

## ANALISIS PENGARUH TEBAL PELAT WELDING REPAIR PADA KEMUDI KAPAL (*RUDDER*) TERHADAP EFEKTIVITAS MANUEVER KAPAL DENGAN PENDEKATAN *FLUID DYNAMICS*

Anggra Fiveriati<sup>1\*</sup>, Yeddid Yonathan Eka Darma<sup>1</sup>, Vinda Puspasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banyuwangi Jl. Raya Jember Km 13 Banyuwangi

Email: \*anggrafiveriati@poliwangi.ac.id

### ABSTRACT

*Maneuverability* kapal adalah kemampuan kapal berputar maupun berubah arah di semua kondisi perairan, ketika *rudder* (kemudi) berputar membentuk sudut tertentu maka ada perubahan tekanan, kecepatan dan arah aliran fluida, hal inilah yang menyebabkan perubahan arah kapal. Pada saat kapal berlayar memungkinkan kapal terkena hantaman karang sehingga menyebabkan kemudi kapal retak atau pecah karena hantaman karang tersebut pada saat itu kemudi kapal (*rudder*) memerlukan reparasi.

Reparasi pada kemudi kapal biasanya dilakukan pada daun dan tongkat kemudi, salah satu proses reparasinya adalah dengan cara di las, namun jika *rudder* tersebut mengalami proses reparasi berkali-kali akan menimbulkan perubahan metalurgi material karena perlakuan panas berlebihan. Pada proses reparasi *rudder*, plat baru yang digunakan untuk mereparasi maksimal selisinya adalah 1 mm dengan plat yang lama dan bagian sisi belakang *rudder* mengalami beban yang lebih besar karena pada bagian ini distribusi aliran mengalami penumpukan dari bagian depan *rudder*. Hasil penelitian ini *rudder* yang mengalami reparasi mengalami kenaikan sebesar 16%-18% drag dan lift force, semakin cepat kapal berjalan maka nilai drag dan lift force nya semakin besar sehingga daya hambatnya juga semakin besar

*Keywords:*

*Rudder,*

*Manuever,*

*Repair*

### PENDAHULUAN

*Maneuvering* kapal adalah kemampuan olah gerak kapal berbelok dan berputar saat beroperasi, performa ini sangat menentukan keselamatan kapal, khususnya saat kapal beroperasi di perairan terbatas. IMO (*International Maritime Organisation*) telah mensyaratkan sejumlah kriteria standar keselamatan yang harus dipenuhi oleh sebuah kapal, diantaranya adalah *turning circle* dan *zigzag maneuver* (IMO, 2002). Secara prinsip *maneuvering* kapal sangat dipengaruhi oleh perancangan badan kapal (lambung), sistem propulsi (propeler) dan sistem kemudi (daun kemudi). Sejumlah elemen tersebut secara langsung memberi pengaruh yang signifikan terhadap gaya dan momen hidrodinamika pada saat kapal manuver (Maimun *et al.*, 2004).

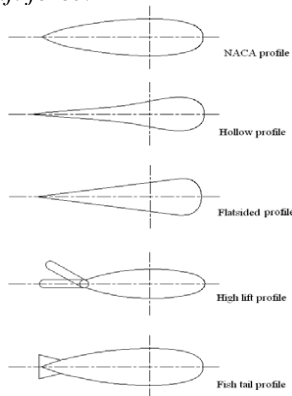
Kapal dituntut harus mempunyai *maneuverability* yang baik untuk menjamin kelancaran dan keselamatan kapal dalam pengoperasian dan pelayarannya. Kapal dengan *maneuverability* yang baik akan bisa terhindar dari kecelakaan atau tabrakan dengan benda atau objek yang ada di sekitarnya serta meningkatkan kemampuan kapal dalam

melakukan pekerjaannya seperti pengejaran dan penyerangan kapal musuh. Untuk mendapatkan *maneuverability* yang baik, maka perencanaan pembangunan kapal harus baik, mulai dari desain badan kapal, sistem *propeller* dan sistem *rudder* (Hermansyah, 2007).

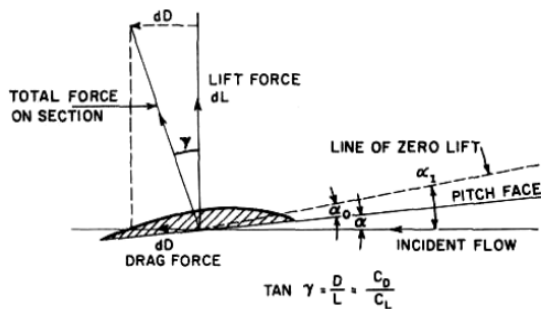
Pada saat kapal berlayar memungkinkan kapal terkena hantaman karang sehingga menyebabkan kemudi kapal retak atau pecah karena hantaman karang tersebut, pada saat itu kemudi kapal memerlukan reparasi. Reparasi pada kemudi kapal biasanya dilakukan pada daun dan tongkat kemudi, pada saat reparasi hal yang perlu di perhatikan adalah ukuran kemudi dari kapal tersebut, ukuran kemudi tidak boleh terlalu besar atau terlalu kecil. Bila terlalu besar mengakibatkan hambatan, tetapi kalau terlalu kecil mengakibatkan kapal kehilangan kendali. Besarnya kemudi disesuaikan dengan ukuran kapal, kecepatan, bentuk lambung kapal dan penempatannya. Salah satu proses reparasinya adalah dengan cara di las, namun jika *rudder* tersebut mengalami proses reparasi berkali-kali akan menimbulkan perubahan metalurgi material karena perlakuan panas berlebihan.

Aliran fluida pada lambung kapal yang tercelup air sebelum mengenai daun kemudi pada dasarnya adalah simetris. Arah kapal tidak berubah karena aliran yang dihasilkan saling menyeimbangkan satu sama lain. Oleh karena itu untuk merubah arah kapal dibutuhkan gaya tambahan, yaitu gaya pada daun kemudi.

Dengan adanya daun kemudi yang membentuk arah fluida dengan sudut  $\alpha$  pada kecepatan yang konstan maka muncullah gaya pada daun kemudi yang tidak simetris. Gaya ini disebut gaya kemudi, gaya inilah yang menyebabkan perubahan arah haluan kapal. Gaya kemudi merupakan resultan dari *drag force* dan *lift force*.



Macam-macam profil *rudder* (BKI Vol. II, 2009)



Gaya bekerja pada rudder (Principles of Naval Architecture Volume II- Propulsion, 1988)

Istilah *lift* digunakan pada analisa gaya ke atas suatu *foil aerodynamic*, maka dari itu dinamakan gaya *lift* (angkat) sebab umumnya *foil aerodynamic* digunakan untuk mengangkat pesawat. Namun istilah *lift force* juga digunakan pada menganalisa gaya suatu *foil* kemudi untuk membelokkan kapal ke arah samping. Sedangkan *drag force* merupakan gaya pada kemudi yang arahnya berlawanan dengan arah laju kapal.

Besarnya *lift force* dan *drag force* yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut

$$L = \frac{\rho \times v^2 \times A \times C_L}{2}$$

$$D = \frac{\rho \times v^2 \times A \times C_D}{2}$$

L = *Lift force*

D = *Drag force*

$\alpha$  = *Angle of attack*

V = *Kecepatan fluida*

$C_L$  = *Koefisien lift force*

$C_D$  = *Koefisien drag force*

$\rho$  = *Density of fluid*

A = *Luas penampang rudder*

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hambatan yang diterima pada daun kemudi sebelum dan sesudah di reparasi dengan menggunakan simulasi CFD.. Untuk proses penyusunan penelitian ini data-data dari objek penelitian terbagi menjadi beberapa tahap antara lain :

Studi Lapangan

Dalam penelitian ini perlu dilakukan studi lapangan yang bertujuan untuk melengkapi kebutuhan data untuk pengerjaan penelitian ini, adapun studi lapangan tersebut antara lain

Pengambilan Data Penelitian Studi lapangan dilakukan secara langsung dan wawancara, diantaranya :

1. Data Primer
2. Data Sekunder

## Studi Literatur

Dasar – dasar teori dan referensi yang dijadikan untuk pengolahan data dan membahas data – data penelitian antara lain:

1. Bentuk aliran fluida
2. *Boundary layer*
3. Teori mekanika fluida

## Pembuatan Desain Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program *delftship*, agar dapat dimodelkan dengan menggunakan program CFD maka perlu diexport dengan file *berexstention IGES*, pembuatan model dan simulasi di software CFD meliputi tahapan proses :

1. *Pre processor* : *input* karekteristik fluida disekitar model dan kondisi batas (*boundary condition*) dari model.

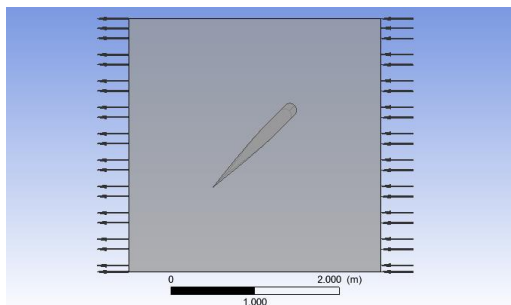
2. *Flow solver* : (meliputi eksekusi dan iterasi (running) simulasi terhadap model berdasarkan input yang diberikan pada tahap *pre processor*).

*Post processor* (meliputi penampilan output data dan visualisasi dari hasil running simulasi).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal yang dilakukan pada tahap ini adalah membuat model rudder yang akan diteliti yaitu rudder tipe NACA 002, setelah dibuatkan model maka di validasi. Validasi yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai yang didapat dari perhitungan *software* dengan nilai yang didapat dari perhitungan manual berdasarkan persamaan pada buku *Principles of Naval Architecture Volume II - Propulsion* yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Validasi dinyatakan memenuhi apabila selisih antara nilai berdasarkan perhitungan *software* dan persamaan tidak lebih dari 5%.

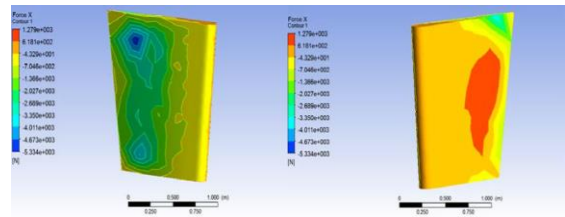
Pada pengujian ini ada 3 variasi, pada variasi 1 adalah *rudder* yang masih baru belum direpair, variasi 2 adalah *rudder* yang di repair dengan perbedaan tebal pelat 0.1mm dengan plat lama dan variasi 2 dengan perbedaan ketebalan plat 0.5mm didapatkan nilai *lift force* dan *drag force*.



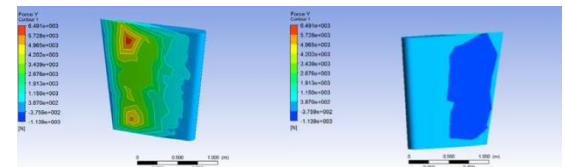
Gambar.1 *Setup* simulasi untuk validasi *software*

Berdasarkan kondisi yang dibuat seperti gambar 1, maka hasil simulasi yang didapat menunjukkan bahwa sisi *rudder* yang terkena aliran fluida terlebih dahulu (sisi kiri) mendapat gaya yang lebih besar dari sisi sebaliknya (sisi kanan) yang membelakangi laju aliran fluida. Seperti terlihat pada gambar 5.5 sisi kiri rudder menerima beban gaya x (*drag force*) dengan nilai maksimal 5334 N sedangkan pada sisi kanan menerima beban gaya x dengan nilai maksimal 1279 N. Hal yang sama juga terjadi pada beban gaya y (*lift force*) yakni sisi kiri *rudder* menerima gaya yang lebih besar dengan nilai maksimal 6491 N sedangkan sisi kanan menerima beban gaya y dengan nilai

maksimal 1139 N seperti yang terlihat pada gambar 2



Gambar 2 Drag force pada rudder



Gambar 3 Lift force pada rudder

Berdasarkan persamaan yang didapat dari buku *Principles of Naval Architecture Volume II - Propulsion*, nilai yang dipakai untuk menghitung perbandingan antara *drag force* dan *lift force* adalah

nilai dari masing-masing total gaya yang ada pada *rudder* baik dari *drag force* maupun *lift force*. Untuk mendapat nilai total *force rudder* yang diinginkan pada *software* dipilih menu *function calculator* dan pilih *direction x* untuk *drag force* dan *direction y* untuk *lift force*. Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa total *drag force* rudder sebesar 159107 N sedangkan total *lift force* rudder sebesar 154624 N.

Berdasarkan persamaan dari buku *Principles of Naval Architecture Volume II - Propulsion*

$$\tan a = \frac{\text{drag force}}{\text{lift force}} = \frac{\text{coefficient of drag}}{\text{coefficient of lift}}$$

Maka,

Berdasarkan perhitungan dengan  $a = 45^\circ$

$$\tan (45) = 1$$

Berdasarkan nilai *drag force* dan *lift force* yang didapat dari perhitungan *software*

$$\frac{\text{drag force}}{\text{lift force}} = \frac{159107 \text{ N}}{154624 \text{ N}} = 1.028993$$

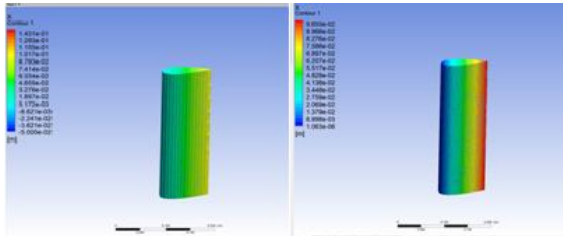
$$\frac{1.028993 - 1}{1.028993} \times 100\% = \frac{0.028993}{1.028993} = 2.82\%$$

Karena selisih antara kedua nilai kurang dari 5% maka validasi *software* dinyatakan ok.

### Simulasi Kecepatan

Pada tahapan ini model yang sudah divalidasi di simulasikan dengan kecepatan aliran air laut 10 knot dan 15 knot, pada gambar 4 dalah countour rudder jika disimulasikan pada kecepatan aliran 10 knot dan kecepatan 15 knot, dapat dilihat perbandingannya. Semakin rudder

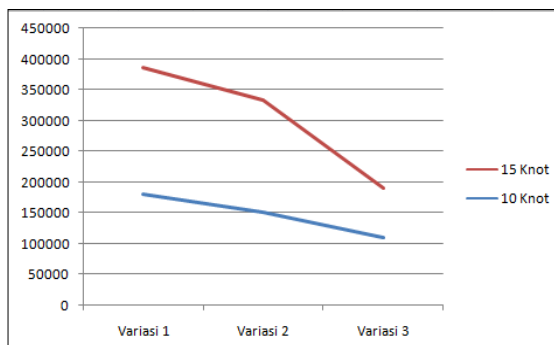
tersebut mendapatkan aliran kecepatan yang semakin cepat maka pada sisi kanan rudder mengalami beban yang lebih daripada sisi bagian kiri



Gambar 4 Countour simulasi kecepatan 10 knot dan 15 knot

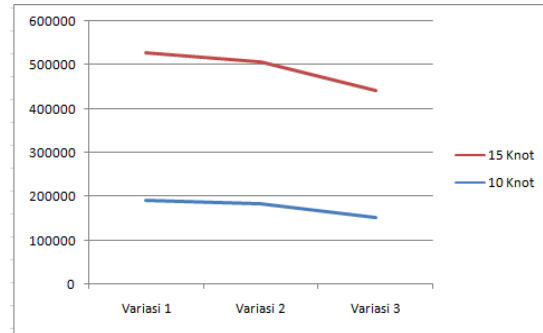
### ANALISA GAYA LIFT DAN DRAG

Pada pengujian ini ada 3 variasi, pada variasi 1 adalah *rudder* yang masih baru belum direpair, variasi 2 adalah *rudder* yang di repair dengan perbedaan tebal pelat 0.1mm dengan plat lama dan variasi 2 dengan perbedaan ketebalan plat 0.5mm didapatkan nilai *lift force* dan *drag force*.



Gambar 5 Grafik perbandingan *drag force* kecepatan 10 knot dan 15 knot

Pada gambar 5 menunjukkan bawah pada saat rudder melaju lebih cepat maka gaya *drag* pada rudder yang telah di repair mengalami peningkatan sebesar 16% ini berarti rudder mengalami gaya hambatnya yang lebih besar sehingga gaya *manuevar* nya lebih rendah bila disbanding dengan kecepatan 10 knot.



Gambar 6 Grafik perbandingan *lift force* kecepatan 10 knot dan 15 knot

Pada gambar 6 gaya *lift force* pada kemudi yang sudah mengalami repair dengan kecepatan 15 knot juga mengalami peningkatan sebesar 18%, sehingga gaya *manuevar* nya lebih rendah bila disbanding dengan kecepatan 10 knot

### KESIMPULAN

Berdasarkan analisa pada penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada proses reparasi rudder, plat baru yang digunakan untuk mereparasi maksimal selisinya adalah 1 mm dengan plat yang lama
2. Bagian sisi belakang rudder mengalami beban yang lebih besar karena pada bagian ini distribusi aliran mengalami penumpukan dari bagian depan rudder
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa drag dan lift force mengalami kenaikan sebesar 16%-18% setelah direparasi
4. Semakin cepat kapal berjalan maka nilai drag dan lift force nya semakin besar sehingga daya hambatnya juga semakin besar

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Banyuwangi yang telah mengeluarkan dana penelitian melalui program penelitian dosen pemula.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamali, Arash, 2010, Investigation of propeller characteristics with different locations of the rudder, Department of shipping and marine Technology, Chalmers University of Technology :Sweden
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia. 2009. RULES FOR HULL VOLUME II. Jakarta. Carlton, J. 2007. Marine Propellers and Propulsion.
- [3] Hermansyah, Heru. 2007. Modifikasi Daun Kemudi Konvensional Menjadi Daun Kemudi Ber-Tail Flap untuk Meningkatkan Maneuverability Kapal. Laporan Tugas

- Akhir Jurusan Teknik Perkapalan - FTK ITS. Surabaya.
- [4] International Maritime Organization. 2002. Standards for ship manoeuvrability: Report of the Maritime Safety Committee on its seventy-sixth session annex 6 (Resolution MSC. 137(76)). International Maritime Organization. London. 113p.
- [5] Maimun, A., A.H. Muhammad, and A. Salem. 2004. Development of a simulation program for pusher-barge manoeuvring. *In*: Kose, K. (ed.). Proceeding of 9th JSPS Marine Transportation Engineering Seminar, Japan. 1-10pp.
- [6] Lewis, Edward D. 1988. *Principles of Naval Architecture Volume II*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Jersey City, USA.
- [7] Ridwan, Mohd, 2009, Perpaduan Antara Propeller dan Daun Kemudi Guna Mengoptimalkan Propulsi dan Manuver Kapal serta Efisiensi Bahan Bakar, D-III Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang