Gambar 16 merupakan hasil analisis *drag shear* yang merupakan hambatan residu dari kapal. Gambar 17 merupakan hasil analisis *drag pressure* yang merupakan hambatan gesek dari kapal. Hasil analisis pada gambar 15 terjadi kenaikan pada hambatan total kapal, semakin besar *Froude number* (F_n) kapal, maka semakin besar hambatan total yang diterima oleh kapal, begitu juga pada *drag shear* dan *drag pressure* yang menjadi komponen hambatan total kapal.

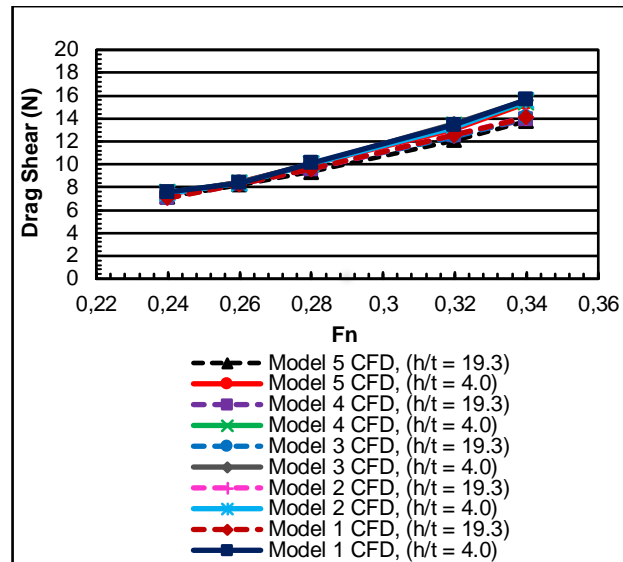
Gambar 15 menunjukkan hasil simulasi hambatan total kapal pada kondisi *deep water* dan *shallow water*. Pada kondisi *shallow water* menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan kondisi *deep water*, hal ini berkaitan dengan sapuan gelombang yang disebabkan oleh badan kapal. Semakin besar *Froude number* (F_n) maka semakin besar hambatan yang diterima kapal.

3.3 Hasil Analisis Hambatan Total (R_T), Hambatan Residu, Hambatan Gesek (R_F), *Ulstein X-Bow* variasi *stem angle* dan *flare bow*

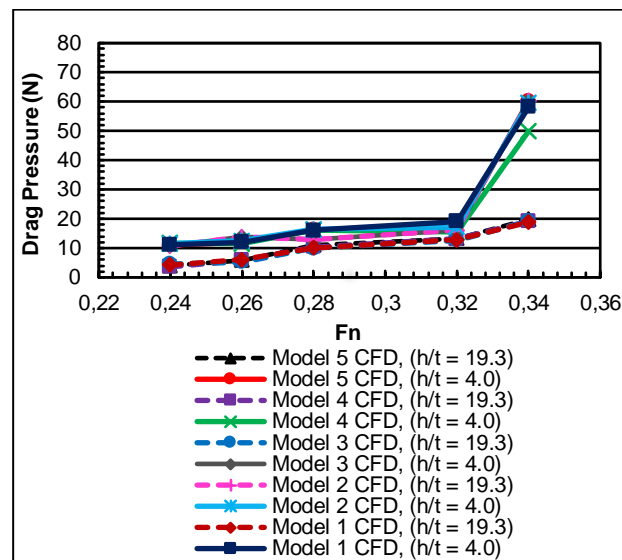
Berikut ini merupakan hasil analisis hambatan total yang dilakukan dengan model 1, model 2, model 3, yaitu variasi bentuk sudut *stem angle* (10° , 20° dan 30°) dan model 4, model 5, yaitu bentuk sudut *flare bow* (15° dan 5°) pada *range Froude number* (F_n) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34.



Gambar 18. Hasil Analisis Hambatan Total (R_T)



Gambar 19. Hasil Analisis Hambatan Residu



Gambar 20. Hasil Analisis Hambatan Gesek (R_F)

Pada penelitian Karol Niklas dan Hanna Pruszko [11] menunjukkan hasil simulasi CFD pada kondisi air tenang dapat mengurangi hambatan total sebesar 6%. Gambar 18 merupakan hasil analisis hambatan total kapal. Komponen dari hambatan total kapal terdiri dari dua yaitu *drag shear* dan *drag pressure*. Gambar 19 merupakan hasil analisis *drag shear* yang merupakan hambatan residu dari kapal. Gambar 20 merupakan hasil analisis *drag pressure* yang merupakan hambatan gesek dari kapal. Hasil analisis pada gambar 18, terjadi kenaikan pada hambatan total kapal, semakin besar *Froude number* kapal, maka semakin besar hambatan total yang diterima oleh kapal, begitu juga pada *drag shear* dan *drag pressure* yang menjadi komponen hambatan total kapal.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa bentuk haluan akan mempengaruhi hambatan kapal. Hal ini menunjukkan adanya interaksi hambatan pada haluan kapal. Daerah pengoperasian perairan juga mempengaruhi hambatan total kapal, pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*), hambatan total akan meningkat. Gambar 18 merupakan hasil analisis hambatan total kapal dengan variasi *stem angle*, pada kondisi perairan dalam (*deep water*) pada model 1 dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai hambatan terkecil tetapi pada daerah kecepatan *Froude number* (F_n) 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34 mengalami penambahan nilai hambatan. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow*

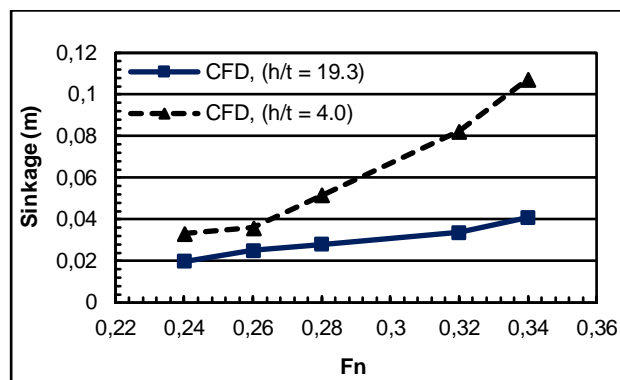
water) pada model 3 dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai hambatan terkecil tetapi pada daerah kecepatan *Froude number* (F_n) 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34 mengalami penambahan nilai hambatan.

Gambar 18 merupakan hasil analisis hambatan total kapal dengan variasi *flare bow*, pada kondisi perairan dalam (*deep water*) pada model 4 dengan F_n 0.24 memiliki nilai hambatan terkecil tetapi pada daerah kecepatan *Froude number* (F_n) 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34 mengalami penambahan nilai hambatan. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) pada model 5 dengan F_n 0.24 memiliki nilai hambatan terkecil tetapi pada daerah kecepatan *Froude number* (F_n) 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34 mengalami penambahan nilai hambatan.

Hal ini disebabkan oleh penurunan tekanan di sepanjang bagian bawah (*bottom*) yang berinteraksi dengan dasar perairan (*sea bed*) dan peningkatan kecepatan aliran antara bagian bawah lambung kapal dan dasar perairan disebut fenomena *squat*.

3.4 Hasil Analisis *Sinkage*

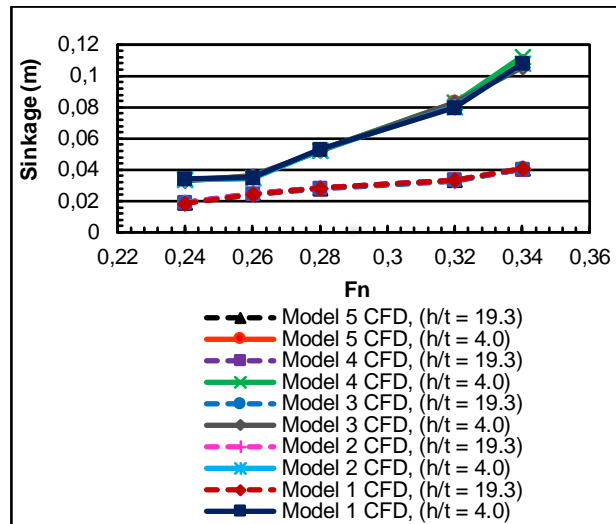
Berikut ini merupakan hasil analisis *sinkage* Kapal Perintis 750 DWT pada *range Froude number* (F_n) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34.



Gambar 21. Hasil Analisis *Sinkage* Kapal Perintis 750 DWT

Gambar 21 merupakan hasil analisis *sinkage*, pada kondisi perairan dalam (*deep water*) dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *sinkage* terkecil. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *sinkage* terkecil, maka dapat diketahui bahwa kapal mengalami kenaikan *sinkage* searah dengan kenaikan *Froude number* kapal.

Analisis Pengaruh Penggunaan Ulstein X-Bow pada Kapal Perintis Type 750 DWT Terhadap Nilai Hambatan dengan Metode Computational Fluid Dynamics



Gambar 22. Hasil Analisis Sinkage Ulstein X-Bow variasi stem angle dan flare bow

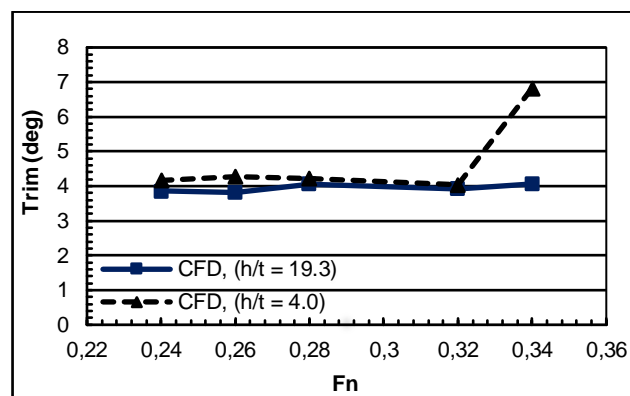
Gambar 22 dapat dilihat dengan variasi *stem angle* dan *flare bow* kapal mengalami kenaikan *sinkage* searah dengan kenaikan *Froude number*. Nilai *sinkage* pada kapal akan mempengaruhi nilai hambatan kapal.

Pada gambar 22 dengan variasi *stem angel* pada kondisi perairan dalam (*deep water*) pada model 1 dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *sinkage* terkecil. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) pada model 3 dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *sinkage* terkecil.

Pada gambar 22 dengan variasi *flare bow*, pada kondisi perairan dalam (*deep water*) pada model 4 dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *sinkage* terkecil. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) pada model 5 dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *sinkage* terkecil.

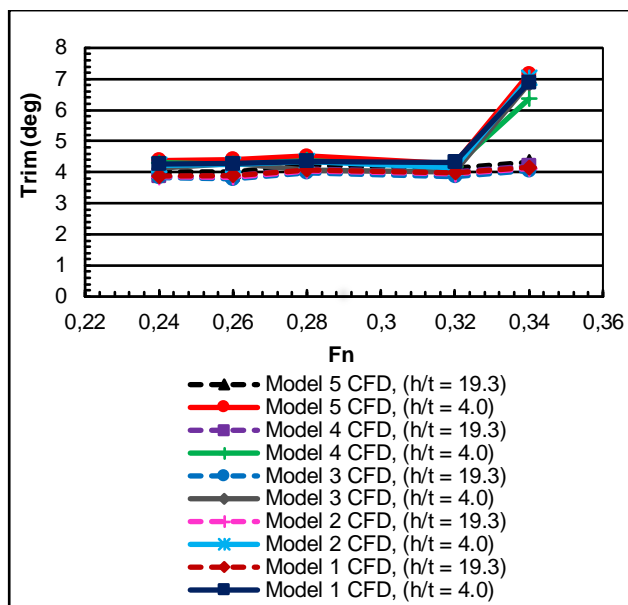
3.5 Hasil Analisis Trim

Berikut ini merupakan hasil analisis *trim* Kapal Perintis 750 DWT pada range *Froude number* (F_n) 0.24, 0.26, 0.28, 0.32, dan 0.34.



Gambar 23. Hasil Analisis Trim Kapal Perintis 750 DWT

Gambar 23 merupakan hasil analisis *trim*, pada kondisi perairan dalam (*deep water*) dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *trim* terkecil. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) dengan ($F_n = 0.24$) memiliki nilai *trim* terkecil, maka dapat diketahui bahwa kapal mengalami kenaikan derajat *trim* searah dengan kenaikan *Froude number* kapal.

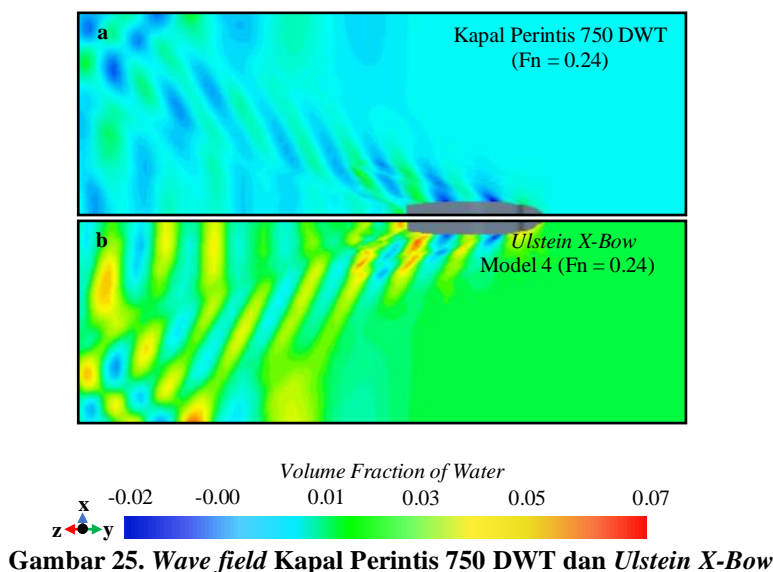


Gambar 24. Hasil Analisis Trim Ulstein X-Bow dengan variasi stem angle dan flare bow

Gambar 24 dapat dilihat dengan variasi *stem angle* dan *flare bow* kapal mengalami kenaikan derajat *trim* searah dengan kenaikan *Froude number*. Sudut *trim* pada kapal akan mempengaruhi nilai hambatan kapal. Penggunaan *stem angel* pada kondisi perairan dalam (*deep water*) pada model 1 dengan Fn 0.24 memiliki nilai derajat *trim* terkecil. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) pada model 3 dengan ($Fn = 0.24$) memiliki nilai derajat *trim* terkecil. Penggunaan *flare bow*, pada kondisi perairan medium (*deep water*) pada model 4 dengan Fn 0.24 memiliki nilai derajat *trim* terkecil. Sedangkan pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) pada model 5 dengan ($Fn = 0.24$) memiliki nilai derajat *trim* terkecil.

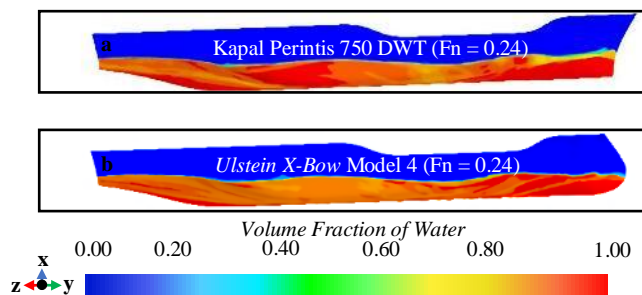
3.5 Hasil Pola Aliran Kapal

Berikut ini merupakan pola aliran yang dihasilkan oleh kapal pada masing-masing *Froude number* dengan menggunakan analisa numerik. Pada gambar 25 menunjukkan profil gelombang sapuan yang terjadi karena fungsi kecepatan kapal.



Gambar 25. Wave field Kapal Perintis 750 DWT dan Ulstein X-Bow

Analisis Pengaruh Penggunaan *Ulstein X-Bow* pada Kapal Perintis Type 750 DWT Terhadap Nilai Hambatan dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*



Gambar 26. Wave pattern along the hull Kapal Perintis 750 DWT dan *Ulstein X-Bow*

Pada gambar 25 merupakan hasil visualisasi aliran *Ulstein X-Bow* yang dihasilkan oleh *Froude number* ($F_n = 0.24$). Dapat dilihat pola aliran yang dilakukan oleh kapal pada kecepatan kapal *Froude number* ($F_n = 0.24$), menghasilkan pola aliran yang lebih kecil dan panjang pada perairan dalam (*deep water*) $h/t = 19.3$. Sedangkan pada Kapal Perintis 750 DWT dapat dilihat pola aliran yang dilakukan oleh kapal pada kecepatan kapal *Froude number* ($F_n = 0.24$), menghasilkan pola aliran yang lebih kecil dan panjang pada perairan medium (*medium shallow water*) ($h/t = 4.0$).

Pada gambar 26 merupakan hasil visualisasi aliran ada daerah lambung *Ulstein X-Bow* dan Kapal Perintis 750 DWT, pada kecepatan kapal *Froude number* ($F_n = 0.24$) menghasilkan *wave* yang lebih baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa Kapal Perintis 750 DWT dengan penggunaan *Ulstein X-Bow* pada kondisi perairan dalam (*deep water*) $h/t = 19.3$ dapat mengurangi nilai hambatan total sebesar 4.85%, *trim* sebesar 2.32% dan *sinkage* sebesar 0.40%.

Pada kondisi perairan medium (*medium shallow water*) $h/t = 4.0$, nilai hambatan, *trim* dan *sinkage* terkecil terjadi pada Kapal Perintis 750 DWT tanpa penggunaan *Ulstein X-Bow* pada *Froude Number* ($F_n = 0.24$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada civitas akademik Departemen S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro atas dukungan dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadi, E. S., Manik, P., & Iqbal, M. (2018). Influence of hull entrance angle “Perintis 750 DWT”, toward ship resistance: the case study for design development “Perintis 750 DWT.”. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 159, p. 01057). EDP Sciences.
- [2] Mosaad, M. A., Gafaary, M. M., Yehia, W., & Hassan, H. M. (2017). On the Design of X-bow for Ship Energy Efficiency. Influence of EEDI on Ship Design\u0026 Operation, London, UK, 22.
- [3] Kiryanto, E. S. Hadi, and A. Firdhaus. (2019). Total resistance analysis on bow form model *ulstein X-bow* with various angle of flare and stem angle,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 674, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/674/1/012003.
- [4] Ari Perwira, B. (2013). Analisa Perbandingan Hambatan Kapal Antara *Ulstein X-Bow* Dan Bulb Konvensional Dengan Studi Eksperimen. Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Iqbal, M., & Utama, I. K. A. P. (2014). An Investigation into the effect of water depth on the resistance components of trimaran configuration. In *The 9th International Conference on Marine Technology*, Surabaya.
- [6] Chrismianto, D., Trimulyono, A., & Hidayat, M. N. (2014). Analisa pengaruh modifikasi bentuk

- haluan kapal terhadap hambatan total dengan menggunakan CFD. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 11(1), 40-48.
- [7] Kamsvåg, Ø. G. (2010). U.S. Patent No. 7,658,159. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [8] Nordås, D. E. (2012). Optimization of Bow Shape for Large, Slow Ships. Master's thesis, Institutt for marin teknikk.
- [9] Hassan, E. H. H. M. (2017). X-bow Design for Ship Energy Saving. Doctoral dissertation, Portsmouth university.
- [10] Koh, K. K., & Yasukawa, H. (2012). Comparison study of a pusher–barge system in shallow water, medium shallow water and deep water conditions. *Ocean engineering*, 46, 9-17.
- [11] Niklas, K., & Pruszko, H. (2019). Full scale CFD seakeeping simulations for case study ship redesigned from V-shaped bulbous bow to X-bow hull form. *Applied Ocean Research*, 89, 188-201.
- [12] Launder, B. E., & Spalding, D. B. (1983). The numerical computation of turbulent flows. In Numerical prediction of flow, heat transfer, turbulence and combustion (pp. 96-116). Pergamon.
- [13] ITTC, “ITTC – Recommended Procedures and Guidelines - Practical Guidelines for Ship CFD Applications,” *ITTC – Recomm. Proced. Guidel.*, p. 19, 2014.
- [14] Samuel., Trimulyono, A., & Santosa, A. W. B. (2019). Simulasi CFD pada kapal planing hull. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 16(3), 123-128.