

# Analisis Olah Gerak dan Operabilitas Kapal Tradisional Pencalang di Selat Madura

Ajeng Adelea Rosanti<sup>1)</sup>, Sumardiono<sup>2)</sup>, dan Gusma Hamdana Putra<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail: [ajengrosa21@gmail.com](mailto:ajengrosa21@gmail.com)

## Abstrak

Kapal pencalang adalah kapal kayu yang akan digunakan sebagai kapal wisata untuk dioperasikan di perairan Selat Madura, khususnya area sekitar jembatan Suramadu. Perlu diketahui di perairan tersebut memiliki risiko kecelakaan yang cukup tinggi yang salah satunya disebabkan oleh kondisi cuaca. Selain itu, belum ada kajian tentang olah gerak kapal pada perairan tersebut. Oleh karena itu, dilakukan analisis yang meliputi keamanan dan kenyamanan kapal dengan pembebanan penuh dalam 3 gerakan vertikal yaitu, *heaving pitching*, dan *rolling* dengan variasi arah datang gelombang 0°, 90°, dan 180° pada kecepatan dinas yaitu 8 knot dengan menggunakan *software Motion* kapal untuk mengetahui respons gerak. Hasil yang dapat yaitu kapal pencalang tidak memenuhi kriteria pada gerakan roll pada ketinggian gelombang lebih dari 1.38 meter. Batasan ketinggian gelombang yang bias dilewati oleh kapal pencalang yaitu 1.38 dan presentase operabilitas kapal berdasarkan kriteria *seakeeping* menurut Olson 1978 adalah 99.65% *operable* dan 0.35% *downtime*.

**Keywords:** *Seakeeping*, operabilitas, RAO

## 1. PENDAHULUAN

Kapal Pencalang merupakan kapal kayu yang dilengkapi dengan layar. Proyek pembangunan kapal pencalang dilakukan di workshop Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang berada di Lamongan. Proyek kapal ini telah melaksanakan keel laying pada 24 September 2022. Kapal ini telah launching pada bulan Januari 2023. Sebelumnya belum pernah dilakukan analisis olah gerak pada kapal ini. Kapal Pencalang ini nantinya akan digunakan sebagai kapal wisata yang direncanakan untuk dioperasikan di perairan sekitar jembatan Suramadu, yaitu selat Madura. Dikerenakan kapal pencalang akan dijadikan kapal wisata yang direncanakan dioperasikan di sekitar Jembatan Suramadu hingga Pantai Kenjeran, dimana perairan tersebut termasuk ke dalam area perairan selat Madura bagian barat, maka diperlukan analisis olah gerak kapal untuk menjamin keamanan penumpang. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah kapal pencalang telah memenuhi kriteria *seakeeping* secara umum dan tingkat operabilitasnya di perairan tempat kapal beroperasi. Selain itu, tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui batasan tinggi gelombang yang diizinkan untuk kapal pencalang beroperasi.

## 2. METODOLOGI

### a. Pembuatan Model Kapal

Pembuatan model kapal cepat dengan panjang 12 meter menggunakan *software Modeller kapal*. Setelah itu dilakukan pengecekan kesesuaian nilai DWT dan Cb kapal model dengan nilai DWT dan Cb kapal pada perhitungan yang tercantum pada stability booklet dengan maksimum ketidakvalidan yaitu 0.5%

### b. Analisis Seakeeping

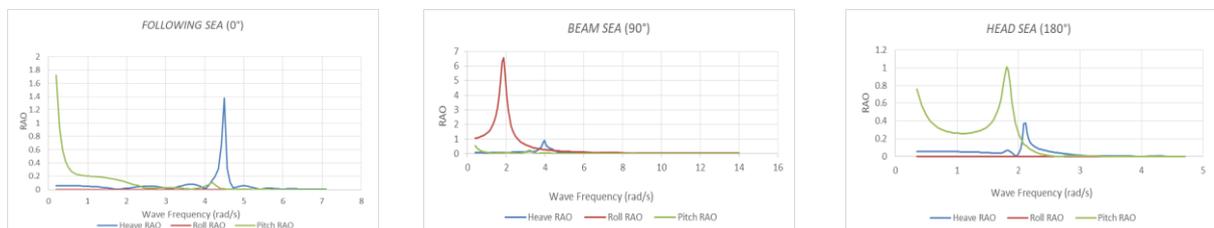
Kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan, *rolling, heaving, pitching* dengan kondisi pembebanan penuh dan sudut arah gelombang *following sea, beam sea, dan head sea* dengan kecepatan 8 knot. Data gelombang yang dipakai yaitu data gelombang selama 12 bulan pada tahun 2022. Kemudian dilakukan analisis RAO dan Spektra gelombang agar didapatkan nilai respon gerakan kapal. Hasil nilai respon gerakan kapal dibandingkan dengan kriteria. Kriteria yang digunakan yaitu Olson 1978.

**Tabel 1.** Variasi Ketinggian Gelombang

No	Hs (m)	Bulan
1	0.1	Desember
2	0.15	November
3	0.8	April
4	1	Juni
5	1.15	Februari
6	1.3	Mei
7	1.4	September
8	1.5	Januari
9	1.57	Maret
10	1.6	Oktober
11	1.8	Juli
12	2	Agustus

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

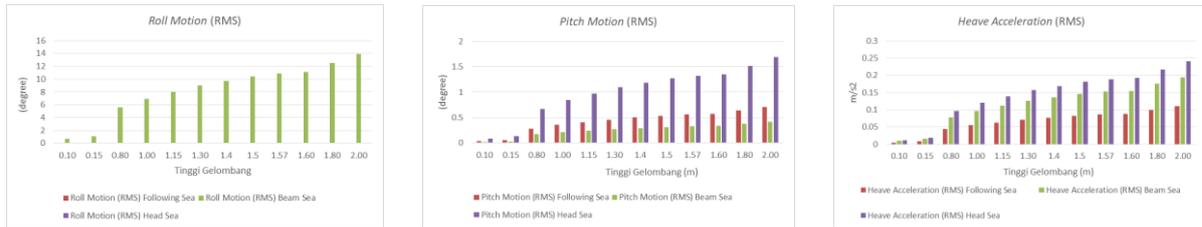
Response Amplitudo Operator (RAO) menggambarkan respons gerakan dari gelombang reguler yang dipengaruhi oleh dua parameter, yaitu kecepatan kapal dan arah datang gelombang (heading). Dalam analisis ini, kecepatan kapal yang digunakan adalah 8 knots. Variasi heading angle yang dipilih mencakup *following sea* ( $0^\circ$ ), *beam sea* ( $90^\circ$ ), dan *head sea* ( $180^\circ$ ), sesuai dengan batasan masalah yang ditetapkan. Gerakan kapal yang dianalisis yaitu gerakan pitch, roll, dan heave. Hasil dari analisis Response Amplitudo Operator (RAO) dapat dilihat pada gambar-gambar berikut



**Gambar 1.** RAO

Analisis spektra yang dilakukan menggunakan formulasi JONSWAP Running spektrum gelombang dilakukan pada maximum wave height (meter), ketinggian gelombang setiap bulan dan average wave period (second). Data yang digunakan pada analisis ini adalah data gelombang Selat Madura pada bulan Januari – Desember 2022 yang diperoleh dari BMKG.

Untuk mendapatkan respon gerakan kapal dilakukan perhitungan dengan persamaan :  
 $S\zeta_r(\omega) = \sqrt{[RAO]^2} \times S\zeta(\omega)$

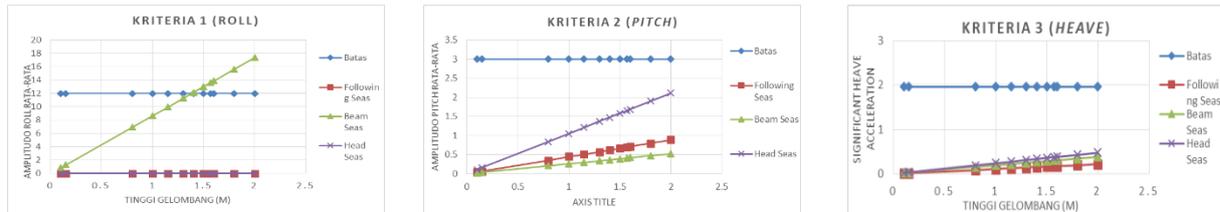


**Gambar 2.**RMS Respon Gerakan Kapal

Gambar diatas merupakan nilai RMS dari respon gerakan kapal pada setiap ketinggian gelombang. Dari hasil tersebut dilakukan perbandingan antara hasil respon gerakan kapal dengan kriteria seakeeping menurut OLSON 1978.

Berikut merupakan kriteria seakeeping menurut Olson 1978 General criteria

1. 12° single amplitude average roll
2. 3° single amplitude average pitch
3. Significant heave acceleration  $\leq 0.2g$  (people working on deck)



**Gambar 3.** Grafik Kriteria

Berdasarkan Gambar 3 untuk gerakan roll melebihi batas kriteria OLSON 1978. Untuk gerakan pitch dan heave dibawah batas kriteria. Dari grafik tersebut dapat diperkirakan nilai batasan tinggi gelombang yaitu sebesar 1,38 Meter.

Dari hasil analisis penentuan batas ketinggian gelombang yang dapat dilalui oleh kapal pencalang, dapat diketahui tingkat operabilitas kapal

**Tabel 1.** Data Sebaran Gelombang Selat Madura

DATA SEBARAN GELOMBANG SELAT MADURA TAHUN 2020-2022								
Hs (m)	Periode (s)							SUM Over All Periode
	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	
0 ~ 0,09	1543	1110	1404	570	182	52	29	4890
0,1 ~ 0,49	1110	1330	663	21	0	0	0	3124
0,5 ~ 0,99	233	256	3	0	0	0	0	492
1 ~ 1,3	30	129	0	0	0	0	0	159
1,31 ~ 2	18	12	0	0	0	0	0	30
SUM Over All Height	2934	2837	2070	591	182	52	29	8695

Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat dilakukan perhitungan presentase kapal di Selat Madura bagian Barat dapat dioperasikan (operable) dan presentase kapal tidak dapat dioperasikan (downtime) pada kondisi perarian yang dilaluinya dengan ketinggian gelombang yaitu lebih dari 1.38 Meter. Perhitungan Operabilitas kapal sebagai berikut :

$$Operable\ time = \frac{TOH - WOW}{TOH} \times 100\%$$

$$Operable\ time = \frac{8695 - 30}{8695} \times 100\%$$

$$= 99.65\%$$

$$\begin{aligned} \text{Down time} &= 100\% - \text{operable time} \\ &= 100\% - 99.65\% \\ &= 0.35\% \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Didapatkan hasil ukuran utama pada perairan Kepulauan Karimunjawa, dengan metode regresi linier terhadap kapal pemandang, sebagai berikut:

1. Kapal Pecalang tidak memenuhi kriteria seakeeping pada gerakan roll
2. Batasan tinggi gelombang yang dapat dilewati oleh kapal pecalang yaitu 1,38 Meter
3. Operabilitas kapal pecalang di selat Madura sebesar 99,65% operable dan down time sebesar 0,35%

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Djatmiko, E. B. (2012). Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak. *ITS Press*, September.
- Iqbal, M., & Rindo, G. (2016). Pengaruh Anti-Slamming Bulbous Bow Terhadap Gerakan Slamming Pada Kapal Perintis 200 Dwt. *Kapal*, 13(1). <https://doi.org/10.12777/kpl.13.1.45-54>
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Suratno, S. (2011). Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 12(3), 221–232. <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i3.104>
- Zarma, N., Zakki, A. F., & Rindo, G. (2015). Studi Karakteristik Seakeeping Kapal Ikan Tradisional Dan Modern. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(1), 173–183.