



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Optimalisasi *Curve Linesplan* Haluan Kapal Perintis 750 DWT Menggunakan *Response Surface Methode (RSM)* untuk Mengurangi Hambatan

Restu Kuasa¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Muhammad Iqbal¹⁾

Laboratorium Hidrodinamika

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: ekosasmitohadi@gmail.com , Iqbal.muhammad.1412@gmail.com , kuasarestu@outlook.com

Abstrak

Saat ini sangat banyak perusahaan-perusahaan kapal yang sedang berlomba-lomba untuk menciptakan desain kapal yang paling bagus baik dari segi teknis maupun ekonomisnya. Hambatan kapal atau *Resistance* adalah salah satu yang sangat di perhatikan. Dari permasalahan ini penulis melakukan penelitian untuk mencari nilai hambatan terkecil dari kapal Perintis 750 DWT setelah di lakukan perubahan bentuk haluannya dari konvensional menjadi bentuk X-Bow. Bentuk X-bow ini bertujuan untuk mengurangi hambatan Total suatu kapal. Permodelan kapal variasi ini di buat menggunakan *orca default* dari *software rhinoceros* dan di lanjutkan di *software delfship* yang kemudian di analisa perhitungan hambatannya menggunakan *Software* Berbasis CFD yaitu *Tdyn 12.2.3.0*. dengan menggunakan variasi sudut *Stem Rake* dan Sudut *Forefoot* yang dirangkum dengan RSM. Hasilnya, nilai hambatan Setelah di olah menggunakan RSM pada orde II mendapatkan respon persamaan model yaitu $Y = 0,5168 - 0,00629X_1 - 0,00168X_2 - 0,004X_1.X_2 + 0,01173X_1^2 + 0,02157X_2^2$. Persamaan ini mengaliskan plot permukaan minimum yang terbentuk dari nilai-nilai minimum pada analisa hambatan. Model variasi sudut *Stem Rake* 45⁰ derajat dan sudut *Forefoot* 0,733⁰ derajat dengan nilai Hambatan 0,5174 N dalam model skala 1 meter atau 72,127 KN dalam ukuran asli adalah yang paling optimal mengurangi hambatan sebesar 41,2% dari kapal Perintis Sebelumnya yang mempunyai nilai hambatan sebesar 0,88 N dalam model skala 1 meter atau 122,040 KN dalam ukuran kapal asli.

Kata Kunci : Hambatan, RSM, Linesplan, X-Bow, CFD, Perintis.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini desain perencanaan kapal berkembang sangat pesat. Hal yang cukup riskan dalam perencanaan sebuah kapal adalah menentukan nilai hambatan. Besarnya hambatan kapal sangat berpengaruh besar terhadap pencapaian efisiensi yang optimum baik dalam segi ekonomis maupun *performance* suatu kapal. Nilai ekonomis dan *performance* akan mempengaruhi biaya operasional. Karena pada dasarnya, ketika kapal beroperasi pada kecepatan

tertentu lambung kapal yang bergerak akan menghasilkan aliran fluida [1].

Nilai besarnya suatu hambatan terjadi karena beberapa faktor antara lain adalah faktor angin, gesek, gelombang dan sebagainya. Penelitian ini ditujukan untuk optimalisasi hambatan dengan RSM. Response Surface Methodology (RSM) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisa permasalahan dimana beberapa variable independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2001). Ide dasar metode

ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon. Metode ini pertama kali diajukan sejak tahun 1951 dan sampai saat ini telah banyak dimanfaatkan baik dalam dunia penelitian maupun aplikasi industri. Misalnya dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal.

Sudah dilakukan berbagai penelitian untuk mengurangi besarnya nilai hambatan salah satunya dengan penambahan bulbous bow pada kapal. Pada penelitian ini akan dilakukan variasi perubahan bentuk curva linesplan dengan Response Surface Methode (RSM) dalam upaya memperkecil hambatan pada kapal Perintis 750 DWT.

1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan permasalahan yang terdapat pada latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan diteliti yaitu, bagaimana pengaruh perubahan sudut rake dan forefoot terhadap nilai hambatan total kapal Perintis 750 DWT dan Berapakah nilai Sudut rake dan forefoot yang mempunyai nilai hambatan terkecil setelah di optimalisasi.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini, permasalahan dibatasi dengan hanya menganalisa Hambatan Kapalnya, metode Perhitungan menggunakan *Response Surface Methode* (RSM), tidak menganalisa dari segi ekonomis, tidak melakukan pengujian, menggunakan kecepatan dinas kapal, analisa hambatan dengan software berbasis CFD dan juga sudut awal *stem rake* 20, 25,30 sudut *forefoot shape* 0,4 ,0,5 ,0,6.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan pembatasan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai hambatan total saat perubahan sudut rake maupun forefoot pada kapal Perintis 750 DWT dan juga untuk mengetahui nilai sudut rake dan forefoot yang mempunyai nilai hambatan total yang optimal dari kapal Perintis 750 DWT.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Response Surface Methode (RSM)

Metode permukaan respon (*response surface methodology*) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dimana beberapa variabel

independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2001). Ide dasar metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon. Metode ini pertama kali diajukan sejak tahun 1951 dan sampai saat ini telah banyak dimanfaatkan baik dalam dunia penelitian maupun aplikasi industri. Misalnya, dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal. Makalah ini membahas tentang metode permukaan respon. Pembahasan dimulai dengan penjabaran konsep, dilanjutkan dengan prosedur analisis dan pengujian.

Response Surface Methodology (RSM) merupakan suatu metode gabungan antara teknik matematika dan teknik statistik, digunakan untuk membuat model dan menganalisa suatu respon y yang dipengaruhi oleh beberapa variabel bebas/faktor x guna mengoptimalkan respon tersebut. Hubungan antara respon y dan variabel bebas x adalah:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \epsilon \quad (1)$$

dimana:

Y = variabel respon

X_i = variabel bebas/ faktor ($i = 1, 2, 3, \dots, k$)

ϵ = error

Langkah pertama dari RSM adalah menemukan hubungan antara respon y dan faktor x melalui persamaan polinomial orde pertama dan digunakan model regresi linear, atau yang lebih dikenal dengan *first-order model* (model orde I):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i \quad (2)$$

Rancangan eksperimen orde I yang sesuai untuk tahap penyaring faktor adalah rancangan faktorial 2^k (*Two Level Factorial Design*).

Selanjutnya untuk model orde II, biasanya terdapat kelengkungan dan digunakan model polinomial orde kedua yang fungsinya kuadratik:[6]

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (3)$$

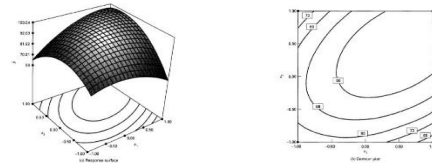
Rancangan eksperimen orde II yang digunakan adalah rancangan faktorial 3^k (*Three Level Factorial Design*), yang sesuai untuk masalah optimasi. Kemudian dari model orde II ditentukan titik stasioner, karakteristik permukaan respon dan model optimasinya.

2.1.1. Rancangan Percobaan yang Sesuai untuk Permukaan Respon

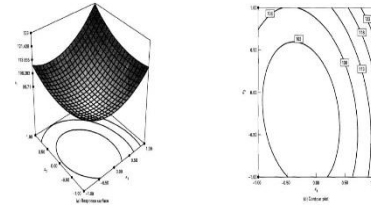
Pemilihan rancangan percobaan yang sesuai beserta analisisnya untuk permukaan respon adalah hal yang sangat penting. Berikut ada beberapa kriteria dalam pemilihan rancangan percobaan yang sesuai untuk metode permukaan respon:

1. Memberikan gambaran distribusi dan informasi yang jelas berdasarkan data pada seluruh daerah yang difokuskan
2. Memungkinkan untuk mencari model yang memenuhi kelayakan model
3. Memungkinkan untuk membuat blok-blok dalam percobaan
4. Memungkinkan untuk membuat rancangan-rancangan yang mempunyai orde lebih tinggi
5. Memberikan pendugaan error dalam rancangan
6. Memberikan pendugaan koefisien model yang tepat
7. Memberikan pendugaan varians yang baik
8. Bersifat robust terhadap outliers maupun data hilang
9. Tidak membutuhkan unit percobaan yang besar
10. Tidak membutuhkan terlalu banyak level dalam variabel independen
11. Memberikan kemudahan dalam perhitungan parameter model

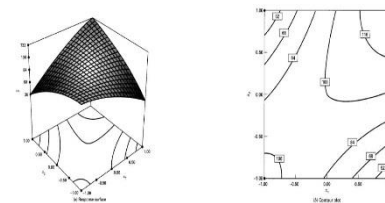
Kadang-kadang, kriteria diatas saling tidak mendukung, tetapi pemilihan rancangan harus tetap dilakukan sebaik mungkin.



Gambar 2.1 Ilustrasi permukaan respon maximum



Gambar 2.2 Ilustrasi permukaan respon minimum



Gambar 2.3 Ilustrasi permukaan respon pelana

1.2. Definisi X-Bow

Konsep haluan atau *bow* revolusioner untuk dunia perancangan kapal terutama kapal *Offshore Support Vessel (OSV)* diperkenalkan oleh Ulstein Group dari Norwegia. Konsep haluan dengan bentuk haluan yang tinggi dan bulat tetapi mengembang keatas. Desain terbaru ini sangat berbeda dari kapal – kapal konvensional. Kapal dengan desain haluan seperti Ulstein *X-Bow* memiliki daya apung besar sebab ada penambahan volume dari bentuknya. Ulstein *X-bow* pertama kali diluncurkan pada tahun 2005. Dikenal sebagai *Inverted Bow* karena dari bentuk haluan dengan bagian atas membalik kearah belakang. Ulstein *X-Bow* membuat ruang akomodasi kapal di bagian anjungan menjadi lebih luas. Kapal dengan desain Ulstein *X-Bow* awalnya memang dirancang untuk kapal pekerja lepas pantai. Kapal dengan *bow* seperti ini memiliki analisa *seakeeping* yang lebih baik dibanding kapal haluan konvensional. Selain *seakeeping* kapal dengan tipe haluan Ulstein *X-Bow* ini juga dapat mengefisiensi bahan bakar. Bentuk haluan seperti ini membuat ombak-ombak terpecahkan secara lebih halus. Kapal dengan desain haluan Ulstein *X-Bow* memiliki beberapa keuntungan, yaitu [4]:

- a. Kecepatan pelayaran yang lebih tinggi saat terjadi cuaca buruk

- b. Mengurangi konsumsi bahan bakar saat haluan kapal berhadapan langsung dengan ombak atau laut tenang
- c. Mengurangi konsumsi bahan bakar karena hambatan juga ikut berkurang
- d. Meniadakan guncangan-guncangan
- e. Anggukan-anggukan kapal lebih rendah
- f. Menghindari terjadinya kebasahan geladak
- g. Mengurangi kemungkinan kerusakan akibat cuaca buruk
- h. Meningkatkan kapasitas daya muat
- i. Mengurangi kebisingan dan getaran
- j. Menjaga peralatan mooring
- k. Mengurangi beban dari kulit kapal karena eliminasi dari flare
- l. Memecah ombak dengan lebih halus

1.3. Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Berdasarkan pada proses fisiknya bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*nomal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos[3]. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida^[11]. Kemudian Hambatan disederhanakan lagi dengan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*)[5].

1.4. Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida[2]. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas. *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

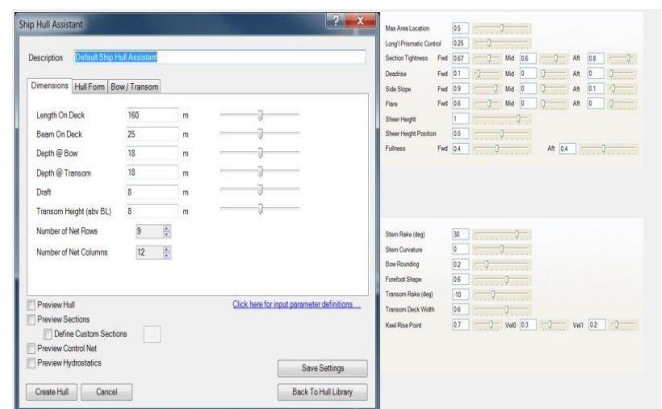
- *Pre Processor*
- *Solver Manager*
- *Post Processor*

Computational fluid dynamic tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengukuran secara eksperimen, tetapi jumlah dan biaya eksperimen yang dilakukan dapat berkurang. Terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat dalam menggunakan CFD, yakni: *insight*, *foresight*, dan *efficiency*[1].

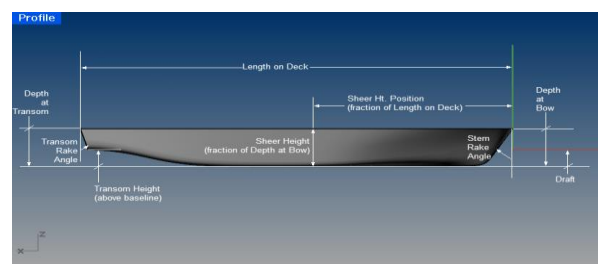
- *Insight* – pemahaman mendalam
- *Foresight* – prediksi menyeluruh
- *Efficiency* – efisiensi waktu dan biaya

1.5. Orca 3D

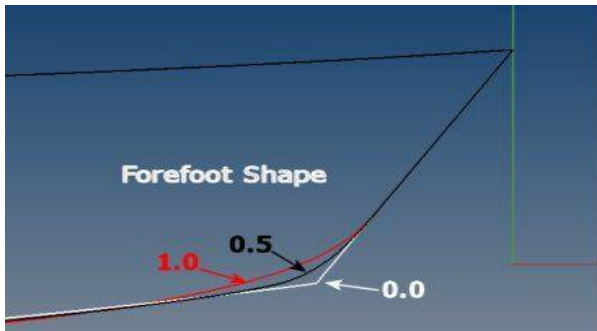
Orca3D adalah seperangkat alat, yang ditulis sebagai plug-in untuk Rhinoceros, yang memberi kekuatan, kemampuan desain dan analisis naval architecture yang mudah dipelajari dan dijalankan dalam sebuah aplikasi 3D CAD. Orca3D menambahkan kemampuan Rhino untuk dengan mudah mendefinisikan station, buttock, waterline, cant frame, kenaikan dan diagonal, dan dapat langsung melihat kurva di surface. Kita dapat melihat perubahan secara langsung saat kita memodifikasi permukaan, atau memilih memperbarui secara manual, dengan satu klik tombol, setelah kita membuat beberapa perubahan pada model. Didalam Orca 3D kita mendapatkan Hull Assistant dimana kita bisa memodifikasi dan fairing bentuk lambung yang diharapkan sesuai dengan parameter yang telah disediakan. Dengan mengubah parameter kita bisa langsung melihat perubahan pada bentuk lambung yang diinginkan. Sesuai dengan tujuan penelitian ini perubahan terjadi pada sudut stem rake dan sudut forefoot shape.



Gambar 2.4 Parameter pada Hull Assistant



Gambar 2.5 Parameter setelah dijadikan model.



Gambar 2.6 Parameter setelah dijadikan model.



Gambar 3.1 Kapal Perintis 750 DWT

2. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data Kapal

Pada penelitian ini akan dipakai kapal yang didapat dari Penelitian sebelumnya yaitu kapal perintis dengan jalur pelayaran laut Indonesia.

Tabel 3.1 Data Ukuran Utama Kapal

Data Ukuran Utama Kapal	
Length overall (LOA)	63,80 m
Length of Waterline (LWL)	58,95 m
Draft (T)	2,9 m
Height (H)	8,689 m
Beam (B)	11,5308 m

3.2. Data Variasi Permodelan

Data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal dan dari *orca 3D Rhinoceros*).

- Sudut *stem rake* : 20°, 25°, 30°
- Sudut *forefoot shape* : 4°, 5°, 6°
- Sudut *stem* : 1

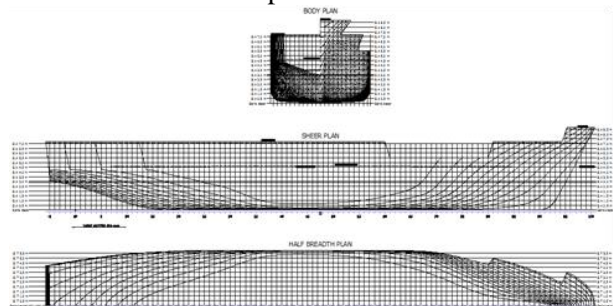
➤ Variasi ada pada Sudut *rake* dan *forefoot* seperti tabel di bawah ini:

Tabel 3.2 Data Variasi Sudut *Rake* dan *Forefoot*

No Model	Rake	Forefoot
1	20°	4°
2	20°	6°
3	30°	4°
4	30°	6°
5	25°	5°

3.3. Rancangan Pengolahan Data

Pada saat perhitungan pada *software* CFD model kapal diskala pada ukuran tertentu agar memudahkan pekerjaan. Skala model yang digunakan pada proses simulasi *CFD* adalah 1: Loa. Adapun perbandingan ukuran utama skala penuh dan model terdapat pada tabel 3.4. Gambar kapal perintis 750 DWT terdapat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.2 Lines Plan Perintis 750 DWT

Tabel 3.4 Perbandingan ukuran utama kapal

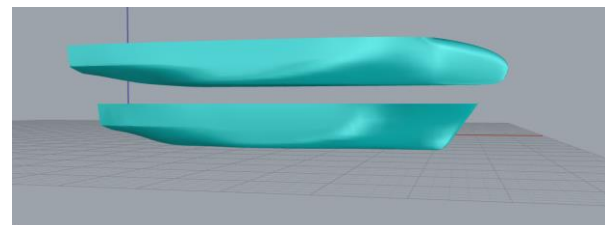
Dimensi	Skala Penuh	Model Kapal
Loa	63,80 m	1 m
Lwl	58,95 m	0,95 m
B	11,5308 m	0,181 m
T	2,9 m	0,045 m
H	8,689 m	0,136 m

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

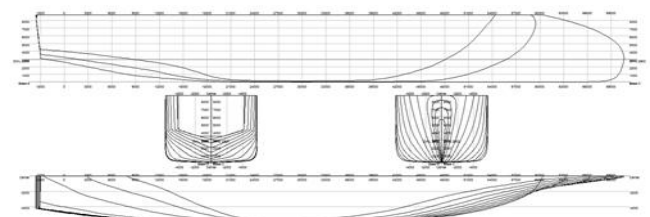
4.1. Pengolahan Data

4.1.1. Desain Model Badan Kapal

Dari data pada metodologi dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan *Orca* pada *software* *Rhinoceros 5.0* :



Gambar 4.1 Pemodelan Kapal dengan *Rhinoceros 5.0*



Gambar 4.2 Lines Plan Kapal Variasi

Hasil pemodelan terlebih dahulu di skala 1 : Loa lalu di ekspor kedalam bentuk *file .iges* kemudian dibuka di *software CFD Tdyn 12.2.3.0*.

4.2. Validasi Hambatan Kapal

Analisa hambatan menggunakan skala perbandingan antara model dan *prototype* yaitu 1:LOA. Perhitungan hambatan kapal menggunakan Holtrop. Hambatan dihitung pada saat kecepatan dengan Froude (F_n) = 0,34. Sehingga didapat variasi kecepatannya yaitu 8.2304 m/s. Untuk kecepatan model dengan skala 1:LOA didapat kecepatan (v) = 1,9082. Untuk menghitung C_t Perintis 750 DWT. Persamaan empiris untuk menghitung hambatan total adalah :

$$R_T = R_v + R_w + R_{C_A}$$

$$= \frac{1}{2} \rho V^2 S_{TOT} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W \quad (4)$$

Dimana :

ρ = Massa jenis air laut
= 1,025 ton/m³

V = Kecepatan dinas kapal = 12,70 knots
= 12,70 x 0,5144
= 6,533 m/sec

S_{tot} = Luas permukaan basah kapal total (m²)

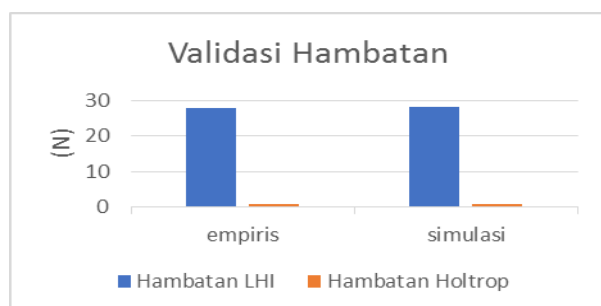
C_f = Koefisien tahanan gesek kapal

(1+k) = Koefisien karena pengaruh bentuk kapal

Kemudian perhitungan Hambatan menggunakan persamaan empiris sebelumnya dibandingkan dengan hasil *running* dari *Tdyn*. Hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.1. Validasi dengan Rumus Empiris

	Empiris	Simulasi	Error
Hambatan LHI	28.06	28.4	1,21%
Hambatan Holtrop	0,84098	0.88	4,4%

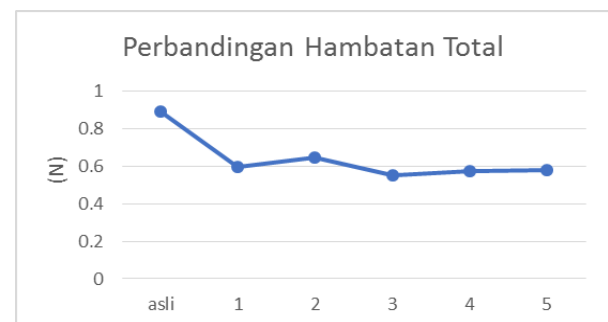


Gambar 4.3 Grafik Nilai Validasi Model

Validasi ini digunakan untuk pengaturan konvergensi ukuran *meshing* yang sesuai. Sehingga ukuran 0,01 untuk daerah kapal bawah air, 0,05 untuk *freesurface*, 0,1 untuk seluruh komponen sisa.

4.3. Analisa Hambatan Kapal dengan Variasi Sudut Stem Rake dan Forefoot Shape Menggunakan Software CFD

Dalam simulasi numerik pada *Computational Fluid Dynamic Tdyn 12.2.3.0* ini nilai hambatan dapat dilihat setelah melakukan *running data* pada menu "*Force on Boundaries*". Simulasi fluida untuk Sudut *Stem Rake* 20°, 25°, 30° dan Sudut *Forefoot Shape* 4°, 5°, 6° Berikut hasil simulasi analisa hambatan :



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hambatan Total

Dari Tabel 4.4 diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model awal. Konfigurasi model sudah mengurangi hambatan total model original. Hambatan terkecil terdapat pada konfigurasi model 3.

4.4. Penentuan Pencarian Model Optimal Pengurangan Hambatan dengan Menggunakan Response Surface Method (RSM)

Metode perhitungan menggunakan RSM diawali dengan di buatnya pengkodean dari kedua variasi awal menggunakan variabel X¹ sebagai Sudut Rake, X² sebagai Sudut Forefoot dan Y sebagai Hasil Hambatan seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Pengkodean Variasi

Variasi	x ₁	x ₂
1	20 ⁰	0.6 ⁰
2	20 ⁰	0.4 ⁰
3	30 ⁰	0.6 ⁰
4	30 ⁰	0.4 ⁰
5	25 ⁰	0.5 ⁰
Variasi	x ₁	x ₂

1	-1	1
2	-1	-1
3	1	1
4	1	-1
5	0	0

Penghitungan menggunakan RSM menggunakan 3 (tiga) tahap yaitu :

- a. Orde I
- b. *Steepest Decsent*
- c. Orde II

4.4.1. Orde I

Pada tahap ini hasil dari pengkodean di running untuk menghasilkan hambatan yang dicari.

Tabel 4.3 Hasil eksperimen orde I

variasi	x ₁	x ₂	y
1	-1	1	0.599
2	-1	-1	0.646
3	1	1	0.555
4	1	-1	0.575
5	0	0	0.582

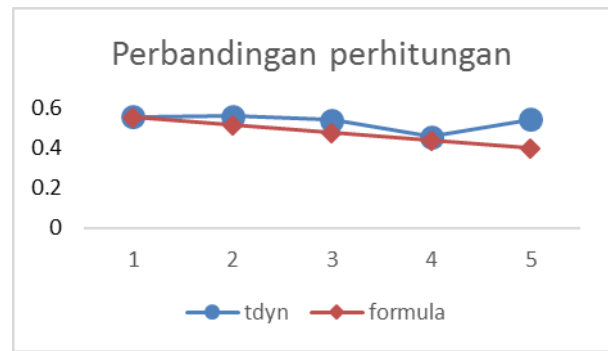
Dari perhitungan orde I di dapatkan persamaan $Y = 0,5914 - 0,02875x_1 - 0,01675x_2$, lalu hasil dari perhitungan orde I di masukan ke dalam persamaan untuk menentukan langkah awal pada tahap II atau *Steepest Decsent*.

4.4.2. Steepest Decsent

Pada tahap ini hasil dari perhitungan orde I di buat formula untuk di bandingkan dengan hasil *tdyn* seperti dibawah ini :

Tabel 4.4 Perbandingan formula dan *tdyn*

Step	Ytdyn	Yformula	Error
1	0.55379	0.552891	0.0008987
2	0.55844	0.514383	0.0440574
3	0.54058	0.475874	0.0647061
4	0.45605	0.437365	0.0186848
5	0.54405	0.398857	0.1451935



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai Formula dan Hambatan

Dari tabel dan gambar di atas dapat di lihat hasil analisa *tdyn* terendah terdapat pada model keempat yaitu $X_1 = 45^\circ$ dan $X_2 = 0,733^\circ$, model ini di jadikan perhitungan awal pada tahap Orde II.

4.4.3. Orde II

Pada tahap ini sudah di tentukan model awal baru untuk memulai perhitungan real guna mencari nilai hambatan terkecil.

Tabel 4.5 hasil Perhitungan orde II

TDYN						
variasi	x ₁	x ₂	x ₁ *x ₂	x ₁ *x ₁	x ₂ *x ₂	y
1	0	0	0	0	0	0.5168
2	-1	-1	1	1	1	0.54778
3	-1	1	-1	1	1	0.5583
4	1	-1	-1	1	1	0.53325
5	1	1	1	1	1	0.52784
6	-1.414	0	0	1.999396	0	0.55048
7	1.414	0	0	1.999396	0	0.54668
8	0	-1.414	0	0	1.999396	0.57478
9	0	1.414	0	0	1.999396	0.56172

Dari hasil perhitungan di tabel orde II di dapatkan persamaan $Y = 0,5168 - 0,00629X_1 - 0,00168X_2 - 0,004X_1.X_2 + 0,01173X_1^2 + 0,02157X_2^2$ yang di pergunakan untuk mendapatkan model paling optimum mengurangi hambatan.

4.4.4. Perhitungan Hasil Optimasi

Penentuan model paling optimum mengurangi hambatan juga di cari menggunakan rumus fungsi X dari hasil persamaan pada perhitungan di orde II.

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1.x_2 + ex_1^2 + fx_2^2$$

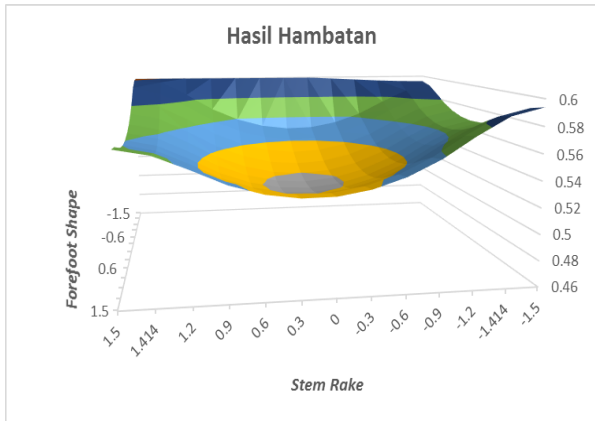
Dimana :

- y = respon
- a = 0,5168
- b = -0,00629
- c = -0,00168
- d = -0,004

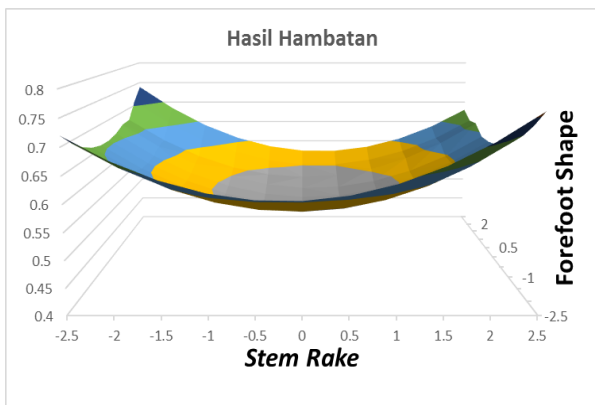
$$e = 0,01173$$

$$f = 0,02157$$

Dari perhitungan di atas di hasilkan persamaan model baru yang paling optimum, yaitu $X_1 = 0.00022$ dan $X_2 = 0.000112$. karna dari hasil perhitungan jarak terlalu kecil dan tidak berpengaruh secara signifikan makan di buat $X_1 = 0$ dan $X_2 = 0$.

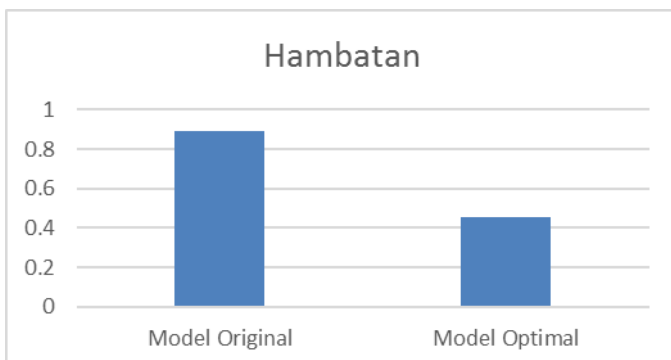


Gambar 4.6 Grafik hasil perhitungan range 0.3 di orde II



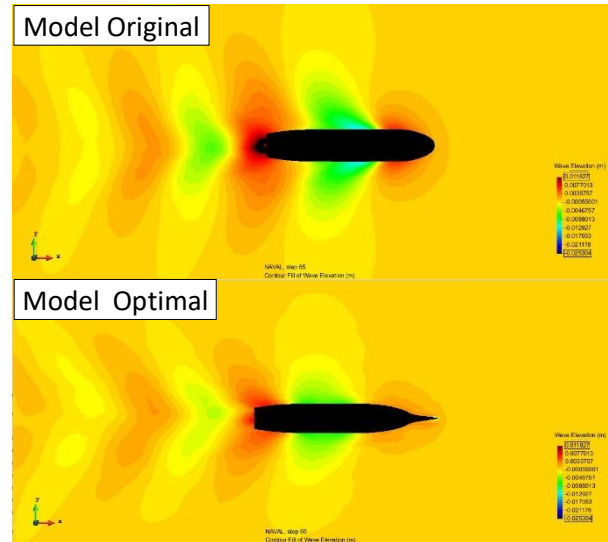
Gambar 4.7 Grafik hasil perhitungan range 0.5 di orde II

Dari grafik di atas didapatkan bahwa model 1 pada Orde ke II mempunyai nilai hambatan paling kecil di antara model lain.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Hambatan Total

Dari Grafik 4.8 dapat dilihat bahwa model 1 pada orde II dengan variasi Sudut *Stem Rake* 45^0 dan sudut *Forefoot Shape* $0,733^0$ dapat mengurangi sekitar 41,2% hambatan total kapal.



Gambar 4.9 Perbandingan *Contour* Model Original dan Model Variasi

4.5. Analisa Hambatan Kapal terhadap Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang Kapal.

Hambatan kapal tersebut terbagi lagi menjadi dua yaitu hambatan viskos (R_v) dan hambatan gelombang (R_w), dan berikut adalah hasil dari analisa kedua hambatan tersebut pada model orde II :

Tabel 4.6 Perbandingan Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang

variasi	x1	x2	pressure	viskos
Asli	-	-	0.43527	0.45864
1	45	0.733	0.15610	0.29996
2	44	0.633	0.16935	0.34745
3	44	0.833	0.17441	0.35055
4	46	0.633	0.20482	0.32843
5	46	0.833	0.20841	0.31943
6	44.414	0.733	0.21021	0.34027
7	46.414	0.733	0.21182	0.33486
8	45	0.6744	0.22906	0.34572
9	45	0.8744	0.22436	0.33736

Tabel 4.7 Perbandingan Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang

	RW	RV
Model Original	0.4279	0.45846
Model Maksimal	0.17067	0.34674

Selisih	-60%	-24%
---------	------	------

Dari tabel 4.7 diketahui bahwa konfigurasi model 1 pada orde II mampu mengurangi hambatan gelombang sebesar 60% dan mengurangi hambatan viskositas sebesar 24%.

4.6. Analisa Koefisien Hambatan Kapal dengan Variasi Sudut *Stem Rake* dan *Forefoot Shape*

Penambahan maupun pengurangan hambatan pada konfigurasi model diakibatkan karena bertambahnya WSA kapal. WSA kapal mempengaruhi nilai koefisien total hambatan. Berikut hasil perhitungan koefisien hambatan kapal secara keseluruhan :

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Koefisien Hambatan

	CT
Asli	0.009290
1	0.007614
2	0.007630
3	0.007628
4	0.007620
5	0.007620
6	0.007623
7	0.007615
8	0.007615
9	0.007633

Dari Tabel 4.10 diperoleh nilai koefisien hambatan total dari seluruh konfigurasi model, Konfigurasi model mengurangi hambatan total model original koefisien hambatan terkecil terdapat pada konfigurasi model I.

Tabel 4.9 Perbandingan Koefisien Hambatan

FN	v (m/s)	CT original	CT model 1	Selisih
0,34	0,992	0,00929	0,007633	-18%

4.7. Perhitungan Perbandingan Hambatan Gelombang dan Hambatan Viskositas terhadap Hambatan Total

Tabel 4.10 Perbandingan RW dan RV terhadap RT

	RW	RV
Optimal	0,329 N	0,670 N
Asli	0,483 N	0,517 N

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai hambatan yang didapat dari kapal Perintis 750 DWT pada model original adalah 0,88 N pada model skala 1 meter atau 122,040 KN pada ukuran kapal asli di kecepatan dinas. Perubahan Haluan Kapal dari konvensional menjadi X-bow mengurangi hambatan sebesar 1% hingga 41,2% pada seluruh konfigurasi model.
2. Model 1 pada orde II memiliki hambatan terkecil di dibandingkan keseluruhan model, mampu mengurangi hambatan total sebesar 41,2% yaitu 0,5174 N pada model skala 1 meter atau 72,127 KN pada ukuran kapal asli di kecepatan dinas di dibandingkan model original pada kecepatan yang sama yaitu 0,88 N pada model skala 1 meter atau 122,040 pada ukuran kapal asli. Model 1 pada orde II diketahui memiliki sudut *Stem Rake* 45° dan sudut *Forefoot Shape* 0.733° adalah yang paling optimal mengurangi Hambatan.

5.2. Saran

1. Akan lebih baik jika penelitian ini dilanjutkan dengan menganalisa olah gerak dan Stabilitas kapal, agar mengetahui apakah bentuk haluan X-Bow mempunyai olah gerak dan Stabilitas yang baik pula atau tidak.
2. Untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa memaksimalkan metode pada penelitian ini yaitu Response Surface Method (RSM) untuk perhitungan total analisa kapal guna mencari gabungan Resistance, Motion and stability yang paling baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Batchelor, G. K. (1967), An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge Univ.
- [2] Bhattacharyya, R. 1978. *Dynamics of Marine Vehicles*. New York : John Wiley and Sons.
- [3] Harvald, S A. 1983. *Resistance and Propulsion of Ships*. John Wiley and Sons, Toronto : Canada.
- [4] Oramahi, "Teori dan Aplikasi Penggunaan Response Surface Methode (RSM)", 2008.
- [5] Sidabalok, Andreas Parulian. 2015. Tugas Akhir *Analisa Perbandingan Ulstein X-Bow dengan Bulbous Bow Konvensional Terhadap Nilai Hambatan dan Seakeeping Kapal Menggunakan Metode CFD*. Semarang, Indonesia : Universitas Diponegoro.