



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Penambahan *Fin* Pada *Rudder* Terhadap Kemampuan Manuvering Kapal Dengan Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic* (Studi Kasus *Kriso Container Ship*)

Reinhard Fernando Hutapea¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Untung Budiarto¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: reinhardfernando@gmail.com

Abstrak

Kemampuan Kapal dalam melakukan manuver yang baik sangat di pengaruhi oleh gaya yang ditimbulkan dari *Rudder*. Salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai manuver yang baik pada kapal adalah dengan penambahan *fin* pada rudder. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gaya angkat rudder serta nilai bermanuver kapal akibat penambahan *fin* pada rudder kapal. Penelitian ini menggunakan Software *ANSYS Fluent 16.0* untuk mengetahui gaya angkat pada rudder dan perhitungan manual dengan metode *slender body strip* untuk mendapatkan nilai dari komponen-komponen manuver dengan variasi sudut kemudi 10°, 15°, 35°. Berdasarkan hasil analisa, di dapatkan bahwa peningkatan gaya angkat kemudi terbesar terjadi pada sudut rudder 35° yaitu sebesar 4264,90 KN dibandingkan dengan rudder tanpa fin sebesar 4049,81 KN. Nilai manuver yang baik juga didapat dari kemudi dengan menggunakan fin, dimana nilai *Steady Turning Diameter* berkurang 47,6 m pada sudut 35°, *Tactical Diameter* berkurang 47,7m, *Advance* berkurang 24,5 m, dan *Transfer* berkurang 25,3 m. Sehingga dengan hasil ini, waktu untuk kapal dalam melakukan manuver menjadi lebih cepat.

Kata Kunci: *Rudder*, *Fin*, Gaya Angkat, Maneuver, CFD.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu tujuan utama dalam mendesain kapal adalah untuk memiliki sistem hemat energi dengan yang lebih rendah dan sistem propulsi yang lebih baik. Ini memastikan bahwa kapal akan memiliki kecepatan yang dikehendaki dengan menggunakan daya yang seminimal mungkin. Seperti diketahui, bahwa setiap benda yang bergerak akan mengalami gaya lawan (*resisting force*) yang biasa disebut sebagai tahanan.

Secara prinsip rudder memegang peranan penting dalam olah gerak kapal disamping bentuk lambung dan jenis propulsi yang digunakan. Selain komponen diatas, terdapat pula sejumlah parameter yang turut mempengaruhi kualitas pergerakan kapal diantaranya: kecepatan kapal, trim haluan, perubahan sarat, pengaruh pusat daya

apung memanjang (LCB), perbandingan panjang dan lebar kapal (L/B), diameter daun baling-baling, luasan daun kemudi dan dimensi lunas yang dipergunakan. Sejumlah komponen tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap gaya dan momen hidrodinamika semasa kapal bermanuver.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan gaya pada *rudder* adalah dengan menambahkan *fin*. Adanya penambahn *fin* mampu mempengaruhi gaya kemudi kapal yaitu dengan pengurangan nilai *drag* pada setiap kemudi dengan variasi jumlah *fin*. Dari variasi percobaan jumlah *fin* dari 1 *fin* sampai 3 *fin* diketahui bahwa jumlah *fin* yang paling optimal adalah kemudi dengan jumlah 2 *fin* yaitu dengan perubahan nilai *drag* sebesar 64 % dari nilai *drag* kemudi tanpa menggunakan *fin*,

serta nilai lift terbesar dihasilkan pada kemudi dengan menggunakan 1 fin dengan nilai lift sebesar 3971,8 kN dan mengalami penambahan nilai lift sebesar 12% dari nilai lift tanpa menggunakan kemudi dan mempunyai rasio L/D tertinggi sebesar 8,16. (Marsaut Rumapea, 2016).

Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisa perhitungan gaya angkat dan manuver dengan sudut rudder 10° 15° dan 35° setelah penambahan fin pada rudder.

1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan diteliti adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *fin* pada *rudder* terhadap nilai *Lift* dan *Coeffisient lift* dengan beberapa variasi sudut kemudi ?
2. Bagaimana perbandingan nilai *Turning Radius*, *Tactical diameter*, *Advanced*, *Transfer* dengan menggunakan *Fin* dan tanpa menggunakan *fin*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan menggunakan simulasi computer yaitu menggunakan metode CFD dan *software* yang digunakan adalah *Ansys Fluent*
2. Kemampuan manuvering yang dianalisa adalah *Turning circle ability* yang meliputi *Steady Turning*, *Tactical Diameter*, *Advance*, dan *Transfer*
3. Penelitian yang dilakukan mengabaikan factor gelombang dan kecepatan angin
4. Jumlah *fin* yang digunakan pada *Rudder* yaitu 1 *fin*
5. Variasi sudut rudder yang di analisa adalah 10°, 15°, 35°

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan *fin* pada *rudder* terhadap gaya angkat dan koefisien gaya angkat dengan sudut yang telah di tentukan

2. Memperoleh data *manuver* kapal dengan *fin* maupun tanpa menggunakan *fin*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kemudi Kapal (Rudder)

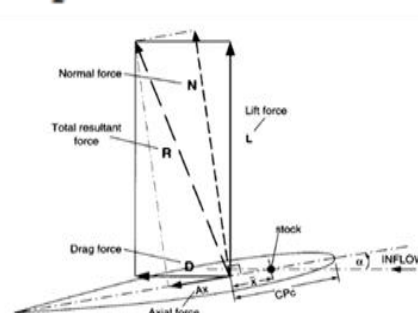
Secara prinsip, motor penggerak kemudi kapal sangat dipengaruhi oleh perancangan, sistem propulsi dan sistem kemudi. Sejumlah elemen tersebut secara langsung memberi pengaruh terhadap gaya-gaya dan momen hidrodinamika yang bekerja pada daun kemudi. Hal lain yang juga bisa berpengaruh adalah akibat kondisi Daun kemudi yang terlalu besar, Sehingga terjadi ketidaksesuaian antara mesin penggerak kemudi dengan kemudi tersebut pada saat kapal dibelokkan.,

2.2. Gaya Geser (Drag) dan Gaya Angkat (Lift)

Ketika kapal bergerak dengan kecepatan tertentu (*U*) pada aliran bebas ada beberapa gaya yang bekerja, antara lain tahanan kapal, gaya dorong kapal. Dan agar kapal dapat berbelok maka sudut *rudder* diubah arahnya sehingga membentuk sudut *a* (*angle of attack*) terhadap center line dan memicu adanya resultan gaya hydrodynamic *F*. Gaya ini bekerja pada satu titik yang disebut *center of pressure* (*CP*). Resultan gaya didapat dari komponen *lift* atau gaya angkat (*L*) yang arahnya tegak lurus degan arah aliran dengan komponen *drag* (*D*) yang arahnya sejajar dengan arah aliran. Untuk menentukan besar gaya kemudi dengan ukuran luas kemudi dan kecepatan operasional yang berbeda, kita dapat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho U^2 AR} \quad C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho U^2 AR}$$

$$C_N = \frac{FN}{\frac{1}{2} \rho U^2 AR} = C_L \cos \alpha + C_D \sin \alpha$$

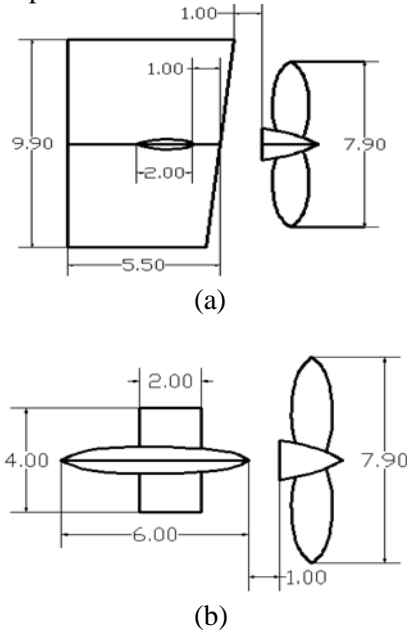


Gambar 1. Gaya pada kemudi

2.3. Rudder Fin

Rudder Fin merupakan *fin* yang dipasang pada *rudder* yang bertujuan untuk mengurangi hambatan pada kemudi kapal.

Rudder Fin dapat menghemat biaya dan merupakan salah satu cara untuk dapat menjaga lingkungan karena dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan mengurangi gas emisi. Rudder fin sangat mudah dipasang untuk kapal –kapal baru tanpa mengubah sedikitpun bagian dari kapal.

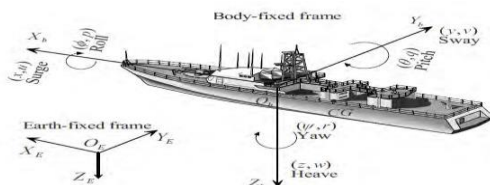


Gambar 2. System Layout of Rudder Fins

2.4 Dinamika Kapal

Pada prinsipnya dinamika gerak kapal dibagi dalam enam-derajat kebebasan atau *degree of freedom* (DOF), yaitu: *surge*, *sway*, *yaw*, *heave*, *roll*, dan *pitch*. Secara umum gerakan yang dialami sebuah kapal ketika melaju dilautan ada dua macam, yaitu gerakan rotasi dan gerak maneuver.

Gerak rotasi terdiri dari *heaving* (atas-bawah) *rolling* (gerakan maju) dan *pitching* (gerakan memutar kedepan), sementara gerak maneuver terdiri dari *surging* (maju-mundur), *swaying* (kanan-kiri), dan *yawing* (gerakan memutar kesamping).



Gambar 3. Derajat Kebebasan

Tabel 1. Tabel Derajat Kebebasan

DOF	Gerakan	Gaya/Momen	Kecepatan linear/angular	Posisi/sudut euler
1	Ke arah sumbu- x (surge)	X	u	x
2	Ke arah sumbu- y (sway)	Y	v	y
3	Ke arah sumbu- z (heave)	Z	w	z
4	Pada sumbu- x (roll)	K	p	ϕ
5	Pada sumbu- y (pitch)	M	q	θ
6	Pada sumbu- z (yaw)	N	r	ψ

2.5 Gerak Manuver

Untuk menentukan Steady Turning Radius dengan pengaruh input coefficient lift diperlukan persamaan hidrodinamika. Dengan metode selender body strip penurunan persamaan menurut tinjauan pustakan adalah sebagai berikut:

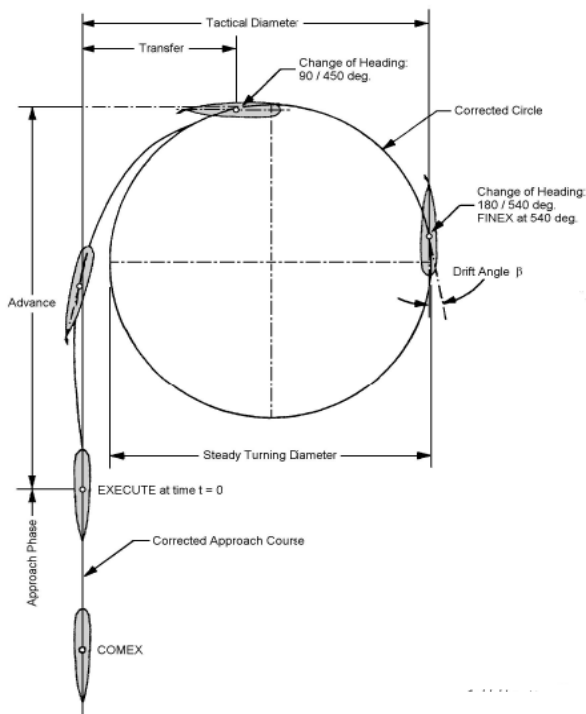
$$\begin{aligned}
 Y_{\delta}' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[1 + 0.16 \times C_b \times \left(\frac{B}{T}\right) - 5.1 \times \left(\frac{B}{L}\right)^2\right] \\
 Y_v' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[1 + 0.4 \times C_{b_v} \times \left(\frac{B}{T}\right)\right] \\
 Y_r' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[0.67 \times \left(\frac{B}{L}\right) - 0.0033 \times \left(\frac{B}{T}\right)^2\right] \\
 Y_{r'}' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[-0.5 + 2.2 \times \left(\frac{B}{L}\right) - 0.08 \times \left(\frac{B}{T}\right)\right] \\
 N_{\delta}' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[1.1 \times \left(\frac{B}{L}\right) - 0.041 \times \left(\frac{B}{T}\right)\right] \\
 N_v' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[0.5 - 2.4 \times \left(\frac{B}{L}\right)\right] \\
 N_r' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[\frac{1}{12} + 0.017 \times C_b \times \left(\frac{B}{T}\right) - 0.33 \times \left(\frac{B}{L}\right)\right] \\
 N_{r'}' &= -\pi \left(\frac{T}{L}\right)^2 \times \left[0.25 + 0.039 \times \left(\frac{B}{T}\right) - 0.56 \times \left(\frac{B}{L}\right)\right]
 \end{aligned} \quad (2)$$

Sedangkan nilai force Y yang dihasilkan dari pengaruh rudder dapat dihasilkan secara sederhana dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 Y_{\delta}' &= \left(\frac{A_r}{T \times L}\right) \times \left(\frac{T}{L}\right) \times \left(\frac{dCl}{d\delta}\right) \times Cl \times \left(\frac{\epsilon}{u}\right)^2 \\
 N_{\delta}' &= 0.5 \cdot Y_{\delta}'
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai STD[2], TD, Advance serta Transfer menggunakan rumus

$$\begin{aligned}
 STD &= \left(\frac{L}{\delta}\right) \times \left[\frac{Y_v' \times N_r' - N_v' \times (Y_r' - m_r')}{N_v' \times Y_{\delta}' - Y_v' \times N_{\delta}'}\right] \\
 \frac{TD}{L} &= 0.14 + 1.0 \times \left(\frac{STD}{L}\right) \\
 \frac{Ad}{L} &= 1.1 + 0.514 \times \left(\frac{TD}{L}\right) \\
 Tr &= 0.375 + 0.531 \times \left(\frac{TD}{L}\right)
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Permodelan *Turning Test*

2.6. 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. 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 penggunaan CFD, yakni: *insight*, *foresight*, dan *efficiency*.

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

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

➤ Data Primer

Data Ukuran Utama Kapal

Length of Perpendicular (LPP) : 230 m
 Length of Waterline (LWL): 232,5m

Depth (H) : 19 m
 Draft (T) : 10,8 m
 Service Speed (V) : 24 Knot
 Froud Number (Fn) : 0,26
 Coefficient Block (Cb) : 0,651

Data Rudder

Tipe Kemudi : Semi Menggantung
 Tinggi Kemudi : 9,9 m
 NACA : 0018

Data Fin

Jenis fin : NACA0010
 Max. Thickness : 0,2 m
 Chord Length : 2 m
 Span Length : 4 m

➤ Data Sekunder

Untuk data-data yang bersifat sekunder antara lain :

1. Nama kapal dan nama pemilik kapal.
2. Kecepatan pelayaran kapal.
3. Mesin utama dan daya mesin

3.2 Parameter Penelitian

Penelitian ini di fokuskan pada efek yang ditimbulkan akibat penambahan fin pada rudder dengan parameter linear terhadap performa manuvering kapal.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

➤ Parameter tetap :

- Dimensi *properties* dari lambung kapal antara lain,

1. *Length Over All* (LOA) (m)
2. *Length between perpendicular*(LPP)
3. *Breadth*
4. *Draft*

➤ Parameter peubah

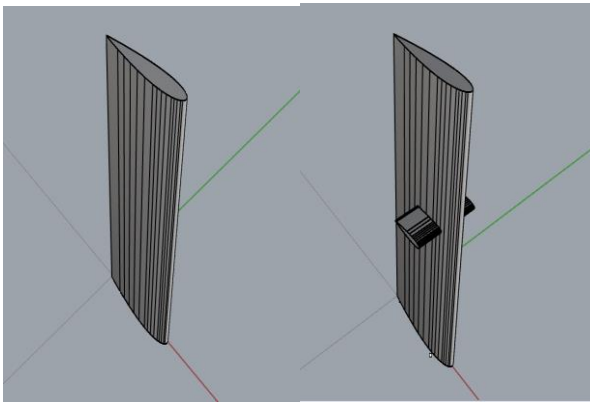
- a. Penambahan 1 buah *fin* pada *rudder*
- b. Hanya menggunakan Sudut rudder 10° 15° 35° dari center line

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data

• **Pemodelan Rudder Menggunakan *Rhinoceros***

Pembuatan model 3D kemudi kapal menggunakan *software Rhinoceros* dimana model pada *software autocad*, kemudian di modelkan ulang dengan pembuatan 3 dimensinya. Pada *software* ini dilakukan pemvariasian model berupa pemodelan kemudi tanpa menggunakan fin dan kemudi dengan menggunakan *fin*.



Gambar 5. Pembuatan model *Software Rhinoceros 4.0*

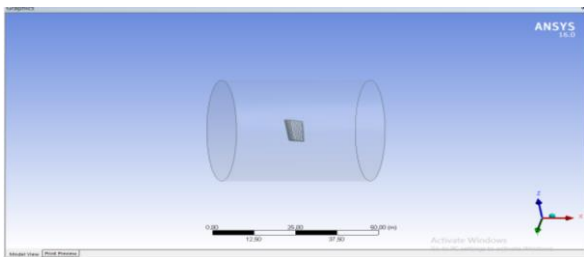
4.2 Simulasi *Computational Fluid Dynamic*

5. Langkah simulasi numerik pada ANSYS 16.0 pada dasarnya sama dengan jenis *software* lain yang berbasis *Computational Fluid Dynamic*. Pengujian ini menggunakan perhitungan *solver Fluid Flow Analysis (Fluent)*. 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*

4.3 Tahap *Geometry*

Model Rudder yang telah dibuat dengan menggunakan *software Rhinoceros* kemudian di import menggunakan *software Ansys Workbench 16.0*, lalu selanjutnya dibuatlah sebuah domain fluida. *Domain fluida* yang dibuat adalah *Enclousure* berbentuk tabung. Pada tahap ini perintah yang digunakan adalah *File > Import External Geometry File > klik file > Generate*. Maka model akan muncul. Apabila model sudah solid muncul tanda balok, jika model tidak solid atau masih terbuka maka akan muncul tanda bendera. Langkah selanjutnya pembuatan *boundary building*, pada tahap ini langkah pertama yaitu pemilihan *XY plan* sebagai koordinat.

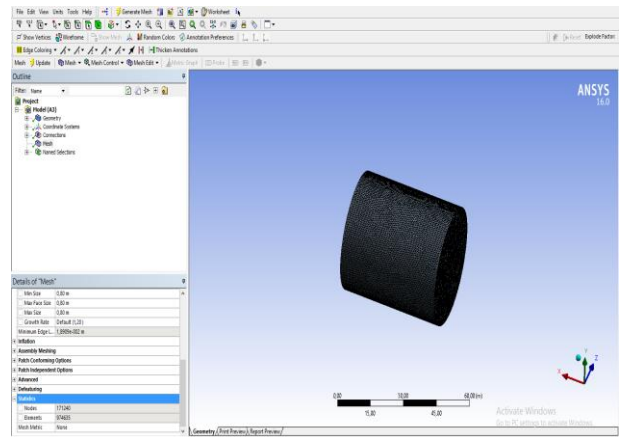


Gambar 6. *Boundary Building*

Boundary yang digunakan adalah Tabung dengan $D= 15m$, dan $L = 20m$

4.4 Tahap *Mesh*

Setelah domain fluida terbentuk langkah selanjutnya adalah melakukan *meshing* pada model. Untuk itu lebih dahulu menentukan ukuran element yang akan digunakan. Namun perlu diingat bahwa semakin kecil elemen yang dibuat, maka jumlah element yang terbentuk semakin banyak. Dalam *meshing* pengguna perlu mendefinisikan jumlah *meshing* yang diinginkan pada koordinat kartesian x,y dan z



Gambar 7. Hasil *Mesh*

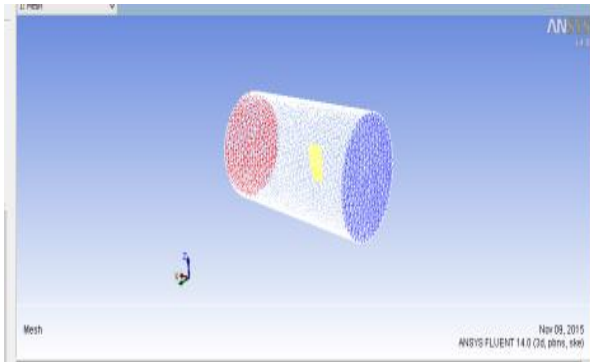
4.5 Tahap *Setup*

Pada tahap *setup* ini adalah membuat pengaturan yang akan digunakan untuk memvalidasikan hasil uji coba model yang sudah ada.

Tabel 2. *Boundary Physics*

Domain	Default domain
Type	Fluid
Location	Materials Water
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continious Fluid
Bouyancy Model	Non Bouyant
Domain Motion	Rotation 52 rad/s
Reference Pressure	1.0000e+00(atm)
Heat Transfer	Isothermal
Fluid Temperature	2.5000e+01 (C)
Turbulence Model	K epsilon
Turbulent Wall Functions	Scaleble

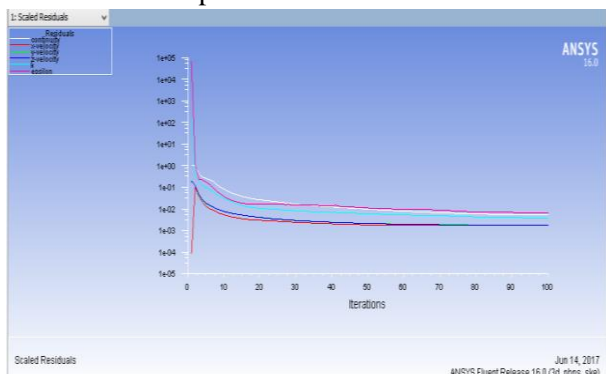
Iterasi yang digunakan adalah 100 iterasi. Iterasi ini digunakan untuk memperoleh konvergensi, yaitu kesesuaian (matching) antara input simulasi (kondisi batas dan parameter lain) atau tebakan yang diberikan dengan hasil perhitungan yang diperoleh (criteria output). Semakin kecil konvergensi maka hasil yang diperoleh semakin akurat [4].



Gambar 8. Domain Pada Setup

4.6 Tahap Solution

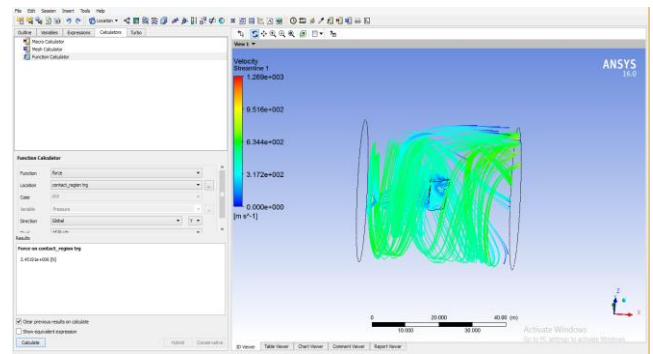
Setelah setup selesai di program, tahap selanjutnya adalah solution pada Gambar 10. Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.



Gambar 8. Grafik Perhitungan

4.7 Tahap Results

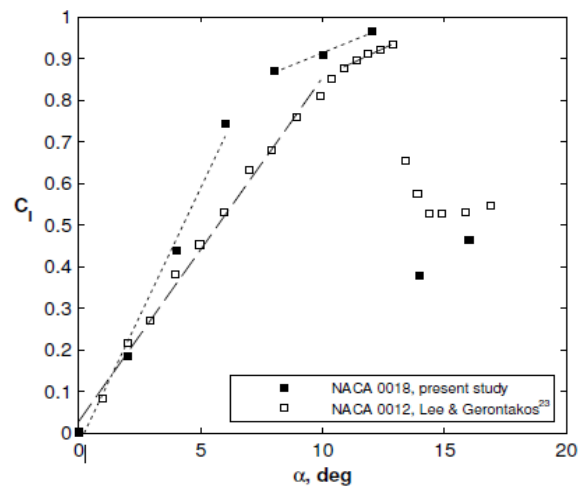
Setelah proses running atau simulasi selesai maka hasilnya dapat dilihat di tahap solution. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa force yang diterima model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi maupun 3 dimensi.



Gambar 10. Tahap Results

4.8 Validasi

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan rumus gaya belok (*Lift Force*). Validasi dilakukan untuk menentukan apakah hasil analisa memiliki nilai yang valid jika nilai running CFD dibandingkan dengan perhitungan manual. Berikut data untuk di validasi:



Gambar 11. Grafik Coefficient Lift dari Naca 0018

$$F = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times CL \times A$$

Keterangan :

F = gaya (N)

A = Luas area Kemudi (m²)

V = kecepatan fluida (m/s)

P = massa jenis air laut (kg/m³)

CL = Coefficient Lift

$$F = \frac{1}{2} \times 1,025 \times 12^2 \times 0,9 \times 54,45$$

$$= 3616,56 \text{ KN}$$

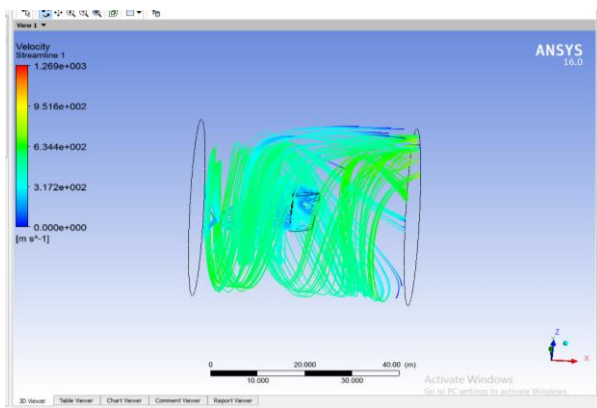
Pada simulasi model CFD model kemudi tanpa menggunakan fin dengan sudut kemudi 10° didapat nilai **3451,91 KN**. Maka didapatkan lah margin error sebesar 4,5%. Dari hasil perhitungan Rumus gaya angkat yang dibandingkan dengan hasil perhitungan CFD

dapat disimpulkan bahwa parameter setup pada perhitungan CFD cukup mendekati, maka parameter setup tersebut dapat digunakan pada perhitungan CFD untuk gaya Lift pada kemudi yang di modelkan.

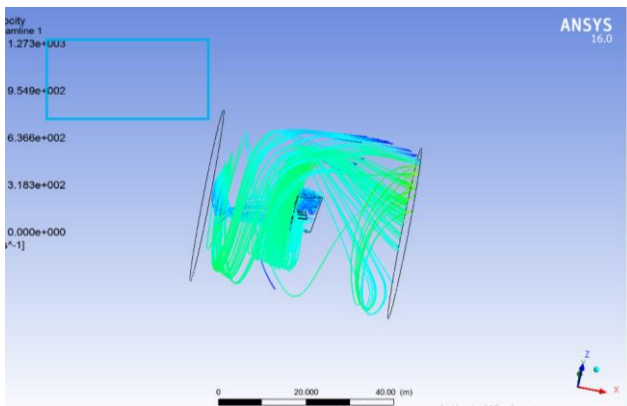
4.9 Perhitungan Nilai Force

Perhitungan force pada model dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil running) diambil dari tahap *results* yaitu pada *function calculator*, *function* yang di inginkan yaitu *force*. *Location* merupakan pemilihan area yang ingin di ketahui nilainya Untuk menentukan nilai pada gaya angkat rudder maka arah gaya yang diambil adalah sumbu Y. Kemudian dari data tersebut kita olah sehingga menjadi data yang matang.

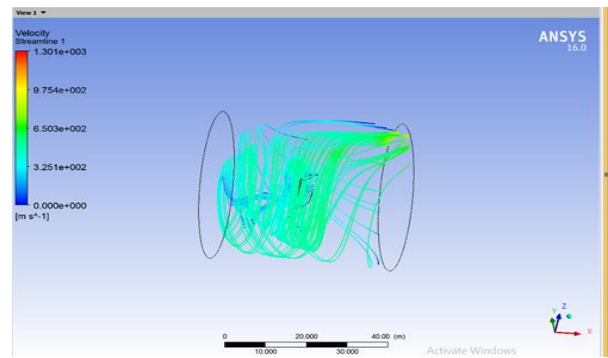
4.10 Analisa Data



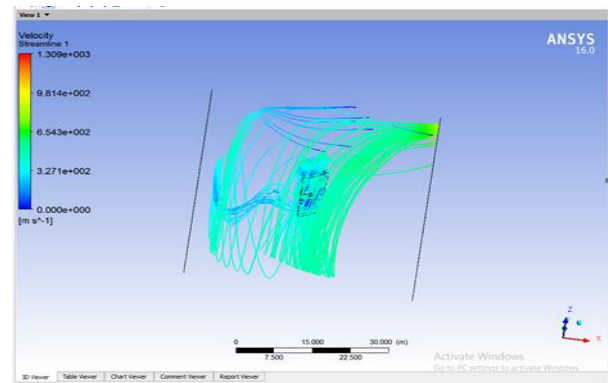
Gambar 13. *Streamline Velocity* pada Rudder Tanpa Fin Sudut Rudder 10°



Gambar 14. *Streamline Velocity* pada Rudder Dengan Fin Sudut Rudder 10°



Gambar 15. *Streamline Velocity* pada Rudder Tanpa Fin Sudut Rudder 35°



Gambar 16. *Streamline Velocity* pada Rudder Dengan Fin Sudut Rudder 35°

Dari hasil running simulasi pada Gambar 15 sampai dengan gambar 17 menunjukkan fenomena *Streamline velocity* dan *Pressure Contour* pada model yang berbeda, dan pada Kemudi dengan fin mempunyai tekanan yang lebih besar di bandingkan dengan kemudi tanpa menggunakan Fin

4.11 Pembahasan

a. Data Hasil Running CFD

Dari hasil analisa diatas, akan dihitung nilai *Coefficient Lift* dari setiap kondisi yang ada dengan rumus

$$Cl = \frac{F}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}$$

Keterangan :

F = gaya (N)

A = Luas area Kemudi (m²)

V = kecepatan fluida (m/s)

P = massa jenis air laut (kg/m³) 4

CL = Coefficient Lift

Dari proses running program CFD didapatkan nilai lift dan coefficient lift dari masing-masing

kemudi yang dapat diketahui dari tabel dibawah ini :

Tabel 3. Data *Lift* dan *Coefficient Lift*

No	Model Kemudi	Sudut Kemudi	FL (KN)	CL
1	Tanpa Fin	0	2889,22	0,72
2	Tanpa Fin	10	3451,91	0,84
3	Tanpa Fin	15	3571,39	0,88
4	Tanpa Fin	35	4049,81	1,01
5	Dengan fin	0	3143,07	0,78
6	Dengan fin	10	3537,74	0,88
7	Dengan fin	15	3609,08	0,89
8	Dengan fin	35	4264,90	1,06

Dari data tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai dari Gaya Lift dan Coefficient Lift setiap perubahan sudut Rudder dari 0° sampai 35° mengalami peningkatan. Nilai Lift dan Coefficient Lift Kemudi dengan menggunakan Fin mengalami kenaikan dibandingkan dengan kemudi tanpa menggunakan fin.

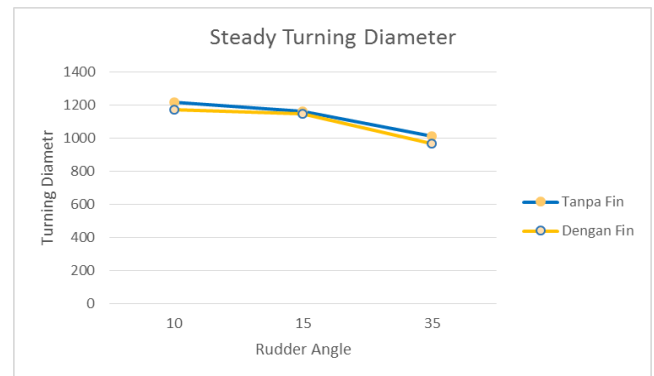
b. Data Manuver

Dengan input masing-masing nilai coefficient lift dan persamaan manuevering diatas, maka didapatkan nilai dari maneuverability kapal dengan masing-masing jenis kemudi[7] seperti ditunjukkan pada table dibawah ini:

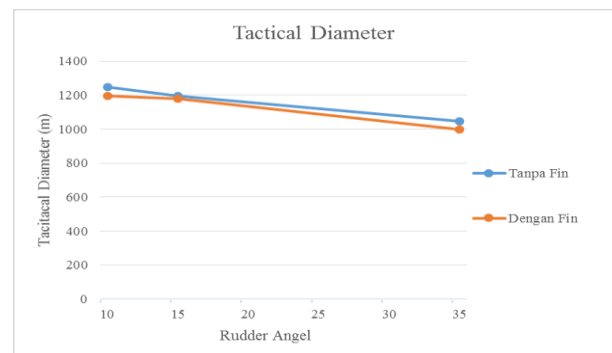
Tabel 3. Data Nilai Manuvering

Model	Sudut	STD (m)	TD (m)	Ad (m)	Tr (m)
Tanpa Fin	10	1217,26	1249,46	895,22	749,71
	15	1161,91	1194,11	866,77	720,33
	35	1012,24	1045,54	789,896	640,90
Dengan Fin	10	1169,93	1194,13	866,787	720,33
	15	1148,86	1181,06	860,06	713,394
	35	964,59	996,79	765,35	615,547

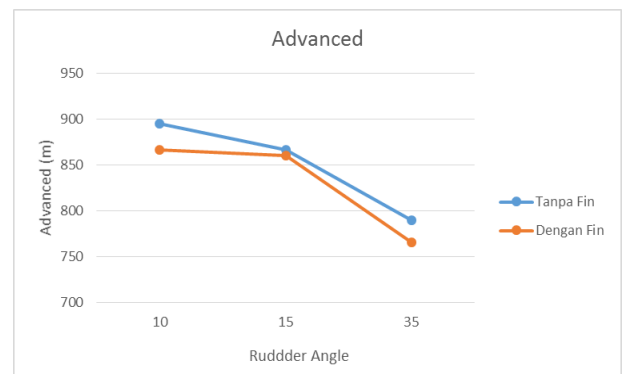
Dari hasil analisa diatas maka dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 17. Grafik Perbandingan *Steady Turning Diameter*



Gambar 18. Grafik Perbandingan *Tactical Diameter*



Gambar 19. Grafik Perbandingan *Advance*



Gambar 20. Grafik Perbandingan *Transfer*

c. Validasi Nilai Manuver

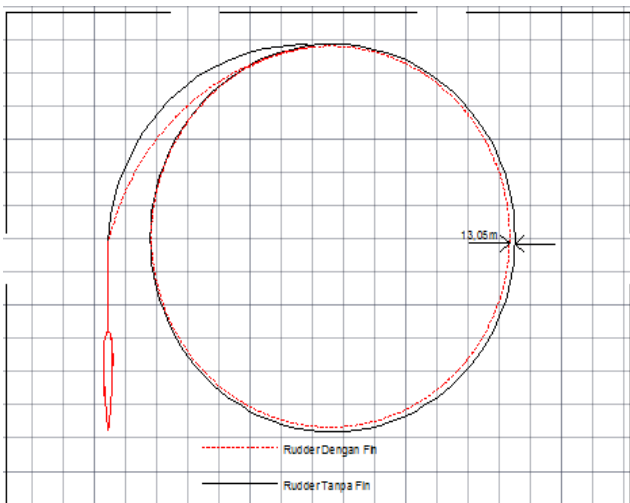
Berdasarkan hasil perhitungan komponen manuver, maka hasil tersebut harus di koreksi menurut regulasi manuver yang di keluarkan oleh (IMO) *International Maritime Organization* tertanggal 4 Desember 2002 dan mulai diterapkan sejak tanggal 1 Januari 2004

Tabel 4. Standar Manuver Kapal (IMO) MSC.137 (76)

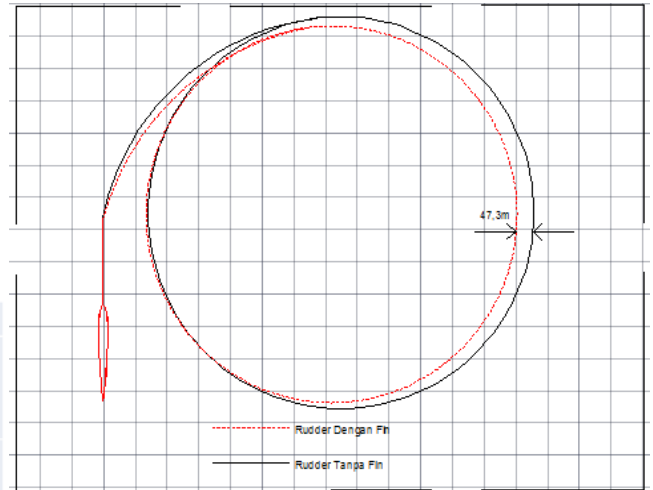
Ability	Test	Criteria
Turning ability	Turning test with max. Rudder Angle (35 deg.)	Advance <4,5 L Tactical Diameter <5,0 L
Initial turning ability	10° / 10° Z-test	Distance ship run before 2 nd rudder execution < 2,5 L
Stopping ability	Stopping test with full astern	Track reach < 15 L
Course-keeping and yaw-checking ability	10° / 10° Z-test	1 st Overshoot <10° (L/U<10) <(5+0,5(L/U))° (10s<L/U<30s) <20° (30s<L/U)
		2 nd Overshoot <25° (L/U<10s) <(17,5+0,75(L/U))° (10s<L/U<30s) <40° (30s<L/U)

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil dari perhitungan komponen komponen manuver pada Turning ability memenuhi standar.

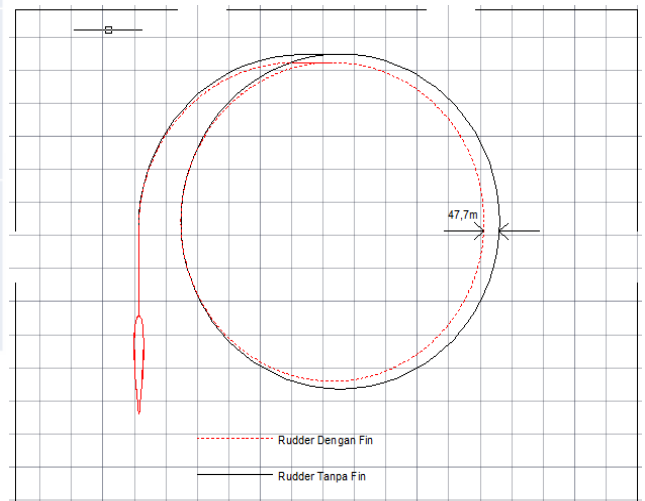
Dari nilai masing-masing komponen manuevring dari tiap jenis kemudi kita bisa dapatkan pengaruhnya terhadap turning cyrcle pada setiap kemudi nya yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 21. Turning Circle 10°



Gambar 22. Turning Circle 15°



Gambar 23. Turning Circle 35°

Dari grafik-grafik diatas dapat diketahui peningkatan performa komponen-komponen manuver kapal terhadap modifikasi yang dilakukan pada bentuk rudder tanpa fin dan dengan menggunakan fin

1. Untuk sudut rudder 10° dan 35° dengan menggunakan fin mengalami perubahan yang cukup signifikan pada nilai Steady Turning Radius dan Tactical Diameter yaitu sekitar 4,2% dibandingkan dengan rudder tanpa menggunakan fin. Sementara untuk sudut rudder 15° mengalami perubahan yang sama yaitu sebesar 1,1%.
2. Untuk nilai Advance dengan sudut kemudi 10° dan 35° dengan menggunakan Fin mengalami peningkatan yang bisa dikatakan hampir sama yaitu 3,17% dan 3,10%, sementara untuk perubahan nilai Advance pada

sudut rudder 15° tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan yaitu hanya 0,7% dibandingkan dengan kemudi tanpa menggunakan fin

3. Sedangkan untuk nilai Transfer mengalami perubahan yang sama pada rudder yang menggunakan fin dengan sudut rudder 10° dan 35° yaitu sebesar 3,9% dibandingkan dengan rudder tanpa menggunakan fin, sementara untuk sudut rudder 15° hanya mengalami peningkatan sebesar 0,96%.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan fin pada rudder ternyata membuat perubahan nilai dari Gaya angkat dan Coefficient Gaya angkat di dapatkan bahwa peningkatan gaya angkat kemudi terbesar terjadi pada sudut rudder 35° yaitu sebesar 4264,90 KN dibandingkan dengan rudder tanpa fin sebesar 4049,81 KN dan Coefficient Gaya angkat meningkat dari 1,01 menjadi 1,06.
2. Berdasarkan hasil perhitungan komponen-komponen Manuver, Nilai Manuverability kapal akibat penambahan fin pada rudder mengalami penurunan nilai radius putaran pada semua sudut yang dianalisa dimana nilai *Steady Turning Diameter* berkurang 47,6 m atau turun 4,2% pada sudut 35°, *Tactical Diameter* berkurang 47,7m turun 4,2% *Advance* berkurang 24,5m turun 3,10% dan *Transfer* berkurang 25,3 m turun 3,9%. Sehingga dengan hasil ini, waktu untuk kapal dalam melakukan manuver menjadi lebih cepat.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan oleh sebab itu penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih dalam lagi dengan kajian yang lebih lengkap. Adapun saran nya adalah sebagai berikut:

1. Untuk lebih memperkaya penelitian ini Perlu analisis jenis fin yang berbeda

geometry nya untuk mendapatkan nilai manuvering yang lebih baik dan lebih optimal

2. Diperlukan kajian yang lebih mendalam untuk instalasi fin pada rudder dalam segi sudut masuk pemasangan fin dan ketebalan fin, untuk mendapatkan gaya angkat serta nilai manuverability yang maksimal

6. DAFTAR PUSTAKA

- 1] Ansys Fluent 14.0, "Theory Guide", Chapter 4.4: Standart and SST k- ω turbulent models.
- [2] C.L.Crane, H.Eda and A. Lansburg, "Principles of Naval Architecture", Volume III, Chapter IX, Controllability
- [3] Harvald, Sv. Aa, 1978, *Resistance and Propulsion of Ships*, John Miley and Sons, New York
- [4] Huda, Nurul. 2013. *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [5] Journée, J.M.J., Pinkster, Jakob. 2012, *INTRODUCTION IN SHIP HYDROMECHANICS*, Delft University of Technology : Netherlands
- [6] Mahaboob, Mohammad, 2014, *Comparative study of Manuevering performance of Conventional and Fishtail rudder of a Ship*, International Journal of Engineering and Technical Research, Andhra University Collage of Engineering : Visakhaptnam.
- [7] Mulyasari, Hardina. 2013. TA. *ANALISIS PENGGUNAAN FLAP PADA MODIFIKASI KEMUDI MENYERUPAI BENTUK EKOR IKAN TERHADAP MANEUVERABILITY KAPAL*. Teknik Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- [8] Van Lammeren, W. P A., Troost, L. & Konig, J. G., 1948, *Resistance Propulsion and steering of ship*, The Technical Publishing Company, Holland.
- [9] Wardana, P.I.K. .2012. TA. *Komparasi Daun Kemudi terhadap Gaya Belok dengan Pendekatan CFD*. Teknik Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).