



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Penambahan Cadik terhadap Stabilitas dan Hambatan Perahu Nelayan di Kabupaten Pati

Muhammad Najmul Kamil¹⁾, Wilma Amiruddin¹⁾, Andi Trimulyono²⁾

¹⁾ Laboratorium Teknologi Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail :muhammadnajmulkamil@students.undip.ac.id

Abstrak

Perahu tradisional seperti KM. Ijang banyak digunakan nelayan di Indonesia, namun kerap menghadapi permasalahan stabilitas terutama saat bermuatan penuh. Penambahan cadik (outrigger) sebagai solusi untuk meningkatkan stabilitas, meskipun berpotensi menambah hambatan dan memengaruhi olah gerak. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi panjang (3,5 m; 4,0 m; 4,5 m) dan jarak cadik (1,4 m; 1,8 m) terhadap stabilitas, hambatan, serta respon gerak perahu. Analisis dilakukan pada kondisi muatan kosong dan penuh dengan menggunakan Maxsurf Stability, Ansys Fluent, dan Ansys Aqwa. Hasil menunjukkan bahwa penambahan cadik meningkatkan nilai momen pengembali (GZ) hingga >10 m.deg pada area $0-40^\circ$, sehingga seluruh variasi memenuhi kriteria IMO. Variasi cadik 4,5 m dengan jarak 1,8 m memberikan stabilitas terbaik. Dari sisi hambatan, terjadi peningkatan dari 433,9 N menjadi 662,3 N. Tetapi, nilai tersebut masih wajar dikarenakan adanya penambahan variasi cadik yang menambah permukaan basah sehingga menghasilkan hambatan naik. Analisis olah gerak pada gerakan Roll kapal sebelum menggunakan cadik dan setelah menggunakan cadik memiliki perbedaan, dimana pada kapal yang menggunakan cadik mengalami grafik penurunan pada Roll sehingga kapal yang menggunakan cadik dapat mengurangi gerakan oleng yang berlebih.

Kata Kunci : Stabilitas, Hambatan, Cadik

1. PENDAHULUAN

Perahu merupakan salah satu alat transportasi yang sering digunakan untuk berbagai keperluan, selain itu juga perahu sering digunakan untuk mengangkut barang dari satu tempat ke tempat lainnya. Proses pembuatan perahu di Indonesia sendiri masih mengandalkan pengetahuan turun temurun sehingga tidak ada rancangan dan standar teknis yang baku. Oleh karena itu, ketiadaan perhitungan secara teknis dapat berdampak pada aspek stabilitas dan daya tahan perahu [1]. Menurut laporan Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (Basarnas), menunjukkan sekitar 60 % kecelakaan kapal kecil di Indonesia melibatkan perahu nelayan tradisional, dengan penyebab utama adalah ketidakstabilan perahu saat menghadapi gelombang dan cuaca buruk [2]. Hasil laporan dari Basarnas menangani kasus kecelakaan laut sepanjang tahun 2022, mayoritas

korban kecelakaan adalah kapal nelayan yang diakibatkan oleh kondisi cuaca dan kurang kestabilan dari perahu nelayan tersebut [3]. Selain itu, terdapat kecelakaan kapal nelayan juga yang disebabkan oleh gelombang laut sehingga mengakibatkan kapal tersebut terbalik [4].

Stabilitas merupakan hal penting dalam keselamatan kapal, hal ini berhubungan langsung pada kemampuan kapal untuk dapat kembali ke kondisi semula setelah mengalami gaya dari luar seperti ombak, angin, dan arus [5].

Penambahan cadik (outrigger) merupakan salah satu solusi yang diberikan untuk dapat meningkatkan stabilitas pada perahu. Penambahan cadik sendiri terbukti dapat meningkatkan stabilitas dan dapat mengurangi resiko terjadinya perahu terbalik. Namun dalam penambahan cadik sendiri dapat meningkatkan hambatan pada perahu sehingga diperlukan analisis agar dapat mengetahui peningkatan hambatan setelah ditambahkan cadik

[6].

Studi kasus penelitian sebelumnya membahas mengenai penambahan cadik dengan panjang 12,7 meter dan jarak dari lambung 3 meter dapat menunjukkan peningkatan stabilitas yang signifikan, pada area GZ 0° - 30° menunjukkan nilai 59,5% dan pada area GZ 0° - 40° dengan peningkatan sebesar 47,7%. Metode penambahan cadik ini dapat diterapkan agar dapat meningkatkan stabilitas pada perahu [7].

Hasil penelitian sebelumnya mengenai penambahan cadik pada kapal nelayan 3 GT menunjukkan dengan menambahkan variasi jarak cadik dengan panjang 4,8 meter dan diameter cadik 10 cm dapat meningkatkan stabilitas pada kapal sebesar 48% dan meningkatkan kemampuan operasional kapal. Penambahan cadik dapat mengurangi oleng pengaruh dari cuaca buruk dan tidak mengganggu operasional kapal [8]. Penelitian lain pada Kapal Kharisma Jaya menunjukkan bahwa kapal cadik memiliki stabilitas lebih baik. Dalam analisis kapal menggunakan cadik memiliki nilai GZ yang tinggi yaitu 0,26 m-rad pada sudut 30° dibandingkan dengan 0,21 m-rad pada sudut 50° pada kapal tanpa cadik [9]. Penelitian sebelumnya juga mengenai pengaruh variasi cadik terhadap respon gerak dengan menambahkan variasi cadik 2,5 meter dan diameter cadik 150 milimeter dapat meningkatkan stabilitas dengan baik dengan menunjukkan nilai GZ sebesar 0,826 m-rad dibandingkan sebelum menggunakan cadik dengan nilai 0,369 m-rad. Variasi ini juga menunjukkan performa baik dalam gerakan *heaving*, *pitching*, dan *rolling* [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas dan hambatan perahu pada kondisi saat menggunakan cadik dan tidak menggunakan cadik, dengan menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability*, *Ansys Fluent* dan *Ansys Aqwa*. Analisis dilakukan dengan menambahkan beberapa ukuran variasi cadik dan dengan menggunakan acuan pada kriteria stabilitas yang telah ditetapkan oleh IMO (*International Maritime Organization*). Selain itu juga, penelitian ini menganalisis olah gerak pada kapal agar dapat dipastikan bahwa kapal memiliki stabilitas dinamis yang baik dan tingkat keselamatan yang baik.

Hasil penelitian ini dapat diharapkan memberikan informasi tentang karakteristik performa stabilitas dan hambatan hasil yang lebih baik. Penelitian ini juga guna meningkatkan keselamatan pelayaran pada perahu tradisional dan kenyamanan operasional terhadap nelayan. Selain itu, penelitian ini berkontribusi untuk memahami parameter cadik dalam mempengaruhi stabilitas sehingga dapat

dijadikan acuan dalam mengoptimalkan desain perahu.

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini yaitu perahu tradisional KM. Ijang dengan survey langsung untuk pengambilan data dan melihat secara langsung kondisi objek penelitian. Data yang diambil meliputi panjang perahu, lebar perahu, tinggi dan data pendukung lainnya. Sebelum analisa lebih lanjut diperlukan pembuatan model perahu 3 dimensi menggunakan *software Maxsurf Modeller*, setelah itu dapat dilanjutkan analisis stabilitas dan hambatan dengan menggunakan *software Maxsurf Stability* dan *Ansys Fluent*. Tahap berikutnya memasukkan data perahu dan menambahkan variasi cadik yang telah ditentukan untuk dapat mengetahui kondisi perahu sebelum menggunakan cadik dan setelah ditambahkan cadik. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk menganalisis perubahan stabilitas dan hambatan perahu secara akurat, setelah itu dilakukan analisis olah gerak kapal menggunakan *Ansys Aqwa* untuk memastikan kapal tetap seimbang saat terjadi gangguan dari gelombang. Gambar 2.1 merupakan bentuk asli kapal KM. Ijang dan tabel 2.1 ukuran utama kapal KM. Ijang.



Gambar 2.1 Objek Penelitian

Tabel 2.1 Ukuran Utama Kapal

Dimensi Kapal	Nilai Satuan
LOA	8 m
LWL	7,2 m
Breadth	2 m
Height	1 m
Draft	0,55 m
Speed	7 knot
Displacement	2,335 ton
Volume displacement	2,278 m ³
Cb	0,351
Cp	0,646
Cwp	0,683

Penelitian ini dianalisis menggunakan 12 kondisi dengan variasi muatan kosong dan penuh.

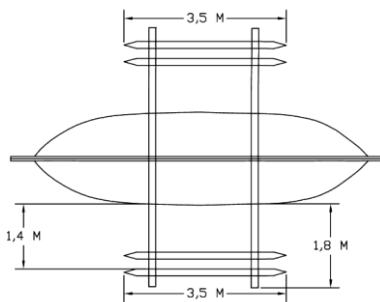
Variasi digunakan untuk mengamati pengaruh terhadap stabilitas perahu secara menyeluruh.

2.2 Variasi Cadik

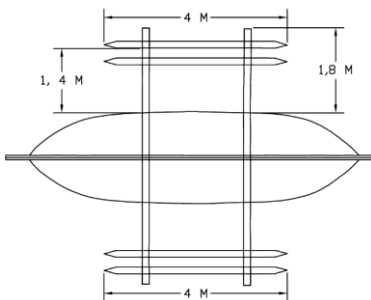
Dalam penelitian ini digunakan variasi cadik dengan panjang 3,5 m, 4,0 m, dan 4,5 m serta jarak dari lambung 1,4 m dan 1,8 m. Kombinasi tersebut menghasilkan enam konfigurasi cadik yang dianalisis. Tujuan variasi ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan ukuran cadik terhadap stabilitas, hambatan, dan olah gerak perahu sehingga dapat diperoleh konfigurasi yang paling optimal. Variasi cadik dapat dilihat pada tabel 2.2 dan gambar 2.2 – 2.4.

Tabel 2.2 Variasi Cadik

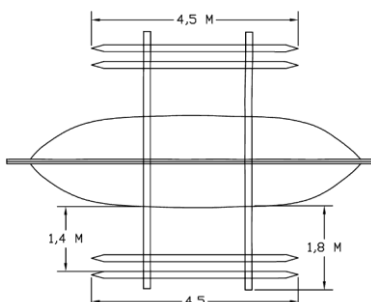
Panjang Cadik	Jarak Cadik dari Lambung Kapal
3,5 meter	1,4 meter
	1,8 meter
4,0 meter	1,4 meter
	1,8 meter
4,5 meter	1,4 meter
	1,8 meter



Gambar 2.2 Cadik 3,5 m dan Jarak 1,4 dan 1,8 m



Gambar 2.3 Cadik 4 m dan Jarak 1,4 dan 1,8 m



Gambar 2.4 Cadik 4,5 m dan Jarak 1,4 dan 1,8 m

2.3 Analisis Stabilitas

Stabilitas merupakan salah satu hal penting untuk keselamatan pelayaran, terutama kapal kecil, karena kecelakaan disebabkan kurang kestabilan kapal tersebut. Untuk itu, IMO menetapkan kriteria dasar seperti GM dan GZ sebagai standar minimum [11]. Pada analisis stabilitas ini dihitung menggunakan software Maxsurf Stability dengan IMO code on intact stability A.749(18), Ch 3- design criteria applicable to all ships seperti tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria IMO [12]

Parameter	Criterion	Unit
Max Area of GZ 0 to 30	3,151	m.deg
Max Area of GZ 0 to 40	5,156	m.deg
Max Area of GZ 30 to 40	1,718	m.deg
Max GZ at 30 or greater	0,2	m
Angle of max. GZ	25	deg
Initial Metacentric Height	0,15	m

2.4 Analisis Hambatan

Hambatan merupakan salah satu aspek penting dalam membuat kapal karena berpengaruh pada konsumsi bahan bakar. Metode seperti towing tank masih dipakai, tetapi memakan waktu dan biaya, sementara CFD menjadi alternatif modern yang lebih fleksibel [13]. Analisis hambatan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan cadik terhadap hambatan, dengan menggunakan metode Maxsurf Resistance serta simulasi CFD berbasis Ansys Fluent. Perbandingan kedua metode ini bertujuan menilai konsistensi hasil sekaligus mengevaluasi besarnya tambahan hambatan akibat pemasangan cadik.

2.5 Analisis Olah Gerak

Olah gerak merupakan aspek penting dalam desain kapal kapal kecil karena lebih rentan terhadap gerakan gelombang, yang dapat menurunkan kenyamanan dan meningkatkan resiko kecelakaan [14]. Pada penelitian olah gerak ini dibantu dengan menggunakan software Ansys Aqwa untuk dapat melihat performa kapal setelah menggunakan cadik.

Tabel 2.4 Kriteria Tello [15]

Criterion	Maximum Value
C1 Roll	6° (rms)
C2 Roll	3° (rms)

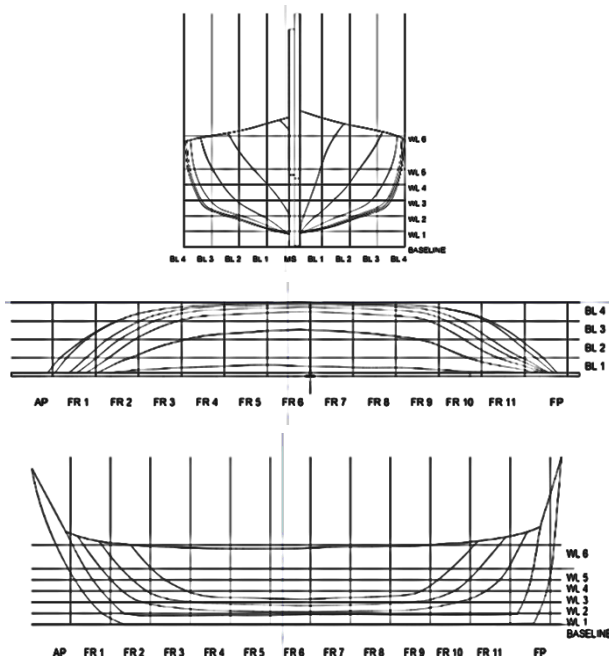
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan *Hullform* dan *Lines Plan*

Tahap awal dalam pembuatan pemodelan yaitu dengan membuat 3D dan *lines plan* perahu menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeller*, dengan cara *image background* memasukkan foto perahu Ijang. Setelah pembuatan model 3D selesai, dilanjutkan dengan mengatur *grid* untuk menyesuaikan *lines plan*. Pada gambar 3.1 menunjukkan hasil model 3D dan gambar 3.2 merupakan hasil *Lines Plan* pada kapal KM. Ijang.



Gambar 3.1 Model 3D



Gambar 3.2 *Lines Plan* Perahu Ijang

3.2 Komponen LWT dan Titik Berat

Perhitungan berat perahu dilakukan dengan menetapkan seluruh konstruksi perahu terlebih dahulu. Selanjutnya, volume masing-masing komponen dihitung dan dikalikan dengan massa

jenis kayu jati sesuai BKI yaitu 700 kg/m^3 [16] untuk mendapatkan nilai sebesar 1000,28 kg. Setelah itu dilakukan perhitungan LCG dan KG dengan cara sebagai berikut.

a. Longitudinal Center of Gravity

$$LCG = \frac{\sum \text{Berat} \times \text{Posisi LCG}}{\sum \text{Berat}}$$

$$LCG = \frac{-159,63}{1000,28} = -0,159 \text{ m dari midship}$$

b. Keel Center of Gravity

$$KG = \frac{\sum \text{Berat} \times \text{Posisi KG}}{\sum \text{Berat}}$$

$$KG = \frac{428,123}{1000,28} = 0,428 \text{ m dari baseline}$$

3.3 Hasil Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas ini dilakukan dengan cara membandingkan beberapa kondisi muatan dan posisi variasi cadik untuk mengetahui sejauh mana peningkatan stabilitas perahu agar dapat memenuhi standar keselamatan yang telah ditetapkan pada IMO [17]. Analisis dilakukan menjadi 12 kondisi, dengan variasi jarak cadik dari lambung 1,4 meter dan 1,8 meter. Selain itu, ada variasi panjang cadik yaitu 3,5 meter, 4 meter, dan 4,5 meter dengan diameter cadik 15 cm. Hasil analisis stabilitas sebelum dan sesudah menggunakan cadik dapat dilihat pada tabel 3.1 – 3.4.

3.3.1 Analisa Sebelum Menggunakan Cadik

Hasil analisa stabilitas sebelum menggunakan cadik atau perahu asli di lapangan, dengan menambahkan muatan kosong dan muatan penuh dapat menunjukkan bahwa perahu dinyatakan *pass*. Analisis tanpa cadik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan stabilitas kapal, hasil ini digunakan untuk membandingkan dan membuktikan kemampuan stabilitas kapal sebelum adanya cadik dan setelah adanya tambahan cadik.

Tabel 3.1 Hasil Analisa Stabilitas Sebelum Ada Cadik

Criteria	Units	Nilai	
		Muatan Kosong	Muatan Penuh
Area 0 to 30	m.deg	5,8522	6,0341
Area 0 to 40	m.deg	9,8088	10,0194
Area 30 to 40	m.deg	3,9566	3,9853
Max GZ at 30 or greater	m	0,526	0,496
Angle of maximum GZ	deg	52,7	54,5
Initial GMt	m	0,987	0,957
Status		Pass	Pass

3.3.2 Analisis Stabilitas Menggunakan Cadik

Hasil analisis stabilitas pada tabel 3.2 menggunakan panjang cadik 3,5 meter dan jarak cadik 1,4 meter, 1,8 meter nilai stabilitas meningkat setelah ditambahkan cadik, dengan menggunakan muatan kosong dan penuh menunjukkan bahwa kapal

memenuhi kriteria pada IMO A. 749(18). Nilai GZ pada area 0-30° adalah 8,9077 m.deg dan 9,8971 m.deg. Pada area 0-40° adalah 14,0362 m.deg dan 15,4047 m.deg. Dimana seluruh parameter membuktikan status *pass*, oleh karena itu dengan menambahkan cadik dapat meningkatkan stabilitas.

Tabel 3.2 Hasil Analisa Menggunakan Cadik Panjang 3,5 Meter

Criteria	Units	Panjang 3,5 m			
		Jarak 1,4 m		Jarak 1,8 m	
		Muatan Kosong	Muatan Penuh	Muatan Kosong	Muatan Penuh
Area 0 to 30	m.deg	8,9077	8,2722	9,8971	8,9209
Area 0 to 40	m.deg	14,0362	13,0688	15,4047	13,9791
Area 30 to 40	m.deg	5,1285	4,7966	5,5076	5,0582
Max GZ at 30 or greater	m	0,609	0,558	0,638	0,578
Angle of maximum GZ	deg	50,9	51,8	50,0	50,9
Initial GMt	m	0,986	0,937	0,985	0,934
Status		Pass	Pass	Pass	Pass

Analisis stabilitas pada tabel 3.3 menggunakan panjang cadik 4 meter dan jarak cadik 1,4 meter, 1,8 meter menunjukkan nilai stabilitas meningkat setelah ditambahkan variasi cadik, dengan menggunakan muatan kosong dan penuh dapat menunjukkan bahwa kapal memenuhi kriteria pada IMO A. 749(18). Nilai GZ pada area 0-30° adalah

9,2279 m.deg dan 10,2872 m.deg. Pada area 0-40° adalah 14,4592 m.deg dan 15,9159 m.deg. Dimana seluruh parameter membuktikan status *pass*, oleh karena itu dengan menambahkan cadik dapat meningkatkan stabilitas dan keamanan pada saat digunakan untuk berlayar.

Tabel 3.3 Hasil Analisa Menggunakan Cadik Panjang 4 Meter

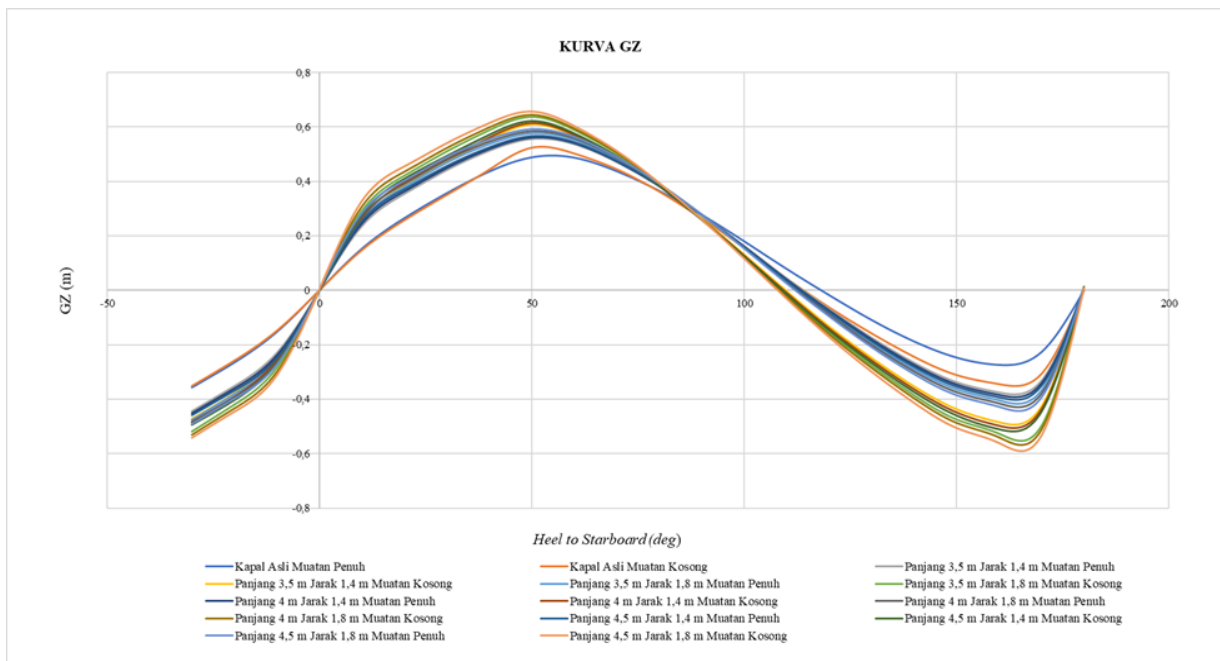
Criteria	Units	Panjang 4,0 m			
		Jarak 1,4 m		Jarak 1,8 m	
		Muatan Kosong	Muatan Penuh	Muatan Kosong	Muatan Penuh
Area 0 to 30	m.deg	9,2279	8,5033	10,2872	9,1932
Area 0 to 40	m.deg	14,4592	13,3700	15,9159	14,3342
Area 30 to 40	m.deg	5,2314	4,8667	5,6286	5,1409
Max GZ at 30 or greater	m	0,616	0,563	0,646	0,584
Angle of maximum GZ	deg	50,0	51,8	50,0	50,9
Initial GMt	m	0,987	0,936	0,985	0,932
Status		Pass	Pass	Pass	Pass

Analisis stabilitas pada tabel 3.4 menggunakan panjang cadik 4,5 meter dan jarak cadik 1,4 meter, 1,8 meter menunjukkan nilai stabilitas meningkat setelah ditambahkan cadik, dengan menggunakan muatan kosong dan penuh menunjukkan bahwa kapal memenuhi kriteria pada IMO A. 749(18). Nilai GZ

pada area 0-30° adalah 9,5481 m.deg dan 10,8167 m.deg. Pada area 0-40° adalah 14,8849 m.deg dan 16,6123 m.deg. Dimana seluruh parameter membuktikan status *pass*, oleh karena itu dengan menambahkan cadik dapat meningkatkan stabilitas dan keamanan pada saat digunakan untuk berlayar.

Tabel 3.4 Hasil Analisa Menggunakan Cadik Panjang 4,5 Meter

Criteria	Units	Panjang 4,5 m			
		Jarak 1,4 m		Jarak 1,8 m	
		Muatan Kosong	Muatan Penuh	Muatan Kosong	Muatan Penuh
Area 0 to 30	m.deg	9,5481	8,7342	10,8167	9,5601
Area 0 to 40	m.deg	14,8849	13,6720	16,6123	14,8132
Area 30 to 40	m.deg	5,3368	4,9379	5,7956	5,2531
Max GZ at 30 or greater	m	0,623	0,569	0,658	0,593
Angle of maximum GZ	deg	50,0	51,8	50,0	50,9
Initial GMt	m	0,987	0,935	0,985	0,932
Status		Pass	Pass	Pass	Pass



Gambar 3.3 Kurva GZ

Berdasarkan hasil analisa stabilitas dengan menggunakan beberapa variasi cadik maka didapatkan nilai grafik kurva GZ yang ditampilkan pada gambar 3.3, dapat dilihat variasi ukuran cadik dan muatan memberikan pengaruh signifikan terhadap stabilitas perahu. Nilai maksimum GZ mencapai pada sudut kemiringan sekitar 50° yang menandakan posisi keseimbangan optimal perahu. Kondisi perahu sebelum menggunakan cadik menghasilkan nilai yang lebih rendah menandakan tingkat stabilitas yang menurun, berbeda dengan perahu yang sudah menggunakan cadik menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perahu tanpa cadik. Variasi cadik dengan panjang 4,5 meter dan jarak cadik 1,8 meter menghasilkan stabilitas yang baik pada *Area 0 to 30*, *Area 0 to 40*, *Area 30 to 40* dengan nilai yang cukup tinggi dibandingkan dengan cadik yang lain. Dari hasil analisa stabilitas tersebut maka didapatkan ukuran cadik yang sesuai untuk meningkatkan stabilitas dan keamanan pada saat digunakan.

3.4 Hasil Analisa Hambatan

Gaya hambat terjadi disebabkan oleh gaya fluida, dalam hal ini mengarah pada fluida air yang memiliki nilai yang cukup besar hambatannya terhadap gerakan kapal [18]. Setelah menganalisa stabilitas dan didapatkan ukuran cadik dengan stabilitas terbaik yaitu 4,5 meter dan jarak cadik 1,8 meter, selanjutnya menganalisa hambatan perahu dengan menggunakan software *Maxsurf Resistance* dan *Ansys fluent* untuk membandingkan hasil hambatan. Pada tabel dibawah 3.5 merupakan hasil nilai hambatan pada kapal sebelum menggunakan cadik dan sesudah menggunakan cadik.

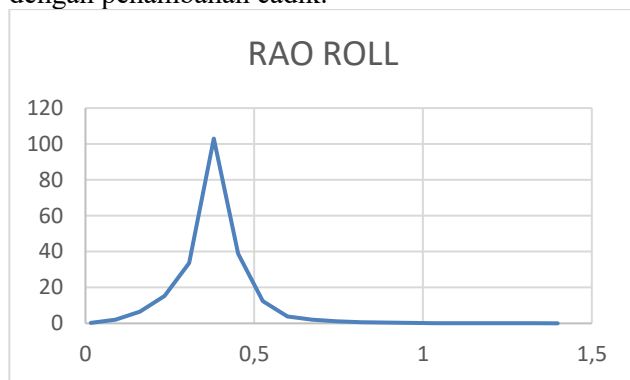
Tabel 3.5 Hasil Nilai Hambatan

HAMBATAN KAPAL ASLI	HAMBATAN MENGGUNAKAN CADIK
Ansys Fluent 433,9 N	Ansys Fluent 662,3 N

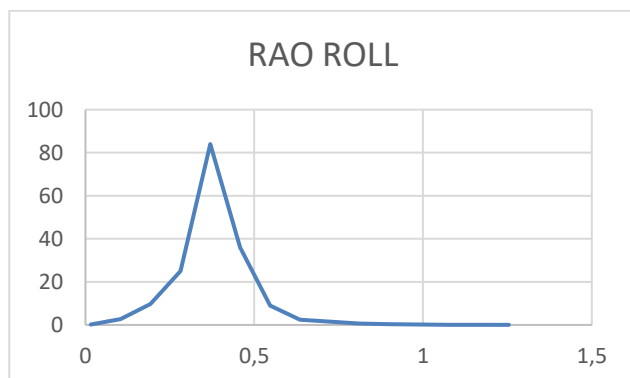
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa hambatan kapal meningkat setelah dipasang cadik, pada Ansys Fluent hambatan naik dari 433,9 N menjadi 662,3 N. Peningkatan hambatan ini wajar karena penambahan cadik memperbesar luas permukaan basah kapal. Namun, fungsi utama cadik adalah untuk meningkatkan stabilitas kapal, sehingga tambahan hambatan tersebut masih bisa diterima.

3.5 Hasil Analisis Olah Gerak Kapal

Analisis olah gerak kapal dilakukan dengan melihat *Response Amplitudo Operator* (RAO). RAO digunakan sebagai perbandingan antara amplitudo gerakan kapal, baik dalam bentuk translasi maupun rotasi, dengan amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu [19]. Pada gerakan roll dengan arah datang gelombang 90° , grafik pada gambar 3.4 menunjukkan perbandingan RAO antara kapal asli dan kapal dengan penambahan cadik.



Gambar 3.4 Grafik Sebelum Ada Cadik



Gambar 3.5 Grafik Setelah Ada Cadik

Berdasarkan grafik terlihat bahwa puncak RAO Roll pada kapal asli terjadi pada frekuensi 0,30 rad/s dengan nilai puncak 103,01 %/m. Sedangkan pada kapal dengan cadik, puncak RAO bergeser sedikit ke frekuensi 0,36 rad/s dengan nilai puncak yang lebih turun yaitu 83,9 %/m. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan cadik mempengaruhi karakteristik dinamis kapal.

Secara umum, penambahan cadik memberikan keuntungan karena dapat memperbesar momen pengembali saat terjadi olah gerak roll, meskipun menghasilkan puncak yang lebih tinggi pada

frekuensi tertentu [20].

Hasil penelitian sebelumnya pada kapal katamaran yang serupa dengan kapal cadik menunjukkan performa seakeeping yang cukup baik, dengan nilai Heave RAO 3,338 %/m pada frekuensi 0,41 rad/s, RAO Roll 1,34 %/m pada frekuensi 1,67 rad/s, dan nilai RAO Pitch 5,66 %/m dengan frekuensi 1,27 %/m [21].

Penelitian lain mengenai kapal trimaran menunjukkan stabilitas kapal trimaran lebih baik dibandingkan monohull, dengan sudut oleng 48° pada kapal trimaran sedangkan monohull mencapai 41° . Trimaran juga mampu bertahan pada gelombang 3 meter dengan oleng $32,56^\circ$, sedangkan monohull hanya pada gelombang 2 meter dengan oleng $24,69^\circ$. Ini membuktikan bahwa trimaran lebih stabil dan tahan terhadap gelombang [22].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengaruh penambahan cadik terhadap perahu Ijang, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan cadik terbukti meningkatkan nilai momen pengembali (GZ) secara signifikan. Seluruh variasi panjang dan jarak cadik, baik pada kondisi muatan penuh maupun kosong, memenuhi standar IMO A.749(18). Konfigurasi cadik dengan panjang 4,5 m dan jarak 1,8 m menghasilkan performa paling optimal dengan nilai GZ tertinggi.
2. Hasil analisis hambatan menunjukkan adanya kenaikan dari 433,9 N menjadi 662,3 N setelah penambahan cadik. Meskipun terjadi peningkatan nilai hambatan pada kapal hal tersebut wajar karena adanya cadik sehingga menambah permukaan basah.
3. Penambahan cadik menurunkan puncak RAO roll dari frekuensi 0,30 rad/s sebesar 103,01 %/m menjadi 0,36 rad/s sebesar 83,9 %/m. Terjadi penurunan nilai RAO sebesar 19% pada nilai puncak RAO Roll setelah penambahan cadik. Hal ini menunjukkan perubahan karakteristik dinamis kapal.

Secara keseluruhan, penambahan cadik memberikan kontribusi positif terhadap stabilitas dan keselamatan perahu, serta dapat mengurangi gerakan Roll pada kapal. Selain itu juga, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai referensi bagi pembuat kapal tradisional dalam menentukan ukuran cadik yang optimal tanpa mengorbankan efisiensi dan diharapkan penelitian ini bisa menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

SARAN

Penelitian ini dapat diperluas dengan menganalisis performa perahu pada kondisi gelombang ekstrem serta pengaruh beban muatan yang tidak merata terhadap stabilitas. Diharapkan juga hasil studi ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan bentuk perahu tradisional yang lebih aman dan efisien bagi para nelayan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Ali, "Budaya Perahu Outrigger di kepulauan Melayu : Perspektif Maritim," vol. 1, no. 1, pp. 57–70, 2009.
- [2] S. Yunizar, "Basarnas Catat 3.991 Kecelakaan Kapal Dalam Lima Tahun." [Online]. Available: <https://www.jawapos.com/nasional/015118784/basarnas-catat-3991-kecelakaan-kapal-dalam-lima-tahun>
- [3] Febrianto, "Basarnas Tangani 38 Kecelakaan Laut di Kepri Sepanjang 2022, Korban Terbanyak Nelayan." [Online]. Available: <https://voi.id/berita/257905/basarnas-tangani-38-kecelakaan-laut-di-kepri-sepanjang-2022-korban-terbanyak-nelayan>
- [4] Basrnas, "Beranda _ BASARNAS (Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan)." [Online]. Available: <https://basarnas.go.id/berita/kapal-nelayan-yang-membawa-3-orang-abk-mengalami-kecelakaan-di-perairan-lingga-13875>
- [5] Wakidjo, P. (1972). Stabilitas Kapal Jilid II. Penuntun dalam Menyelesaikan Masalah. Yogyakarta.
- [6] Rubianto. (2023). Stabilitas Kapal. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [7] H. Hasanudin, T. Yulianto, and R. C. Ariesta, "Modifikasi Kapal Purse Seine 30 Gt Dengan Menambahkan Cadik Untuk Meningkatkan Survival of Intact Stability," *Mar. Fish. J. Mar. Fish. Technol. Manag.*, vol. 10, no. 2, pp. 205–213, 2019, doi: 10.29244/jmf.v10i2.30853.
- [8] M. Helmi, B. S. Nurhasanah, and J. Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis, "Analisa Pengaruh Pemasangan Cadik Pada Kapal Nelayan 3 Gt Ditinjau Dari Power Engine," *Kapal*, vol. 13, no. 2, pp. 78–83, 2016.
- [9] A. W. B. Anggit Andilala, Wilma Amiruddin, "Analisa Beban Muatan Maksimum Yang Diperbolehkan Untuk Keselamatan Penumpang Pada Kapal Kharisma Jaya," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [10] Akbar Bagus, "Analisis Pengaruh Variasi Cadik terhadap Respon Gerak Perahu Nelayan Menggunakan Metode CFD Analisis Pengaruh Variasi Cadik terhadap Respon Gerak Perahu Nelayan Menggunakan Metode CFD," *Politek. Negeri Banyuwangi*, 2022.
- [11] J. Alvite-Castro, J. A. Orosa, D. Vergara, Á. M. Costa, and R. Bouzón, "A new design criterion to improve the intact stability of galician small fishing vessels," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 8, 2020, doi: 10.3390/JMSE8070499.
- [12] *Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments: Resolution A.749(18)*. International Maritime Organization, 1993.
- [13] Y. Yang *et al.*, "Research on Ship Resistance Prediction Using Machine Learning with Different Samples," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 4, 2024, doi: 10.3390/jmse12040556.
- [14] S. Nam, J. C. Park, J. B. Park, and H. K. Yoon, "Numerical Simulation of Seakeeping Performance of a Barge Using Computational Fluid Dynamics (CFD)-Modified Potential (CMP) Model," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.3390/jmse12030369.
- [15] M. H. Ghaemi and H. Olszewski, "Total Ship Operability-Review, Concept and Criteria," *Polish Marit. Res.*, vol. 24, pp. 74–81, 2017, doi: 10.1515/pomr-2017-0024.
- [16] Biro Klasifikasi Indonesia, *Peraturan Kapal Kayu*, vol. VI. Biro Klasifikasi Indonesia, 2023.
- [17] *IMO Resolution A.562(14)*. International Maritime Organization, 1985.
- [18] ITTC, "Testing and Extrapolation Methods Resistance Test," *ITTC - Recomm. Proced.*, pp. 1-11.2002.
- [19] A. O. N. Susanto, E. S. Hadi, and A. Firdhaus, "Pengaruh Penambahan Bilge Keel Pada Kapal Ikan KM HMJ 4 Terhadap Stabilitas Dan Gerakan Rolling," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 12, no. 2, p. 456, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal.s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- [20] C. A. Adhitama, E. S. Hadi, and S. Jokosisworo, "Analisa Stabilitas Dan Olah Gerak (Seakeeping) Kapal Pada MV. Pan Marine Setelah Dikonversi Dari Kapal Kru

Menjadi Kapal Wisata,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 07, no. 1, pp. 37–48, 2019.

- [21] Romadhoni, “Optimasi Respon Gerakan kapal Ikan Katamaran Terhadap Gelombang Regular,” *J. Iptek*, vol. 21, no. 1, pp. 17–26, 2017.
- [22] F. Gaspersz and R. B. Luhulima, “Analisa Titik Kritis Gerakan Roll Kapal Trimaran Untuk Diaplikasi Pada Kapal Ikan Purse Seine,” *ALE Proceeding*, vol. 4, pp. 44–50, 2021, doi: 10.30598/ale.4.2021.44-50.

