

ANALISA HAMBATAN TOTAL DAN *LIFT FORCE* PADA KAPAL *CREW BOAT*

Fahmi Fernando Yuliansyah, Deddy Chrismianto, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: fahmi.fernando@yahoo.com

ABSTRAK

Hambatan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi dalam perancangan sebuah kapal. Kapal dengan bentuk *spray rail* yang baik akan memberikan efisiensi hambatan yang dihasilkan sehingga operasional kapal dan pergerakan kapal lebih baik dan efisien pula. Perhitungan nilai hambatan kapal saat beroperasi juga penting karena berpengaruh terhadap aliran fluida dan besarnya kecepatan kapal yang dimiliki dan akhirnya berpengaruh pada nilai ekonomis suatu kapal pada saat beroperasi. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk *spray rail* yang menghasilkan hambatan total paling kecil dan *lift force* yang bagus dengan menggunakan program *computational fluid dynamic* (CFD). Dalam melaksanakan penelitian ini penulis menggunakan program computer berbasis CFD untuk penyelesaian masalah dari tujuan penelitian, CFD itu sendiri adalah merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. Pada dasarnya, persamaan-persamaan pada fluida dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan-persamaan *diferensial parsial* (PDE = *Partial differential Equation*) yang merepresentasikan hukum-hukum konservasi massa, momentum dan energi. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan didapatkan nilai hambatan menggunakan CFD untuk berbagai variasi bentuk *spray rail*. Nilai hambatan total terkecil pada kondisi menggunakan kecepatan 27 Knot adalah 531,252 KN dengan menggunakan model asli tanpa menggunakan *spray rail*. Kemudian Nilai hambatan total terkecil pada kondisi menggunakan kecepatan 27 Knot adalah 501,067 KN dengan menggunakan model 2.

Kata kunci : CFD, hambatan total, *lift force*, *spray rail*.

ABSTRAK

*Resistance is one of the main factors that influence the design of ship. Ships with a good form of spray rail will generated resistance more efficient so that gave better and more efficient in ships operational and shipping maneuverability. Calculation of ship resistance value during operation is also important because it affects the fluid flow velocity and the magnitude of vessels speed and ultimately affect the economic value of the vessel at the time of operation. In this study aims to obtain the form of spray rail that produces the smallest of total resistance and better lifting force using the computational fluid dynamic program (CFD). In carry out this study the authors use a CFD-based computer program for solving problems of the purpose of research, CFD itself is a science in determining the numerical solution of fluid dynamics. Basically, the equations in the fluid built and analyzed based on partial differential equations (PDE = *Partial Differential Equation*) which represent the laws of conservation of mass, momentum and energi. Based analysis and calculation results obtained using CFD resistance values for various of spray rail forms. The smallest value of condition using total resistance at 27 knots speed is 531.252 KN using the original model without using the spray rail. Then the smallest value of total resistance on the condition of using the speed of 27 knots is 501.067 KN by using model 2.*

Key word : CFD, total resistance, lift force, spray rail.

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia di ASEAN termasuk negara yang mempunyai hasil kekayaan alam yang cukup melimpah, seperti bahan baku dan bahan energi (minyak bumi dan gas). Pertamina merupakan perusahaan dalam negeri yang aktif dalam pengeboran dan pertambangan minyak lepas pantai yang berkembang pesat di Indonesia selama beberapa tahun terakhir. Selama gejolak ekonomi yang kurang stabil, minyak & gas tetap menjadi industri yang prospektif di Indonesia.

Perusahaan pertamina memiliki banyak pekerja yang membutuhkan makanan dalam setiap harinya, khususnya pada waktu istirahat. Dalam mensupply makanan dan mengantar atau menjemput pekerja lepas pantai yang terkadang datang terlambat, merupakan kesalahan armada jasa antar berupa helikopter. Hal tersebut dikarenakan terlalu banyaknya para pekerja lepas pantai yang bekerja di penambangan minyak, serta muatan pada helikopter kurang efisien dalam mensupply makanan dan antar jemput pekerja penambangan minyak yang dibawa pada saat terbang. Oleh karena itu pertamina membutuhkan kapal cepat untuk didaerah pantai Laut Jawa, sekitar 90 km sebelah utara Teluk Jakarta sebagai alternatif dalam mensupply makanan dan antar jemput pekerja. Kapal tersebut dimiliki oleh CNOOC (*China Nasional Offshore Oil Corporation*) yang bekerja sama dengan BPMIGAS (Badan Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi), lalu kapal cepat tersebut di sewakan ke Pertamina.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini saya menganalisa hambatan pada kapal *crew boat* yang membawa muatan pekerja serta makanan agar mendapatkan hambatan yang ringan dan kecepatan yang maksimal.

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hambatan dan *Lift force* kapal *Crew boat*.
2. Bagaimana hambatan dan *Lift force* maksimal kapal setelah mengalami penambahan *spray rail*

3. Bagaimana hambatan dan *Lift force* kapal *Crew boat* yang dialami setelah mengalami variasi *spray rail*

Sehingga adapun tujuan penelitian ini, yaitu :

1. Mengetahui nilai hambatan dan *Lift Force* pada kapal *crew boat*.
2. Mengetahui hambatan dan *Lift Force* maksimal kapal setelah mengalami penambahan *spray rail*.
3. Mengetahui nilai hambatan dan *Lift Force* pada kapal *crew boat* sebelum dan sesudah mengalami variasi *spray rail*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hambatan Kapal

Dalam merencanakan kapal, faktor umum yang memegang peranan penting adalah hambatan yang akan dialami oleh kapal pada waktu bergerak. Suatu bentuk kapal dengan hambatan kecil atau sekecil mungkin adalah menjadi tujuan perencana kapal, sebab akan berarti pemakaian tenaga kuda akan menjadi hemat dengan begitu akan menghemat penggunaan bahan bakar, berarti mesin penggerak lebih ringan sehingga menambah daya muat kapal tersebut. Hambatan total yang bekerja pada kapal dapat dibagi menjadi:

1. Hambatan gesek (*Frictional resistance*) R_f : merupakan komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskositas fluida (akibat gesekan air terhadap badan kapal). Penyebab utama hambatan ini adalah *viskositas*, kecepatan kapal dan luas permukaan basah. Rumus umum dari tahanan gesek kapal adalah:

$$R_f = \frac{1}{2} \rho \cdot C_F \cdot S \cdot V^2 \dots\dots\dots (1)$$

dimana : C_F = koefisien gesek

S = luas permukaan basah (m²)

V = kecepatan kapal (m/det)

2. Hambatan tekanan (*Pressure resistance*) R_P : suatu gaya tahanan yang yang diperoleh dengan cara mengintegalkan tegangan normal keseluruhan permukaan benda menurut arah gerakan benda. Atau dapat juga dikatakan bahwa hambatan tekanan terjadi karena adanya hambatan tekanan Viskositas (*viscous Pressure resistance*) R_{PV} dan hambatan gelombang (*wave resistance*) R_w .

Maka hambatan total adalah:

$$R_t = R_f + R_P \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{atau: } R_t = R_f + R_{PV} + R_w \dots \dots \dots (3)$$

2.2 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Konsep dasar penggunaan software berbasis *Computational Fluid Dynamic* ini adalah penyelesaian metoda numerik dengan sebuah persamaan fluida yaitu Persamaan Navier- Stokes, dengan prinsip :

1. Kekekalan massa
2. Kekekalan momentum
3. Kekekalan energi

Prinsip fisika ini diaplikasikan pada model dari aliran pada sebaliknya hasil dari aplikasi ini adalah persamaan matematis yang melibatkan yang melibatkan prinsip fisika khusus yang bernama kontinuitas, momentum, dan persamaan energi. Setelah kontinuitas, momentum, dan persamaan energi tersedia bentuk secara khusus akan cocok untuk digambarkan. Pada akhirnya kondisi batas fisika dan pernyataan matematis yang tepat akan dikembangkan berdasarkan persamaan yang harus diselesaikan pada kondisi batas

Computational Fluid Dynamic digunakan secara luas untuk memberikan penyelesaian dari masalah secara eksperimen, Dalam eksperimen, tidak dilakukan secara menyeluruh dalam memodelkan situasi sebenarnya, sehingga hal ini tidak merefleksikan secara keseluruhan dalam pemodelan. Dalam pemodelan numerik, jika *input* data tidak dimasukkan dengan kondisi sebenarnya, maka digunakan parameter yang dapat merefleksikan kondisi sebenarnya. Program *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan metode *VOF (Volume of Fluid)* atau *Finite Different Equation*. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian dengan menyelesaikan persamaan *Navier-Stokes* [2,4]

Aditya .A .H. P, I Ketut Aria Pria Utama [1] dalam jurnalnya membuktikan bahwa kapal *Planning* merupakan bentuk lambung yang memiliki nilai perbandingan antara kecepatan dan panjang kapal.

A.Farid dan I. G. N. Sumanta Buana [3] dalam jurnalnya membuktikan bahwa kapal *Planning* merupakan kapal yang dirancang secara khusus dan berfungsi sebagai kapal pemasok kebutuhan *rig* dan *offshore platfrom* serta sebagai penunjang kegiatan di lepas pantai.

Hwa Seo [5] dalam jurnalnya membuktikan bahwa fenomena *free-surface non-linear* seperti contoh ombak yang ekstrim dan tumpahan atau percikan yang keras (*violent sloshing*) dan tubrukan dari keduanya teradap respon dinamis kapal yang bermuatan dapat disimulasikan dengan perangkat CFD untuk masalah aliran tersebut.

Richard A.Royce [6] dalam jurnalnya membuktikan tentang karakteristik *spray rail* dan perencanaan lambung pembentukan *spray* pada bagian depan lambung kapal disebabkan oleh tekanan dari permukaan lambung bagian bawah permukaan air..

3. Metodologi Penelitian

Data primer diperoleh dari galangan Caputra Mitra Sejati. Berikut data utama ukuran kapal :

- Length : 43,40 m
- Breadth : 9,30 m
- Depth : 4,14 m
- Draft : 2,00 m
- Wetted Surface Area : 868,11 m²
- Block Coefficient (Cb) : 0,49
- Speed : 27,00 knot
- Froude Number (Fn) : 0,67

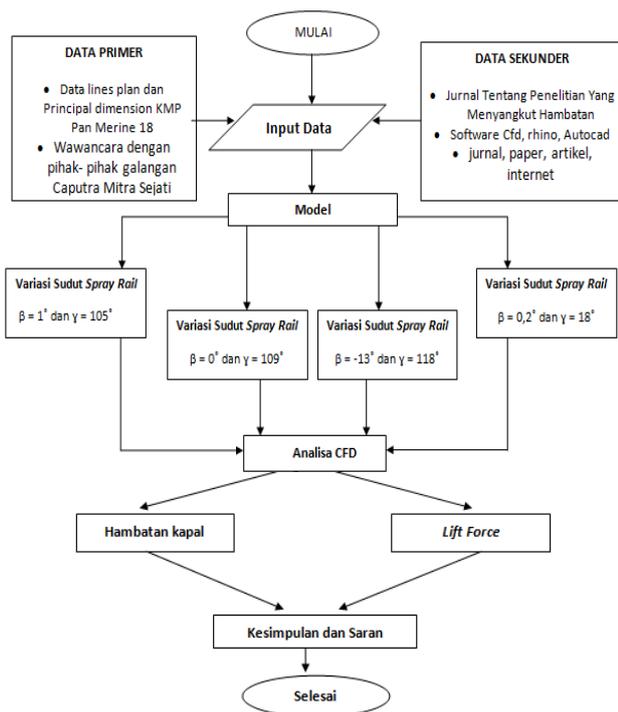
a) Data Sekunder

Metode ini dimaksudkan untuk mempelajari permasalahan beserta solusi yang akan dikemukakan di dalam penelitian ini dari berbagai referensi baik berupa buku, artikel, majalah dan jurnal yang berkaitan dengan penyelesaian penelitian ini yang nantinya akan di buat suatu analisa terhadap karakteristik kapal *crew boat*.

Penelitian ini difokuskan pada variasi bentuk *spray rail* menggunakan beberapa parameter. Penelitian ini disimulasikan untuk mendapatkan nilai hambatan total paling kecil dan terbesar. Maka dari itu diperlukan parameter-parameter yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

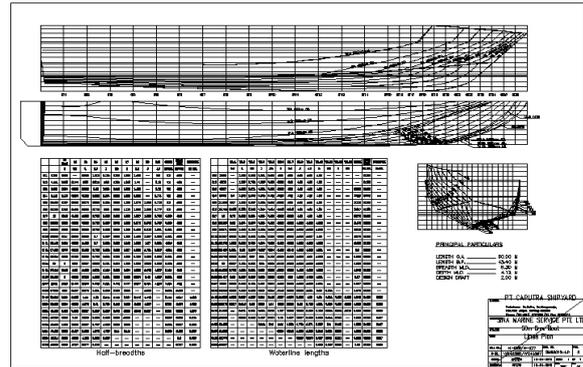
- Parameter tetap :
Dimensi properties dari lambung kapal antara lain,
 1. *Length* (LPP) (m)
 2. *Breadth* (B) (m)
 3. *Draft* (T) (m)
 4. *Displacement* (ton)
- Parameter berubah pada *spray rail*
 1. Penambahan *spray rail* pada bagian lambung kapal.
 2. Perubahan sudut tiap *spray rail* pada lambung kapal.

No	Parameter	Keterangan
1	Model 1	Sudut $\beta = 1^\circ$ dan $\gamma = 105^\circ$
2	Model 2	Sudut $\beta = 0^\circ$ dan $\gamma = 109^\circ$
3	Model 3	Sudut $\beta = -13^\circ$ dan $\gamma = 118^\circ$
4	Model 4	Sudut $\beta = 0,2^\circ$ dan $\gamma = 18^\circ$



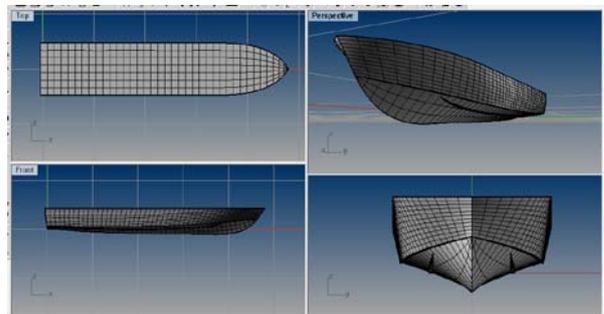
Gambar .1 diagram alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Lines Plan

Dari *Lines plan* tersebut kemudian dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan software *Rhinoceros 4.0*.(gambar 3)



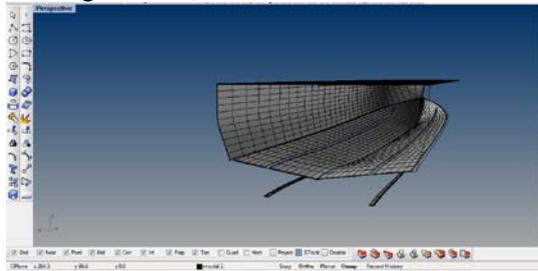
Gambar 3. Pemodelan menggunakan *Rhinoceros 4.0*

Hasil pemodelan dari *Rhinoceros 4.0* diexport dalam bentuk *file .stp* terlebih dahulu kemudian dapat dibuka di software CFD yaitu *Ansys 12.0*. analisis CFD yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan, visualisasi aliran, nilai hambatan kapal pada kecepatan tertentu.

4.1 Simulasi CFD

Proses simulasi numerik pada Computational Fluid Dynamic dimulai dari pembuatan model badan kapal dalam bentuk *file .stp* yang berasal dari *file export* program *Rhinoceros* sehingga model dapat digunakan. Model yang digunakan haruslah *solid*, maka dari itu dari sekian *curve* (garis) yang terbentuk haruslah digabungkan sehingga dapat dijadikan bentuk *surface*. Dari ratusan *surface* yang terbentuk dari keseluruhan model kapal dapat dijadikan sebuah suatu bentuk tertutup rapat yang bisa disebut *solid*, dengan cara men *joint* seluruh *surface*. Berikut adalah gambaran proses pembuatan model yang didalamnya terdapat

rutasan kurva yang digabungkan menjadi *surface* dan *surface* tersebut digabungkan kembali untuk menjadi model yang *solid*.(gambar 4)

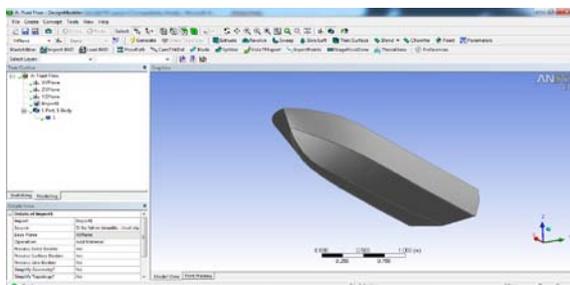


Gambar 4 Proses pembuatan model pada Software *Rhinoceros*

Langkah simulasi numerik pada *Ansys 12.0* pada dasarnya sama dengan jenis software lain yang berbasis *Computational Fluid Dynamic*. Pengujian ini menggunakan perhitungan solver *Fluid Flow Analys (CFX)*. Secara garis besar langkah – langkah simulasi numerik pada *solver* ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

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

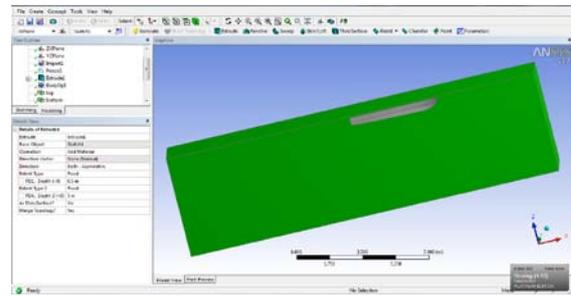
Geometry merupakan langkah awal dimana pengecekan solid tidaknya model. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan kolam tempat pengujian (kolam *Towing Tank*). Pada tahap ini perintah yang digunakan adalah file > *import external geometry file* > enter file model > OK > *generate*. Model akan *solid* apabila muncul tanda balok. Apabila tanda bendera yang muncul, berarti model masih terbuka atau tidak *solid*. (gambar 5)



Gambar 5 Model *solid*

Apabila model bisa digunakan maka akan muncul keterangan *ready*. Langkah selanjutnya pembuatan kolam tempat pengujian. Kemudian pembuatan *free surface*,

free surface adalah memisahkan antara hambatan air dan hambatan udara. (gambar 6)



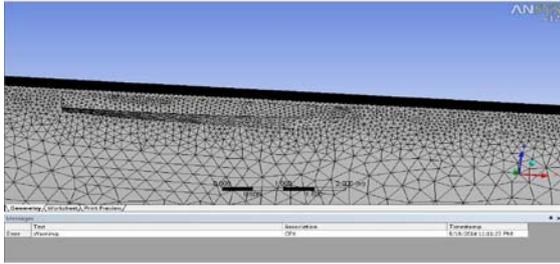
Gambar 6 *Free Surface* kolam pengujian pada tahap *Geometry*

Tahap selanjutnya adalah pada *mesh*. Selanjutnya dalam tahap ini terbagi menjadi beberapa langkah, yaitu :

- a. *Virtual Topology*
- b. *Regions*
- c. *Mesh*

Virtual Topology adalah dimana kapal akan terbagi menjadi beberapa bagian. Kemudian penentuan *Regions*. Disini akan membagi *boundary* antara kapal dan kolam, karena semua bagian akan di-*mesh*. Meshing dibagi menjadi beberapa sub, antara lain adalah *spacing*, *controls*, *inflation*, dan lainnya. *Spacing* adalah kita menentukan besar, sudut, radius, *expansion* dan lokasi *meshing*. Bentuk *meshing* yang digunakan antara lain adalah *nodes*, *tetrahedra*, *pyramids* dan *prism*. Pemilihan bentuk *meshing* disesuaikan dengan lokasinya.

Tahap *mesh* adalah tahap yang paling rumit. Apabila terjadi kesalahan sedikit pun, meshing akan berhenti dan gagal. Bila hal ini terjadi maka dalam tahap ini harus diulang. Maka disarankan agar teliti dan cermat. Semakin besar jumlah elemen *meshing* maka hasil *meshing* akan semakin halus dan bisa mendapatkan hasil yang lebih akurat. Namun perlu diingat bahwa semakin besar elemen yang kita buat, dalam proses simulasi numerik akan semakin berat dan berlangsung lama dan menghasilkan *file* yang semakin besar.

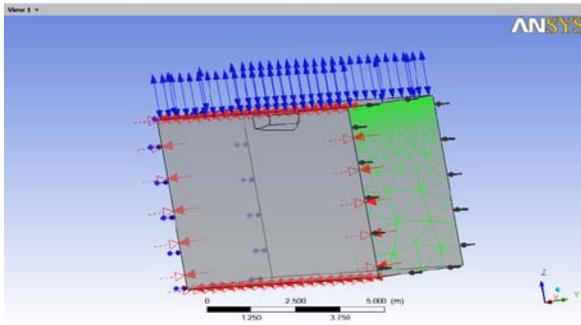


Gambar 7 Hasil *mesh* model asli

Tabel 1 Statistik Mesh model

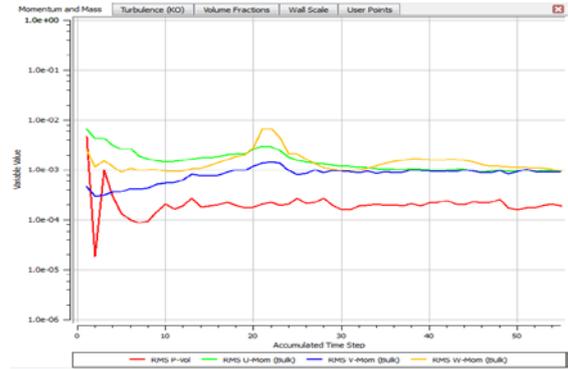
No	Nama	Nodes	Tertrahedra	Pyramids	Prims	Total elemen
1	Model Asli	320635	1780066	1140	7871	1789077
2	Model 1	318935	1783554	1098	3728	1788380
3	Model 2	325411	1806356	1720	7551	1815627
4	Model 3	318991	1783053	1119	3951	1788123
5	Model 4	319498	1786216	1119	3884	1791219

Tahap *setup* adalah tahapan yang dilakukan setelah *mesh* berhasil dilakukan. *Setup* merupakan tahapan yang berisi tentang penentuan hal – hal yang berkaitan dengan simulasi. Ditahap ini pembuatan domain dilakukan. Dengan penentuan arah aliran fluida pada saat simulasi. Domain tersebut dinamakan sesuai dengan tempat dan arahnya, yaitu *top*, *symetri*, *outlet*, *inlet*, *side*, *bottom* dan *hull*. Disini juga ditentukan tingkat error simulasi. (gambar 8)



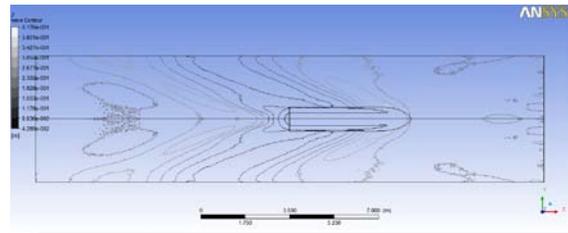
Gambar 8 Domain pada *setup*

Setelah *setup* selesai di program, tahap selanjutnya adalah *solution*. Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD. Dengan besar ketelitian konvergensi sebesar 10^{-3} (gambar 9)



Gambar 9 Grafik perhitungan (running)

Setelah proses *running* atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap *solution*. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa nilai hambatan kapal (force), model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi maupun 3 dimensi. (gambar 10)



Gambar 10 Visualisasi aliran

4.2 Hasil variasi Parameter perubahan

4.2.1 Perhitungan hambatan total

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

Dengan menggunakan rumus maka hambatan total kapal .

Rumus umum dari tahanan total kapal adalah:

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

Dimana

- ρ : masa jenis air laut
- CT : koefisien tahanan total
- S : *Weated surface area*
- V : kecepatan

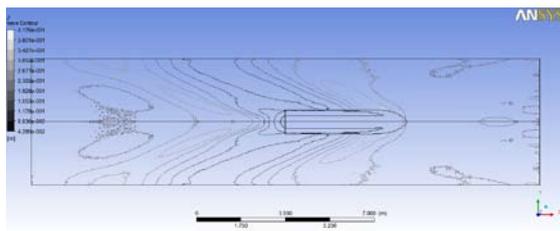
Maka hasil yang di dapat adalah sebagai berikut :

$$RT = \frac{1}{2} * 1,025 * 0,011672 * 499,5 * (13,88)^2$$

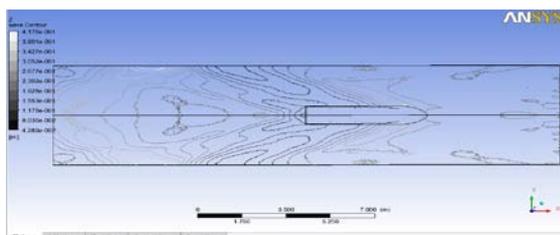
$$RT = 575,638 \text{ KN}$$

4.2.2 Perhitungan hambatan total terkecil dan lift force pada model yang mengalami variasi spray rail

Simulasi dilakukan untuk mencari model dengan hambatan terkecil pada kecepatan asli atau original kapal yaitu dengan kecepatan 27 Knot. Pada 4 model modifikasi yang dianalisa terdapat model dengan hasil yang lebih baik daripada model asli. Sehingga hambatan total kapal skala 1:1 dengan koefisien hambatan total terkecil pada kecepatan 27 knot yaitu pada model 2. Sedangkan hasil hambatan total dari model original adalah 575,638 KN dan hambatan total dari model 2 adalah 501,722 KN Selisihnya 74,468 KN lebih kecil 12,9 % hambatan totalnya dibandingkan model originalnya. Berikut perbandingan hasil simulasi antara model original dan model 2. (gambar 11 dan gambar 12)



Gambar 11 Simulasi model 2 dengan kecepatan 27 knot



Gambar 12 Simulasi model asli dengan kecepatan 27 knot

Tabel 2 Data hasil perbandingan hambatan total dan Lift Force tiap model pada kecepatan 27 knot dengan menggunakan Ansys CFD

No	Model	Speed (Knot)	Ct	Resistance (KN)	Lift force (KN)
1	model asli	27	0,011672	575,6385262	2537,324114
2	model 1	27	0,010657	528,4461968	2869,176149
3	model 2	27	0,010105	501,1701442	2797,601941
4	model 3	27	0,010649	533,1817055	2866,704087
5	model 4	27	0,011298	558,2023665	2761,367522

Hasil Lift Force yang didapatkan pada CFD untuk kapal pertama atau model asli adalah 2537,32 KN, hasil tersebut menghasilkan untuk model 1 memiliki Lift Force yang lebih baik dibandingkan dengan model asli dan model spray rail yang lainnya yaitu sebesar 2869,17 KN.(Tabel 2)

4.2.3 Validasi Hasil Uji Model Dengan Hasil Menggunakan Metode Holtrop

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan software hull speed dengan metode holtrop. Validasi digunakan untuk menentukan perbandingan antara hasil perhitungan numerik dengan perhitungan empiris, jika selisih antara perhitungan numerik dengan perhitungan empiris memiliki selisih hasil yang kecil, maka hasil perhitungan numerik valid.

Tabel 3 Data hasil hambatan total holtrop

Speed	Holtrop resistace (KN)
20,25	317,92
20,93	350,15
21,6	382,31
22,28	414,4
22,95	447,17
23,63	481,65
24,3	511,78
24,98	537,45
25,65	558,93
26,33	576,69
27	591,3

Tabel 4 Data hasil perbandingan hambatan total CFD dan Holtrop pada kecepatan 27 knot

	CFD	Holtrop	Selisih
RT	575,685	591,300	15,615 (2,6%)

Hasil *RT* yang didapatkan pada CFD untuk model asli adalah 575,685 KN hasil tersebut mempunyai selisih dengan hasil perhitungan holtrop sebesar 11% .

5. Kesimpulan

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

1. Didapatkan nilai hambatan total model sebelum mengalami modifikasi spray rail adalah 575,638 KN. Didapatkan nilai *lift force* model sebelum mengalami modifikasi spray rail adalah 2537,32 KN.
2. Didapatkan nilai hambatan total model setelah mengalami 4 modifikasi spray rail, dimana model 1 memiliki nilai hambatan sebesar 528,446 KN, model 2 memiliki nilai hambatan sebesar 501,170 KN, model 3 memiliki nilai hambatan sebesar 533,181 KN dan model yang ke 4 memiliki nilai hambatan sebesar 558,202 KN. Kemudian didapatkan nilai *lift force* model setelah mengalami modifikasi spray rail, dimana model 1 memiliki nilai *lift force* sebesar 2869,176 KN, model 2 memiliki nilai *lift force* sebesar 2797,60 KN, model 3 memiliki nilai *lift force* sebesar 2866,704 KN dan model yang ke 4 memiliki nilai *lift force* sebesar 2761,367 KN. Didapatkan nilai hambatan total terbaik dari model 4 dimana hasil hambatan total yaitu model 2 dengan nilai hambatan total sebesar 502,017 KN dan nilai *lift force* terbaik dari model 4 dimana hasil *lift force* yaitu model 1 dengan nilai *lift force* sebesar 2869,17 KN. Nilai tersebut merupakan nilai yang terbaik dari semua model *spray rail* yang dianalisa.
3. Didapatkan besarnya nilai hambatan total yang mendekati antara model yang menggunakan perhitungan model CFD dengan hasil perbandingan dengan holtrop. Hasil CT yang didapatkan pada CFD untuk kapal pertama atau model asli adalah 0,011672, hasil tersebut dihitung menggunakan rumus umum hambatan total lalu dibandingkan dengan hasil dari holtrop. Dimana hasil hambatan total dari CFD adalah 575,638

dan hasil dari holtrop adalah 591,300 jadi selisihnya 15,615 atau 2,6%.

5.2. Saran

- Dalam analisa menggunakan CFD, sebaiknya menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi sehingga dalam simulasi bisa menghemat waktu proses simulasi.
- Pembuatan meshing yang lebih smooth lagi. semakin halus meshing otomatis semakin banyak jumlah elemen meshing yang dibuat. Dengan demikian hasil simulasi yang dihasilkan lebih akurat, akan tetapi bila semakin besar meshing akan berbanding lurus juga dengan semakin lama proses simulasi.
- Melakukan analisa lanjutan hambatan total pada variasi bentuk sudut *spray rail* yang lebih baik lagi agar mendapatkan hambatan total dan *lift force* yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aditya A. H. P, I Ketut Aria Pria Utama.2012, *Perbandingan Variasi Bidang Trim Pada Kapal Pilot Boat dengan menggunakan Pendekatan CFD* : Jurnal Teknik ITS Vol 1,No. 1 (September 2012) ISSN : 2301-9271
- [2]. Anderson. D.1995.*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*, Department of Aerospace engineering University of Mayland
- [3]. A. Farid dan I. G. N. Sumanta Buana 2012. *Model Perancangan Konseptual Armada Supply Vessel untuk Mendukung Operasi Rig dan Offshore Platfrom*: Jurnal Teknik ITS Vol ! (Sept, 2012) ISSN: 2301-9271
- [4]. Barkhudarov. 2004. *Lagrangian VOF advection Method for Flow- 3D Flow Science,Inc FSI-03-TN63-R*
- [5]. Hwa seo, 2010.*Flexible CFD meshing strategi for prediction*.Seoul university, korea

- [6]. Richard A. Royce. 1994 *A Rational Prismatic Hull Approach For Planing Hull Analysis* : Presented at The Society of Naval Architects and Marine Engineer, Great Lakes and Great Rivers Section Meeting Cleveland, Ohio. University of Wisconsin, Platteville