

PENGARUH MODIFIKASI KEMUDI PLAT MENJADI KEMUDI NACA 0010 PADA KM. HARAPAN MUJUR 04

La Ode Ruju¹, E. R. de FRETES², dan G. R. Latuhihin³

¹Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: ruju.leo07@gmail.com

²Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: defretesera@gmail.com

³Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: grlthi2n@gmail.com

Abstrak KM. Harapan Mujur 04 dalam pengoperasiannya memiliki *tactical diameter* yang sangat besar yang menimbulkan kesulitan olah gerak pada daerah yang padat transportasinya, sehingga pemilik ingin memodifikasi kemudi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan kemampuan olah gerak kapal dengan berpatokan pada *Turning Circle Test*. Melalui uji coba di Towing tank Fakultas Teknik Universitas Pattimura dengan memvariasi bentuk kemudi plat dan kemudi NACA 0010. Hasil yang diperoleh yaitu turning circle kemudi plat start kanan memperoleh nilai advance 198,99 m tactical diameter 181,08 m dan transfer 90,54 m untuk start kiri memperoleh nilai advance 198,99 m tactical diameter 181,08 m dan transfer 90,54 m. Sedangkan uji turning circle kemudi NACA 0010 memperoleh start kanan advance 151,33 m atau lebih efektif 31% dari kemudi plat, tactical diameter 107,15 m atau lebih efektif 60% dari kemudi plat dan transfer 45,08 m atau lebih efektif 50% dari kemudi plat. Sedangkan hasil uji dengan start kiri advance = 151,71 m atau lebih efektif 31%, dari kemudi plat tactical diameter = 107,36 m atau lebih efektif 60% dari kemudi plat dan transfer = 45,30 m atau lebih efektif 50% dari kemudi plat, sehingga demikian kemudi NACA 0010 lebih efisien dari kemudi plat.

Kata kunci: *Turning circle*, manuver, kemudi, dan NACA 0010

Abstract KM. Harapan Mujur 04 in operation has a very large tactical diameter which causes difficulty in maneuvering in densely packed areas, so the owner wants to modify the rudder. This study aims to obtain a comparison of ship maneuverability based on the Turning Circle Test. Through trials on the Towing tank, Faculty of Engineering, Pattimura University, by varying the shape of the plate rudder and NACA 0010 rudder. The results obtained were that the turning circle of the right start plate rudder obtained an advance value of 198.99 m tactical diameter of 181.08 m and a transfer of 90.54 m for the left start obtained an advance value of 198.99 m tactical diameter of 181.08 m and a transfer of 90.54 m. While the NACA 0010 rudder turning circle test obtained an advance right start of 151.33 m or 31% more effective than plate rudder, tactical diameter of 107.15 m or 60% more effective than plate rudder and transfer 45.08 m or 50% more effective than plate rudder. While the test results with start left advance = 151.71 m or 31% more effective, from plate rudder tactical diameter = 107.36 m or 60% more effective than plate rudder and transfer = 45.30 m or 50% more effective than plate rudder, so that NACA 0010 rudder is more efficient than plate rudder.

Keywords: *Turning circle*, maneuver, rudder, and NACA 0010

1. PENDAHULUAN

Kapal KM. Harapan Mujur 04 adalah kapal rakyat yang memuat penumpang dan barang. Kapal ini beroperasi pada rute pelayaran Ambon-ternate

dengan memiliki panjang 32,50 meter, lebar 6,25 meter, dan menggunakan kemudi plat. Saat beroperasi, kapal memiliki *tactical diameter* yang besar. Hal ini dianggap oleh pemilik kapal sebagai

kelemahan dari kapal tersebut. Pemilik menginginkan kapal ini memiliki kemampuan *manuver* lebih efektif. Pemilik mengambil suatu kebijakan untuk melakukan memodifikasi kemudi plat tersebut.

Kapal KM. Harapan Mujur 04 dimana rutenya terdapat kepadatan arus lalulintas kapal yang sangat padat. Pelabuhan Yosudarso yang merupakan pelabuhan utama di Ambon, di sebelah timurnya terdapat penyebrangan kapal feri dan di hadapannya terdapat pelabuhan milik Pertamina, serta adanya transportasi penyebrangan lainnya yang menambah arus lalulintas kapal di dalam teluk Ambon. Menyangkut keselamatan kapal, muatan, efektifitas kapal dalam pelayaran, maka perlu upaya untuk meningkatkan *manuver* yang lebih efektif pada kapal tersebut.

NACA 0010 mempunyai daya angkat yang paling tinggi di antara *airofoil* seri simetris lainnya [1]. Sehingga penulis memilih daun kemudi ini sebagai acuan dalam memodifikasi daun kemudi kapal KM. Harapan Mujur 04.

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut untuk mendapatkan perbandingan kemampuan olah gerak kapal dengan *Turning Circle Test*. Sebelum dan sesudah di modifikasi bentuk daun kemudi plate menjadi kemudi NACA 0010

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Kemudi atau Daun Kemudi

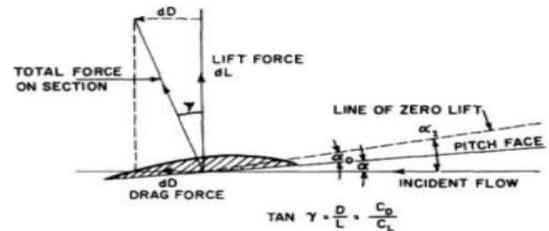
Kemudi (rudder) merupakan suatu alat kapal yang digunakan untuk mengubah dan menentukan arah gerak kapal, baik arah lurus maupun belok kapal. Kemudi kapal ditempatkan diujung belakang lambung kapal / buritan di belakang propeller kapal. Prinsip kerja kemudi kapal yaitu dengan mengubah arah arus cairan yang mengakibatkan perubahan arah kapal. Cara kerja kemudi kapal yaitu kemudi digerakkan secara mekanis atau hidrolik dari anjungan dengan menggerakkan roda kemudi [2].

2.2 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Daun Kemudi Kapal

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 α 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*. 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, kita dapat menggunakan persamaan dibawah ini [3],[4]:

$$L = \frac{\rho \times V^2 \times A \times C_L}{2} \quad D = \frac{\rho \times V^2 \times A \times C_D}{2}$$

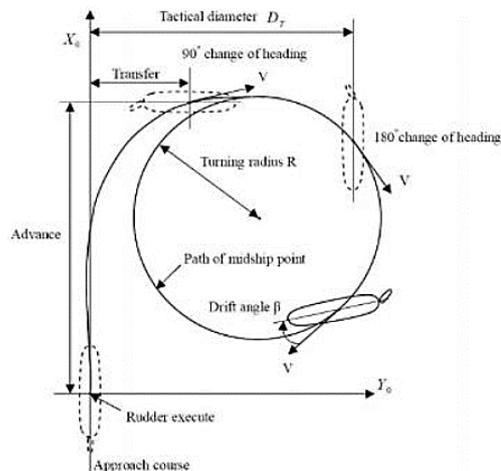


Gambar 1. Gaya pada kemudi

2.3 Standar Manouverability

Standar ijin pengujian yang diperlukan dalam manuver kapal disyaratkan dalam IMO Resolusi MSC 137 (76) (2002) antara lain [5]:

- a. *T Turning circle test*, mulai dari gerak lurus dengan laju konstan, rudder dihidupkan dengan kecepatan maksimum ke sudut δ (sudut kemudi maksimum) dan tetap pada sudut tersebut, sampai kapal telah melakukan *turning cycle* paling kurang 540 $^\circ$. percobaan dilakukan untuk bagian port dan starboard. Informasi penting yang diperoleh dari manouvet tersebut umumnya dengan menggunakan GPS



Gambar 2 Pemodelan turning circle

Beberapa parameter yang digunakan untuk mendefinisikan kinerja kapal pada saat berputar adalah [6],[7]:

1. Drift angle (sudut drift), adalah sudut antara haluan kapal dan arah gerakan. Sudut tersebut bervariasi sepanjang kapal.
2. Advance, merupakan jarak dari pelaksanaan awal ke sumbu x pada kapal ketika telah berbelok 90°
3. The transfer, merupakan jarak dari jalur ke awal mula kapal ketika sumbu x pada kapal telah berbelok 90°
4. The tactical diameter, merupakan jarak dari jalur awal ke sumbu x pada kapal ketika kapal telah berbelok 180°.
5. The diameter of the steady turning circle, diameter dari lingkaran yang terus-menerus berputar. Kondisi tetap biasanya dihubungkan pada beberapa titik antara perubahan 90° dan 180° dari perubahan pos.

2.4 Materi Penelitian

- a. Data primer

Spesifikasi kapal

1. Data ukuran pokok kapal
Data Ukuran Pokok Kapal
LOA : 32.50 m
LBP : 28 m
B : 6.25 m
H : 2.50 m
T : 1.87 m
Vs : 12 knot
LCG : - 1,625 m
KG : 0,47 m
KB : 0,83 m
2. Spesifikasi daun kemudi
 - Lebar : 1,29 m
 - Tinggi : 2 m
 - NACA : 0010
- b. Data sekunder
 - Nama Kapal
 - Kecepatan Pelayaran
 - Mesin utama dan putaran mesin

2.5 Teknik Pengolahan Data

- a. Simulasi
Penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi perhitungan dan olah gerak kapal dengan uji coba model kapal untuk mengetahui analisa kemampuan manouver kapal yang diteliti.

- b. Laboratorium

Penelitian dilakukan dengan menguji model pada towing tank Fakultas Teknik Universitas Pattimura

2.6 Variabel Penelitian

Variabel Penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh seorang peneliti dengan tujuan untuk dipelajari sehingga didapatkan informasi mengenai hal tersebut dan ditariklah sebuah kesimpulan.

$$y_1 = f(x_1, x_2)$$

Dimana:

- a) Variabel Terikat (Y) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas sesuai dengan masalah yang diteliti maka yang menjadi variabel terikat adalah R (tactical diameter).
- b) Variabel Bebas (X) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Maka dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah perghitungan :
 $x_1 =$ luas penampang daun kemudi plat
 $x_2 =$ luas penampang dau kemudi NACA 0010

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolahan Data

➤ Pemodelan Kapal dan daun kemudi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh daun kemudi satu dan kemudi dua terhadap manuver kapal maka dibuatlah model kapal dengan skala 1:30 artinya bahwa 1 cm mendampingi 30 cm dari kapal yang sesungguhnya. Dalam hal ini kemudi yang digunakan yaitu kemudi plate dan kemudi airofoil (Naca0010) [8].



Gambar 3. Model Kapal



Gambar 4. Daun Kemudi

3.2 Pengujian Model

➤ Pengujian Turning Circle

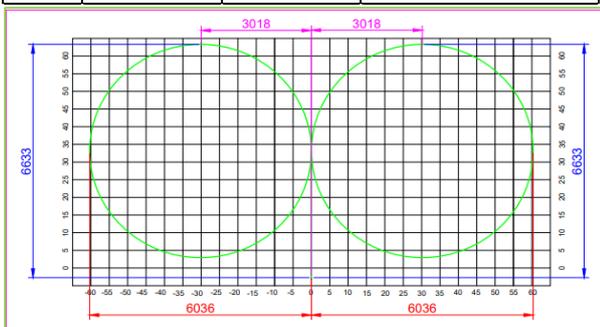
- Pengujian turning circle kemudi plat

Dalam pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali disetiap parameter untuk menghindari human eror, pengujian ini dilakukan Dengan mengubah sudut rudder ke sudut kemudi maksimum atau 35⁰ (seusai standar IMO pada table (1) sampai kapal telah melakukan turning circle kearah kiri (port side) dan pengujian turning circle kearah kanan (starboard).

Sementara pengujian, kamera akan terus merekam proses berlangsungnya pengujian. Kamera berada pada ketinggian 1.5 m dan kamera merekam selama kapal dalam proses running.

Tabel 1. Hasil pengujian kemudi plat

Kanan			
No	Data Pengujian kemudi plat		
	Turning Circle		
	Advance (meter)	Transfer (meter)	Tactical Diameter (meter)
1	6537	2954	5908
2	6683	3100	6200
3	6680	3000	6000
\bar{x}	6633	3018	6036
Kiri			
No	Data Pengujian kemudi plat		
	Turning Circle		
	Advance (meter)	Transfer (meter)	Tactical Diameter (meter)
1	6536	2960	5920
2	6678	3090	6180
3	6684	3004	6008
\bar{x}	6633	3018	6036



Gambar 5 grafik pengujian kemudi plat

Hasil pengujian turning circle kemudi plat kapal melakukan manuver ke arah kanan mampu bermanuver memutar dengan nilai advance sebesar

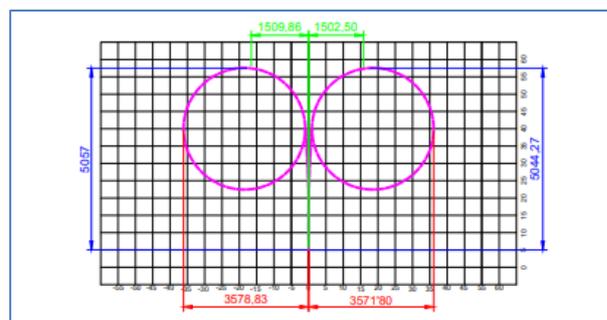
6633 mm (198,99 m), transfer sebesar 3018 mm (90,54 m) dan tactical diameter sebesar 6036 mm (181,08 m)

- Pengujian turning circle kemudi NACA 0010

Dalam pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali disetiap parameter untuk menghindari human eror, pengujian ini dilakukan Dengan mengubah sudut rudder ke sudut kemudi maksimum atau 35⁰ (seusai standar IMO pada table (1) sampai kapal telah melakukan turning circle kearah kiri (port side) dan pengujian turning circle kearah kanan (starboard).

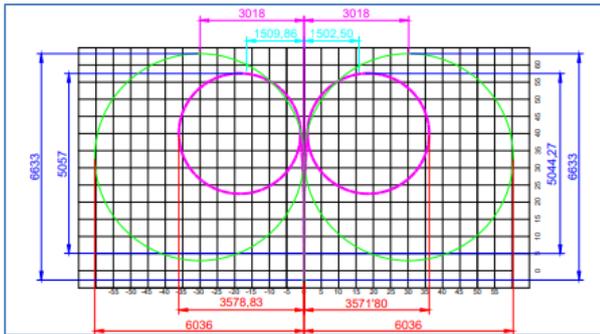
Tabel 2. Hasil Data Pengujian Kemudi NACA 0010 Kanan dan Kiri

Kanan			
No	Data Pengujian kemudi NACA 0010		
	Turning Circle		
	Advance (meter)	Transfer (meter)	Tactical Diameter (meter)
1	5050,21	1518,70	3588,64
2	5037,36	1484,21	3540,31
3	5045,24	1504,59	3586,45
\bar{x}	5044,27	1502,50	3571,80
Kiri			
No	Data Pengujian kemudi NACA 0010		
	Turning Circle		
	Advance (meter)	Transfer (meter)	Tactical Diameter (meter)
1	5069,33	1540,02	3603,90
2	5052,33	1486,78	3589,80
3	5049,33	1502,78	3542,78
\bar{x}	5057,00	1509,86	3578,83



Gambar 6 grafik pengujian kemudi NACA 0010

Hasil dari pengujian turning circle sesudah modifikasi kemudi menjadi NACA 0010 saat kapal melakukan manuver ke arah kanan mampu bermanuver memutar dengan nilai advance sebesar 5044,27 mm (151,33 m), transfer sebesar 1502,50 mm (45,1 m) dan tactical diameter sebesar 3571,80 mm (107,5 m) dan ke arah kiri memiliki nilai advance sebesar 5057 mm (151,71 m), transfer sebesar 1509,86 mm (45,2 m) dan tactical diameter sebesar 3578,83 mm (107,36 m).



Gambar 7. Grafik pengujian kemudi plat dan kemudi NACA 0010 kanan dan kiri

Pada gambar 7 terlihat pengujian kemudi plat dan kemudi NACA 0010 kiri kanan dari hasil grafik yang diperoleh pengujian turning circle memperlihatkan ketika menggunakan kemudi plat dengan kapal start kanan mampu bermanuver memutar dengan nilai advance diameter sebesar 6633 dan tactical diameter sebesar 6036 dan nilai transfer sebesar 3018 untuk start kiri nilai advance diameter sebesar 6633 dan tactical diameter sebesar 3036 dan transfer sebesar 3018 sedangkan sesudah modifikasi daun kemudi dengan kemudi NACA 0010 memperoleh nilai start kanan advance diameter sebesar 5044,27 dan nilai tactical diameter sebesar 3571,80 dan transfer sebesar 1502,54 sedangkan nilai untuk start kiri memperoleh nilai advance diameter sebesar 5057 untuk nilai tactical diameter sebesar 3578,83 dan nilai transfer sebesar 1509,86

4.3 Pembahasan

Pengujian turning circle sebelum memodifikasi kemudi plat saat kapal melakukan manuver ke arah kanan mampu bermanuver memutar dengan nilai advance sebesar 6633 mm (198,99 m), tactical diameter sebesar 6036 mm (181,08 m) dan transfer 3018 mm (90,54 m) sedangkan pada pengujian turning circle sesudah modifikasi kemudi (NACA 0010) kapal melakukan manuver ke arah kanan mampu bermanuver memutar dengan nilai advance sebesar hanya sebesar 5044,27 mm (151,33 m) atau lebih efektif 31% dari kemudi plat dan tactical diameter sebesar 3571,80 mm (107,15 m) atau lebih efektif 60% dari kemudi plat dan transfer 1502,54 mm (45,1 m) atau lebih efektif 50% dari kemudi plat.

Pengujian turning circle sebelum sebelum modifikasi kemudi plat saat kapal melakukan manuver ke arah kiri mampu bermanuver memutar dengan nilai advance sebesar 6633 mm (198,99 m), tactical diameter sebesar 6036 mm (181,08 m) dan transfer 3018 mm (90,54 m) sedangkan pada pengujian turning circle sesudah modifikasi kemudi (NACA 0010) kapal melakukan manuver ke arah

kiri mampu bermanuver memutar dengan nilai advance hanya sebesar 5057 mm (151,71 m) atau lebih efektif 31% dari kemudi plat, tactical diameter sebesar 3578,83 mm (107,36 m) atau lebih efektif 60% dari kemudi plat dan transfer 1509,86 mm (45,3 m) atau lebih efektif 50% namun kemudi NACA 0010 mempunyai kekurangan yaitu pembuatannya yang mahal akan tetapi bisa dilihat dari segi keselamatan bisa jadi pertimbangan.

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Pengujian turning circle kemudi plat manuver ke arah kanan dengan nilai advance = 189,99 m, tactical diameter = 181,08 m dan transfer = 90,54 m. Pengujian turning circle ke arah kiri dengan nilai advance = 189,99 m tactical diameter = 181,08 m dan transfer = 90,54 m
2. Pengujian turning circle kemudi NACA 0010 ke arah kanan nilai advance = 151,33 m tactical diameter = 107,15 m dan transfer = 45,08 m.. Pengujian turning circle ke arah kiri dengan nilai advance = 151,71 m tactical diameter = 107,36 m dan transfer = 45,30 m
3. Perbandingan pengujian antara kemudi plat dengan kemudi NACA 0010 adalah nilai advance 31%, tactical diameter 60% dan transfer 50%. Dari perbandingan di atas dapat disimpulkan bahwa kemudi NACA 0010 lebih efisien dari kemudi plat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. P. Maddula, V. Bhargava, C. P. Padhy, Md. A. Khan, (2020) "Computational analysis of NACA 0010 at moderate to high Reynolds number using 2D panel and Jukowski methods" Patancheru, India Volume 4 Issue 5 - 2020 Department of Aerospace Engineering, GITAM University
- [2] A. Trimulyono, P Manik, W.M. Al Hakim (2013) "Pengaruh Bentuk Profile Kemudi Terhadap Aliran Fluida Pada Kapal Ikan Tradisional Km. Surya Andalan Berbasis Cfd" KAPAL- Vol. 9, No.1 Februari 2013 Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro
- [3] J. M. J. Jurge and J. Pinkster. "Introduction in Ship Hydromechanics
- [4] Lewis 1988 Principles of Naval Architecture (Second Revision), Volume II - Resistance, Propulsion and Vibration. Society of Naval Architects and Marine Engineers SNAME

- [5] R.F. Hutapea, P. Manik, U. Budiarto (2017) “Analisa Pengaruh Penambahan *Fin* Pada *Rudder* Terhadap Kemampuan Manuvering Kapal Dengan Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic* (Studi Kasus Kriso Container Ship)” Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 5, No. 1 Januari 2017 Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [6] A.N. Hasm, Alamsyah, M. Nuzhand (1, JUNI, 2021) “analisis perbandingan pengujian turning circle antara rudder konvensional dengan rudder jenis fishtail pada model kapal barge dengan metode open free running model test” JURNAL INOVTEK POLBENG, VOL. 11, NO. Program Studi Ilmu Aktuaria, Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi Program Studi Teknik Kelautan, Jurusan Sains, Teknologi Pangan, dan Kemaritiman Institut Teknologi Kalimantan
- [7] G. E. Delftianto, (28 Desember 2015) “pengujian gerak *turning circle* pada kapal cepat *twin screw* ekor ikan menggunakan teknik open *free running test*” Tesis Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [8] R. Hariseputra, A. Sulisetyono (2019) “Metode yang dikembangkan ini kemudian digunakan untuk menguji performa tiga jenis kemudi” TESIS Jurusan Teknik Perkapalan Staff Pengajar Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember SURABAYA