



ANALISIS PENGARUH SUDUT *DEADRISE PLANNING CRAFT* TERHADAP STABILITAS DAN *SEAKEEPING*

Analysis of the Effect of Deadrise Planning Craft Angle on Stability and Seakeeping

Erifive Pranatal^{1, a}

¹Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rachman Hakim No 100, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

e-mail: ^aerifive@itats.ac.id

Diterima : 12 Oktober 2020; Direvisi: 20 November 2020; Disetujui: 4 Januari 2021

Abstrak

Perancang kapal berusaha untuk memperoleh stabilitas dan *seakeeping* yang baik terlebih untuk kapal cepat bertipe *planning hull*. Tipe ini memiliki *deadrise* sehingga lambungnya bentuk 'V' sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh besar sudut *deadrise* terhadap stabilitas dan *seakeeping*. Objek penelitian adalah kapal *planning hull* Series 62: *parent model 4677-1*. Metode penelitian menggunakan simulasi komputer dengan bantuan *software* dan perhitungan stabilitas tersebut dibandingkan dengan metode Krylov II. Hasil penelitian menyatakan bahwa tiga variasi *deadrise* yaitu 10°, 13°, dan 18°, sudut *deadrise* yang kecil memberikan stabilitas yang baik tetapi mengurangi olah gerak kapal (*seakeeping*) sedangkan sudut *deadrise* yang besar akan mengurangi kemampuan stabilitas kapal tetapi memiliki *seakeeping* yang baik. Ketiga model tersebut sama-sama memenuhi regulasi stabilitas IMO. Sehingga besar sudut *deadrise* yang direkomendasikan untuk penelitian ini adalah 13°.

Kata kunci: *planning hull*; stabilitas; *seakeeping*

Abstract

Ship designer tries to get good stability and seakeeping, especially for the planning hulltype fast boats. This type has a deadrise so the hull 'V' shaped. Therefore the research purpose is to determine the effect the deadrise angle on ship stability and seakeeping. The object research is planning hullseries 62: parent model 4677-1. The research method uses computer simulation with software and its stability calculation is compared with the Krylov II method. The result of the research states that three variations of deadrise, namely 10°, 13°, and 18°, the small deadrise angle provides good stability but reduces seakeeping while a large deadrise angle will reduce the stability but have good seakeeping. All models pass IMO regulations on stability. Therefore a deadrise angle of 13° is recommended for this study.

Keywords: *planning hull*; stability; *seakeeping*

PENDAHULUAN

Tahapan desain kapal dimulai dari *preliminary design*. Tahap ini dilakukan

perhitungan stabilitas awal dan *seakeeping* secara umum, sehingga diperoleh gambaran kapal secara cepat. Kapal didesain sedemikian rupa sehingga

memiliki stabilitas dan *seakeeping* yang baik. Stabilitas kapal berhubungan dengan kelayakan dan keselamatan kapal dan muatan sedangkan *seakeeping* berkaitan dengan kenyamanan penumpang pada saat kapal beroperasi. Oleh karena itu baik stabilitas dan *seakeeping* harus memenuhi kriteria yang ditentukan organisasi kemaritiman, seperti IMO (*International Maritime Organization*) atau biro klasifikasi.

Kapal dengan tipe *planning hull* merupakan kapal dengan $F_n \nabla = 1 - 3,5$. Tipe lambung kapal ini berbentuk “V” sehingga memiliki *deadrise*. Besarnya sudut *deadrise* pasti mempengaruhi performa kapal baik ditinjau dari tahanan kapal (Pranatal, 2020), stabilitas dan juga *seakeeping*. Pemilihan besar sudut *deadrise* yang tepat dapat menghasilkan stabilitas dan *seakeeping* yang baik. Sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi besar sudut *deadrise* terhadap stabilitas dan *seakeeping* kapal dengan tipe *planning hull*. Objek penelitian ini menggunakan model kapal *planning hull Series 62: parent model 4677-1* dengan *deadrise* 13°. Untuk mengetahui pengaruh *deadrise* maka dilakukan variasi sudut *deadrise* di bawah dan di atas nilai sudut *existing*, yaitu sudut 10° dan 18°. Oleh karena itu ada tiga variasi sudut *deadrise* yaitu 10°, 13°, dan 18°, dengan dasar pemilihan bahwa sudut-sudut tersebut sudah mewaliki analisis pengaruh *deadrise* terhadap stabilitas dan *seakeeping*. Pembuatan model 3D tiap-tiap variasi dilakukan dengan *displacement* tetap.

Penelitian ini membahas stabilitas kapal ditinjau dari kriteria stabilitas kapal umum menurut regulasi IMO. Perhitungan stabilitas menggunakan bantuan *software* Maxsurf Stability dan dibandingkan dengan metode Krylov II. Sedangkan perhitungan *seakeeping* menggunakan bantuan *software* Maxsurf Ship Motion. Pada perhitungan *seakeeping* kapal membahas gerak kapal khususnya gerakan *roll*, *pitch*, dan *heave*. Data model lambung kapal yang digunakan adalah *Series 62*. Hasil penelitian yang diharapkan adalah penelitian ini

memberikan informasi sudut *deadrise* yang paling optimal untuk keselamatan dan kenyamanan penumpang pada kapal *planning hull*, sudut *deadrise* yang kecil akan menghasilkan tahanan yang baik dan juga olah gerak kapal.

TINJAUAN PUSTAKA

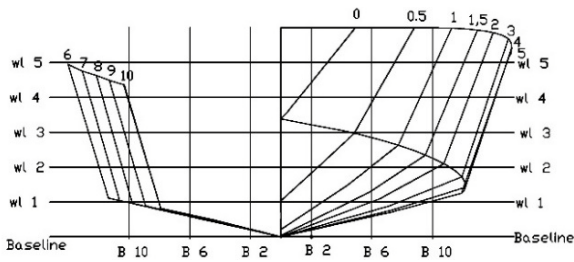
Menurut Aryawan & Putranto (2018) gerakan *rolling* dapat dikurangi dengan penambahan *sponson* pada sisi lebar kapal *Aquaculture Fishing*, dengan variasi perbandingan L/B, di mana L/B = 10 menghasilkan *damping coefficient* yang baik. Sedangkan Putranto, dkk., (2016) melakukan penelitian variasi *deadrise* terhadap stabilitas. Variasi *deadrise* yang dipilih 6°, 11°, dan 16°. Pada konsisi kapal muatan 100% lengan pengembali paling besar dihasilkan oleh sudut *deadrise* terkecil yaitu 6°. Pada penelitian ini variasi sudut *deadrise* mempengaruhi *displacement* kapal.

Penelitian oleh Luhulima, dkk., (2014) adalah pemilihan tipe lambung kapal *monohull*, *catamaran*, dan *trimaran* untuk kapal penumpang ditinjau dari stabilitas dan *seakeeping* kapal. Hasil penelitian tersebut adalah kapal dengan tipe lambung *multihull* menghasilkan nilai BM, GM, GZ yang lebih baik dari kapal *monohull*, sedangkan karakteristik *seakeeping* seperti gerakan *rolling*, *heaving* dan *pitching* menunjukkan kapal *monohull* memiliki gerakan yang lebih baik dibanding *multihull*.

Kajian Teori

Kapal tipe lambung *planning* bekerja gaya tekan, F_p dan gaya hidrostatis, F_H . Gaya tekan bekerja pada titik pusat gaya apung, sedangkan gaya tekan bekerja di sepanjang lambung kapal yang tercelup. Apabila kecepatan kapal meningkat, maka permukaan basah dan volume kapal akan berkurang dengan cepat, sehingga $F_p > F_H$. Tipe lambung ini biasa digunakan untuk kapal cepat dengan $F_n \nabla = 1-3,5$ (Molland, et al., 2017). Data kapal tipe lambung *planning single chine* telah diteliti oleh (Blount & Clement, 1963) dan diberi nama data lambung kapal *planning hull Series 62. Body plan*

model lambung *Series 62* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. *Body plan planning hull Series 62*

Tipe lambung ini memiliki *deadrise*, β atau *rise of floor* (ROF). Di mana *deadrise* adalah sudut lambung dalam derajat yang diukur dari garis *baseline*, sudut pada lunas (*keel*) dan kemiringan dasar kapal. Pada data *Series 62*, sudut ini bernilai 13° .

Stabilitas Kapal

Istilah stabilitas lebih menunjukkan kecenderungan suatu *body* atau sistem kembali ke posisi awalnya setelah dia mengalami gangguan kecil (Rawson & Tupper, 2001). Kapal dikatakan stabil apabila memenuhi semua kriteria yang telah ditentukan oleh badan yang berotoritas seperti IMO. Berikut adalah beberapa kriteria stabilitas kapal umum berdasarkan IMO:

Tabel 1. Kriteria stabilitas kapal berdasarkan IMO

No.	Criteria	Value	Units
1.	Area 0° to 30°	0,055	m.rad
2.	Area 0° to 40°	0,090	m.rad
3.	Area 30° to 40°	0,030	m.rad
4.	Max GZ at 30° or greater	0,200	m
5.	Angle of maximum GZ	25	deg
6.	Initial GMt	0,150	m

Beberapa metode dilakukan untuk menghitung stabilitas kapal seperti metode Krylov dan Metode Barnhart & Thewlis. Selain itu perhitungan stabilitas juga dapat dilakukan dengan bantuan *software* komersil perkapalan seperti Maxsurf Stability.

Perhitungan lengan stabilitas menurut Krylov membutuhkan jari-jari metasenter, r_ϕ dan pada kondisi *displacement* tetap. Nilai lengan stabilitas, $l = GZ$ dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (1) (Semyonov-Tyan-Shansky, 1966):

$$l = l_c - a \sin \theta \tag{1}$$

di mana:

l_c : lengan stabilitas bentuk.

Lengan stabilitas bentuk dapat dihitung menggunakan persamaan (2) berikut:

$$l_c = \cos \theta \int_0^\theta r_\phi \cos \phi \, d\phi + \sin \theta \int_0^\theta r_\phi \sin \phi \, d\phi \tag{2}$$

di mana:

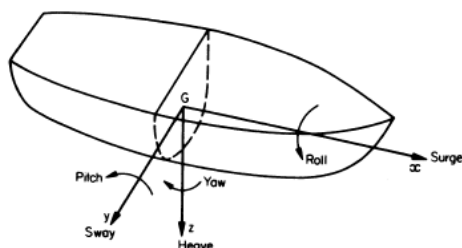
a : KG-KB;

θ : sudut kemiringan kapal.

Seakeeping

Istilah *seakeeping* digunakan untuk menunjukkan performa kapal seperti gerakan kapal pada gelombang, *deck wetness*, dan *slamming* (Rawson & Tupper, 2001). Gerakan kapal pada gelombang adalah gerakan yang terjadi pada kapal ketika kapal tersebut berpapasan dengan gelombang air yang memiliki karakteristik dan arah tertentu. Hal ini sebagai respon kapal terhadap gelombang yang menghadang. Gerakan tersebut antara lain gerakan *pitch*, *heave*, dan *roll*. *Deck wetness* adalah keadaan di mana geladak kapal terkena air akibat gelombang yang menghantam kapal. Dalam mendesain kapal, hal ini harus dihindari karena dapat merusak peralatan dan mesin pada geladak. *Slamming* adalah fenomena yang terjadi apabila dasar haluan naik melewati permukaan gelombang dan kemudian masuk kembali ke dalam air dengan kecepatan relatif vertikal haluan dan menimbulkan hempasan. Gerakan *slamming* dapat menimbulkan kegagalan struktur kapal. Sugiyarto, dkk., (2016) melakukan penelitian tentang analisis tegangan pada kapal perang tipe *corvette* akibat beban *slamming*. *Seakeeping* berkaitan erat dengan kenyamanan operator dan penumpang kapal. Sehingga desain kapal harus diperhatikan terlebih untuk kapal cepat dan kapal perang.

Gambar 2 dan Tabel 2 menjelaskan macam-macam gerakan kapal. Di mana gerakan *rolling*, *pitching* dan *heaving* yang dialami oleh kapal pada saat kapal dalam gelombang.



Gambar 2. Gerakan kapal

Tabel 2. Macam-macam gerakan kapal

Translation or rotation	Axis	Description	Positive sense
	Along x	Surge	Forwards to
Translation	Along y	Sway	starboard
	Along z	Heave	downwards
	About x	Roll	Starboard side
Rotation	About y	Pitch	down
	About z	Yaw	Bow up
			Bow to
			starboard

Berdasarkan hukum kedua Newton, persamaan gerak benda terapung dalam 6 derajat kebebasan dapat dituliskan pada persamaan (3).

$$F = Ma \quad (3)$$

di mana:

F : resultan gaya pada benda terapung (N atau kN);

M : massa benda terapung (kg atau tong);

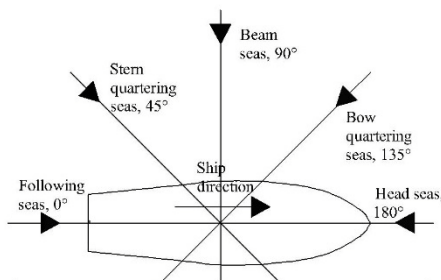
A : percepatan (m/s^2).

Persamaan (3) dapat dituliskan dalam bentuk lain di mana kecepatan benda (a) adalah turunan kedua dari perpindahan benda terapung seperti pada persamaan (4).

$$F = M \ddot{x} \quad (4)$$

Sedangkan gaya yang bekerja pada benda terapung terdiri dari gaya inersia, gaya peredam, gaya *restoring*, dan gaya *excitation*.

Selain itu yang harus diperhatikan untuk menghitung *seakeeping* adalah sudut hadap atau *heading angle*. Sudut hadap adalah besar sudut yang dibentuk oleh arah gerakan kapal dan gelombang. Pengertian lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. *Heading angle*

Following seas disebut bila arah gelombang dan kapal membentuk sudut 0° atau searah. *Head seas*, di mana arah datang gelombang dan kapal membentuk 180° atau saling bertemu, demikian seterusnya untuk *bow quartering seas*, *beam seas*, *stern quartering seas* dan membentuk sudut antara arah kapal dan datangnya gelombang berturut-turut 45° , 90° , dan 135° .

Sea State

Tabel 3. Skala Douglas

Douglas Sea Scale Degree	Height (m)	Description
0	No wave	Calm (glassy)
1	0,00-0,10	Calm (rippled)
2	0,10-0,50	Smooth
3	0,50-1,25	Slight
4	1,25-2,50	Moderate
5	2,50-4,00	Rough
6	4,00-6,00	Very rough
7	6,00-9,00	High
8	9,00-14,00	Very high
9	14,00+	Phenomenal

Sea state digunakan untuk mengukur keganasan laut pada saat tertentu. *Sea state* sering digunakan perancang kapal untuk mendesain kapal. Skala Douglas membagi keganasan laut ke dalam 10 tingkatan berdasarkan tinggi gelombang. Skala Douglas dapat dilihat pada Tabel 3.

Response Amplitude Operator (RAO)

RAO atau sering disebut juga sebagai *transfer function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur *offshore*. RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon suatu struktur. RAO dapat didefinisikan berdasarkan persamaan (5) berikut ini:

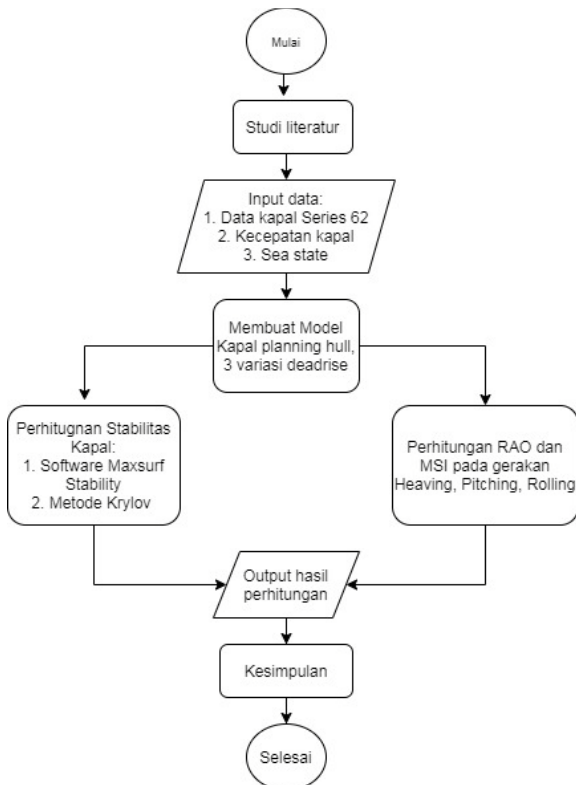
$$RAO = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)} \tag{5}$$

di mana:

$X_p(\omega)$: amplitudo struktur apung;

$\eta(\omega)$: amplitudo gelombang.

METODE PENELITIAN



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Permasalahan dalam penelitian ini diselesaikan dengan menggunakan diagram alir pada Gambar 4. Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data kapal *planning hull Series 62: parent model 4677-1* dengan *deadrise* 13° di mana *body plan* dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan ukuran pokoknya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Ukuran pokok *Series 62: parent model 4677-1*

Item	Besaran	Satuan
▽	79,500	m ³
Δ	81,500	ton
S	138,671	m ²
LWL	23,845	m
<i>Draft amidship</i>	1,050	m
<i>Beam Max</i>	6,034	m
VCG	0,426	m
LCG	11,238	m
Cb	0,526	-
Cm	0,651	-
<i>B/Draft</i>	5,748	-

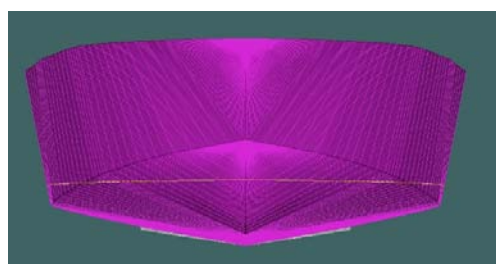
Kecepatan kapal pada analisis *seakeeping* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Kecepatan kapal

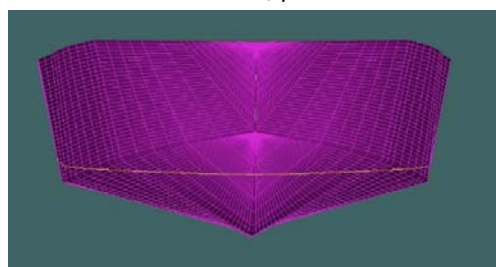
Fn _▽	Kecepatan (V)	Satuan
1	13	knot
2	25	knot
3	38	knot
4	50	knot

Sea state yang digunakan pada penelitian ini adalah *state* satu, empat, dan lima dengan tinggi

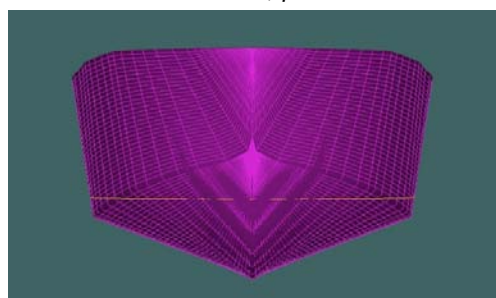
gelombang berturut-turut 0,1, 1,5, dan 3 m. Tipe spektrum yang digunakan adalah satu Parameter Bretschneider.



a. *Deadrise*, $\beta = 10^\circ$



b. *Deadrise*, $\beta = 13^\circ$



c. *Deadrise*, $\beta = 18^\circ$

Gambar 5. Model 3D dengan 3 variasi *deadrise*, β

Tabel 6. Perbandingan ukuran pokok model kapal

Item	Satuan	10°	13° (existing)	18°
LWL	m	23,700	23,800	23,900
T	m	0,900	1,100	1,300
B	m	6,800	6	5,200
S	m ²	148	139	131
Cb	-	0,539	0,526	0,504
Cm	-	0,663	0,651	0,622
B/T	-	7,500	5,800	4,100
VCG	m	0,351	0,426	0,560
LCG	m	11,168	11,238	11,014

Pembuatan model kapal 3D dilakukan dengan bantuan *software* Maxsurf Modeler. Terdapat dua tambahan variasi *deadrise* β yaitu 10° dan 18° . Untuk mengetahui efek pengaruh *deadrise* terhadap stabilitas dan *seakeeping* maka *displacement* kapal dibuat tetap. Model 3D dengan 3 variasi *deadrise* dapat dilihat pada Gambar 5.

Agar *displsement* kapal tetap, maka ada beberapa perubahan pada ukuran pokok kapal. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Perhitungan Stabilitas Kapal: 1. *Software* Maxsurf Stability; 2. Metode Krylov

Perhitungan stabilitas kapal dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf Stability. Perhitungan dengan menggunakan Maxsurf Stability membutuhkan model kapal 3D, titik berat vertikal dan horizontal dan kondisi pembebanan. Hasil perhitungan ini akan dibandingkan dengan metode Krylov II.

Perhitungan RAO pada Gerakan *Heaving*, *Pitching*, dan *Rolling*

Perhitungan *seakeeping* dilakukan dengan bantuan *software* Maxsurf Motion. Ada beberapa data input pada perhitungan ini yaitu: kecepatan kapal, sudut *heading*, tinggi gelombang serta jenis spektrum gelombang. Sedangkan tipe analisis yang digunakan adalah *strip theory*. Dari data input akan diperoleh RAO untuk masing-masing gerakan kapal.

Output Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan stabilitas dan *seakeeping* akan dianalisis dan dibahas kemudian ditarik kesimpulan pada bagian selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

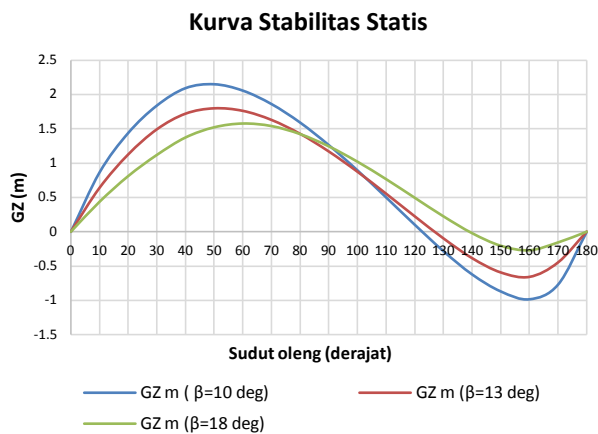
Analisis Stabilitas

Nilai GZ terhadap sudut oleng kapal untuk masing-masing model kapal dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 6. Berdasarkan perhitungan stabilitas, tiga variasi model memenuhi syarat kriteria stabilitas menurut IMO dan dapat dilihat

pada Tabel 8.

Tabel 7. Perbandingan nilai GZ tiap *deadrise*

Sudut	GZ 10°	GZ 13°	GZ 18°
0°	0	0	0
10°	0,867	0,638	0,436
20°	1,442	0,638	0,436
30°	1,842	1,490	1,118
40°	2,096	1,718	1,372
50°	2,153	1,796	1,520
60°	2,060	1,759	1,575
70°	1,864	1,627	1,538
80°	1,594	1,424	1,421
90°	1,265	1,167	1,243



Gambar 6. Perbandingan kurva lengan stabilitas statis tiap *deadrise*

Dari hasil perhitungan stabilitas kapal dengan variasi sudut *deadrise* dapat disimpulkan bahwa sudut *deadrise* 10° merupakan stabilitas terbaik disusul 13° dan 18°. Hal ini terjadi karena besar sudut *deadrise* 10° memiliki luasan lambung basah (S) lebih besar dari pada model lain meskipun pada masing-masing model memiliki *displacement* yang sama, karena semakin besar sudut *deadrise*

maka nilai S semakin kecil. Selain itu, model sudut *deadrise* 10° tersebut memiliki lebar kapal lebih besar dibandingkan model yang lain, yaitu 6,8 dan perbandingan B/T sebesar 7,5 (lihat Tabel 6).

Tabel 8. Hasil kriteria stabilitas untuk 3 model kapal

No.	Criteria	Value	$\beta:10^\circ$	$\beta:13^\circ$	$\beta:18^\circ$
1.	Area 0° to 30°	0,055 m.rad	0,573	0,443	0,317
2.	Area 0° to 40°	0,09 m.rad	0,919	0,725	0,536
3.	Area 30° to 40°	0,03 m.rad	0,346	0,282	0,218
4.	Max GZ at 30° or greater	0,200 m	2,156	1,797	1,575
5.	Angle of maximum GZ	25°	48,200	51,800	60,900
6.	Initial GMt	0,150 m	5,230	3,740	2,525

Tabel 9. Nilai GZ menggunakan metode Krylov II

Sudut	GZ 10° (m)
0°	0,000
10°	0,327
20°	0,844
30°	1,206
40°	1,417
50°	1,489
60°	1,469
70°	1,372
80°	1,225
90°	1,036

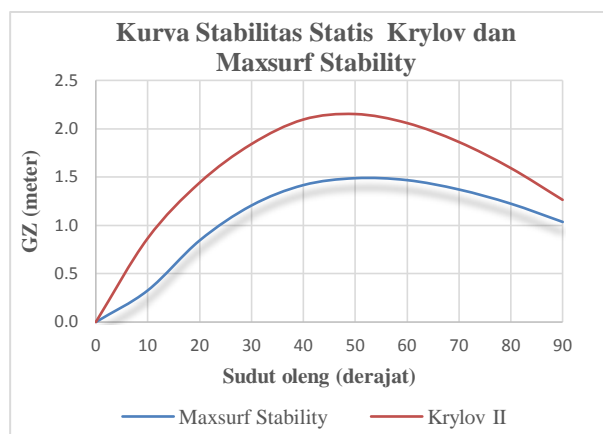
Hasil perhitungan stabilitas model $\beta = 10^\circ$ dengan menggunakan metode Krylov II dapat

dilihat pada Tabel 8 dan hasil kriteria stabilitas IMO Tabel 9.

Tabel 10. Hasil kriteria stabilitas metode Krylov II

No.	Criteria	Value	$\beta:10^\circ$
1.	Area 0° to 30°	0,055 m.rad	0,310
2.	Area 0° to 40°	0,090 m.rad	0,541
3.	Area 30° to 40°	0,030 m.rad	0,231
4.	Max GZ at 30° or greater	0,200 m	1,733
5.	Angle of maximum GZ	25°	50
6.	Initial GMt	0,150 m	5,230

Perbandingan hasil perhitungan stabilitas metode Krylov dengan bantuan *software* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7. Perbandingan perhitungan stabilitas kapal metode Krylov dan *software* Maxsurf Stability

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai GZ yang diperoleh dari perhitungan menggunakan *software* Maxsurf Stability lebih besar daripada perhitungan manual dengan menggunakan metode Krylov II. Tetapi kedua hitungan tersebut sama-sama melewati kriteria stabilitas menurut IMO.

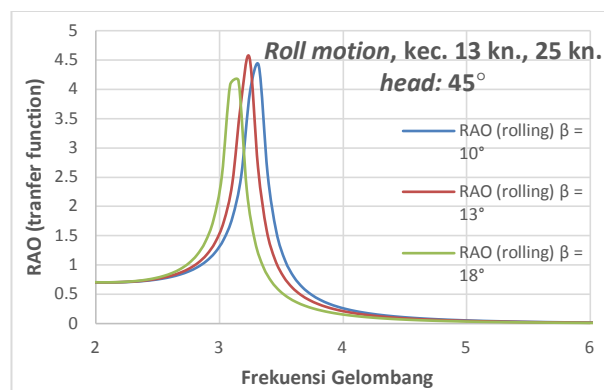
Analisis *Seakeeping*

Hasil dari perhitungan gerakan kapal dibagi menjadi tiga yaitu gerakan *heave*, *roll*, dan *pitch*. Di mana analisis gerakan dilakukan pada *heading*

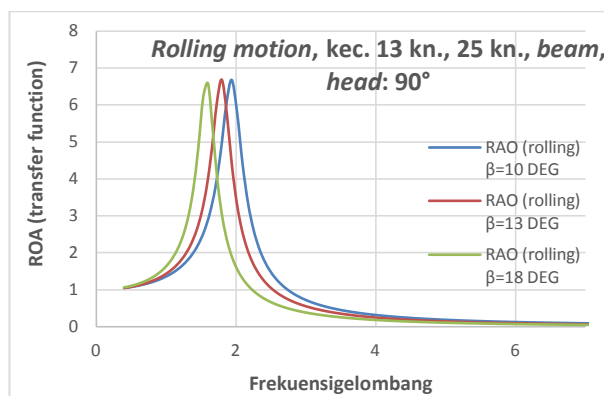
angle, kecepatan dan *sea state* yang telah ditentukan sebelumnya.

Gerakan *Roll*

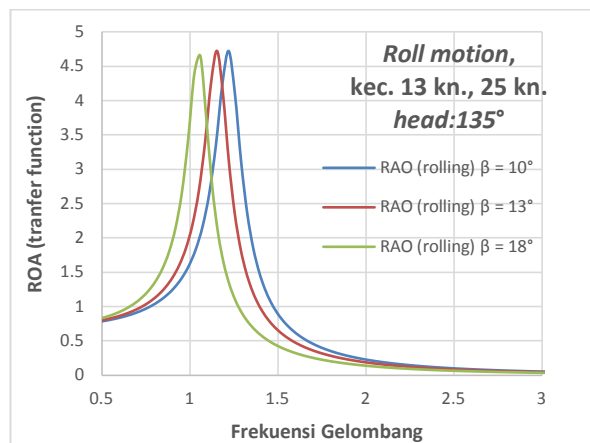
Perbandingan gerakan *roll* antara model kapal dengan besar sudut *deadrise* 10° , 13° , dan 18° dapat dilihat pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 10 berikut ini:



Gambar 8. Perbandingan RAO gerakan *roll* pada 3 model kapal dengan *heading* 45°



Gambar 9. Perbandingan RAO gerakan *roll* dengan *heading* 90°



Gambar 10. Perbandingan RAO gerakan *roll* dengan *heading* 135°

Gerakan *roll* pada 3 model *deadrise* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 11 berikut:

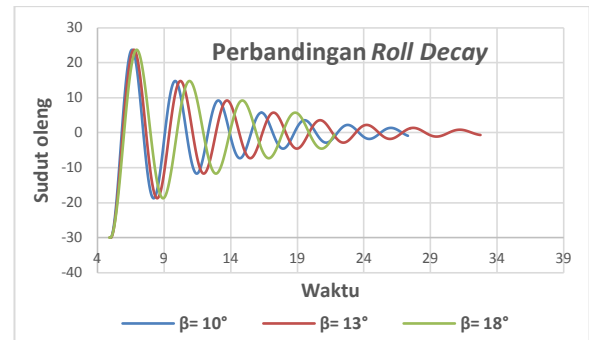
Tabel 11. Amplitudo gerakan *roll* pada *sea state* 4 dan $Fr_{0,84}$

β	Roll pada variasi head angle (deg)				
	0°	45°	90°	135°	180°
10°	0	6,56	15,15	4,53	0
13°	0	6,46	14,76	3,92	0
18°	0	6,31	13,89	2,91	0

Berdasarkan Gambar 8 sampai dengan Gambar 10 dapat disimpulkan bahwa gerakan *roll* maksimum untuk tiap model memiliki nilai yang hampir sama untuk sudut *heading* 90° dan 135°. Tetapi untuk sudut *heading* 45° RAO tertinggi berturut turut adalah model dengan sudut *deadrise* 13°, 10°, dan 18°. Sedangkan untuk frekuensi resonansi (RAO tertinggi) untuk model sudut *deadrise* 18° terjadi pada frekuensi gelombang yang lebih rendah, disusul model *deadrise* 13° dan 10°. Sebagai contoh untuk sudut *heading* 135°, frekuensi resonansi terjadi pada frekuensi gelombang 1,050, 1,150, dan 1,225 Hz untuk model dengan *deadrise* berturut-turut 18°, 13°, dan 10°. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa *deadrise* lebih berpengaruh terhadap gerakan *roll*, misalkan pada frekuensi rendah (periode gelombang besar) dengan demikian sudut elevasi gelombang landai, pada keadaan ini model dengan *deadrise* 18° memiliki gerakan lebih besar dari pada model *deadrise* lainnya. Hal ini disebabkan karena B/T dan luas permukaan basah yang lebih kecil yang diakibatkan oleh *deadrise* yang besar. Karena model *deadrise* 18° lebih responsif terhadap gelombang oleh karena itu frekuensi resonansinya lebih kecil dibandingkan model lain.

Tabel 11 dapat dilihat bahwa gerakan *roll* tertinggi terjadi pada model *deadrise* 10°, disusul 13° dan 18° untuk tiap-tiap sudut *heading*. Gerakan *roll* tertinggi pada sudut oleng 15,15° pada *heading* 90° dan model *deadrise* 10°.

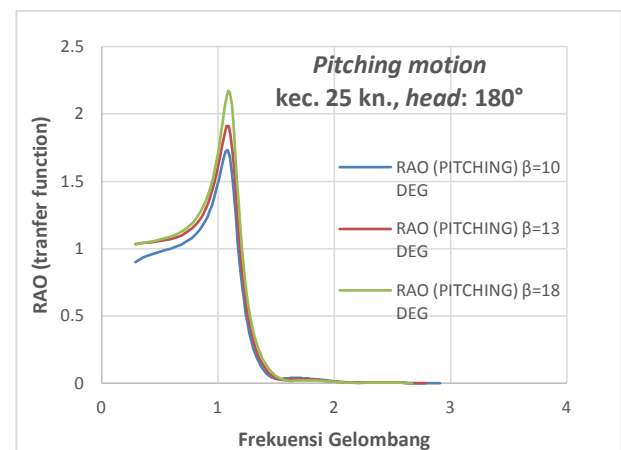
Perbandingan *roll decay* untuk masing-masing model *deadrise* dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini:



Gambar 11. Perbandingan *roll decay*

Roll decay pada simulasi ini dilakukan dengan sudut kemiringan kapal dibuat 30° dan model kapal dilepaskan (*release*). Berdasarkan Gambar 11 tersebut disimpulkan bahwa model kapal dengan sudut *deadrise* 10° memiliki *natural period* kecil disusul oleh *deadrise* 13° dan 18° dengan nilai berturut-turut 16,2 detik, 17,1 detik, dan 18,9 detik.

Gerakan Pitch



Gambar 12. Perbandingan RAO gerakan *pitch*

Hasil perhitungan Maxsurf Motion gerakan *pitch* pada masing-masing model *deadrise* dan sudut *heading* dapat dilihat pada Tabel 12 di mana gerakan tertinggi 2,93° pada model *deadrise* 18° dan *heading* 180°. Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa gerakan *pitch* terbesar terjadi pada model kapal dengan sudut *deadrise* 18° dengan sudut *heading* 180° dan diikuti oleh model

deadrise 13° dan 10°. Grafik RAO gerakan *pitch* pada sudut *heading* 180° dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 12. Amplitudo gerakan *pitch* pada *sea state* 4 dan Fr 0,84

β	Pitch pada variasi head angle (deg)				
	0°	45°	90°	135°	180°
10°	2,32	1,01	1,15	1,94	2,36
13°	2,26	0,98	1,25	2,19	2,61
18°	2,24	1,03	1,30	2,48	2,93

Berdasarkan Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa frekuensi resonansi pada masing-masing model memiliki nilai yang hampir sama yaitu 1,175 Hz frekuensi gelombang. Sedangkan nilai RAO tertinggi pada model *deadrise* 18°: 2.18, model *deadrise* 13°: 1.86 dan *deadrise* 10°: 1.72.

Gerakan Heave

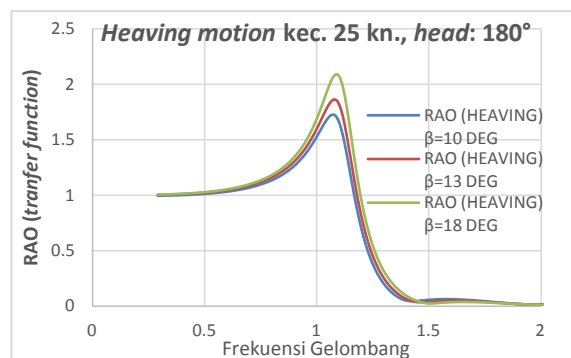
Hasil gerakan *heave* dapat dilihat pada Tabel 13 di mana gerakan *heave* paling besar adalah 0,438 m pada model *deadrise* 18° dan sudut *heading* 180°. Perbandingan grafik RAO gerakan *heave* pada sudut *heading* 180° dapat dilihat pada Gambar 13 berikut ini:

Tabel 13. Amplitudo gerakan *heave* pada *sea state* 4 dan Fr 0,84

β	Heave pada variasi head angle (m)				
	0°	45°	90°	135°	180°
10°	0,232	0,261	0,290	0,362	0,377
13°	0,228	0,264	0,301	0,388	0,402
18°	0,217	0,266	0,310	0,422	0,438

Berdasarkan Gambar 13 dapat disimpulkan bahwa frekuensi resonansi pada masing-masing model memiliki nilai yang hampir sama yaitu 1,080 Hz frekuensi gelombang. Sedangkan nilai RAO gerakan *heave* tertinggi pada model *deadrise* 18°: 2,100 m/m, model *deadrise* 13°: 1,860 m/m

dan *deadrise* 10°: 1,725 m/m. Jika dilihat dari nilai RAO gerakan *heave* ini memiliki nilai yang hampir sama dengan RAO gerakan *pitch*.



Gambar 13. Perbandingan RAO gerakan *heave*

KESIMPULAN

Sudut *deadrise planning hull* yang besar memberikan dampak negatif terhadap stabilitas. Hal ini dapat dilihat dari besar GM, luas di bawah kurva GZ dan juga kriteria stabilitas IMO. Sehingga stabilitas yang baik dihasilkan oleh model dengan *deadrise* 10°, disusul 13° dan 18°.

Hal ini berbeda terhadap *seakeeping*. Sudut *deadrise planning hull* yang besar akan meningkatkan olah gerak kapal baik gerakan *roll*, *pitch*, dan *heave*. Perbedaan yang besar ditunjukkan pada gerakan *roll* di mana terlihat frekuensi resonansi masing-masing *deadrise* berbeda (lihat Gambar 10) sedangkan untuk gerakan *pitch* dan *roll* memiliki frekuensi resonansi yang sama untuk masing-masing *deadrise* (lihat Gambar 12 dan Gambar 13). Berdasarkan pertimbangan di atas, maka *deadrise* yang dipilih pada penelitian ini adalah 13° dengan dasar pemilihan yaitu sudut 13° memberikan stabilitas lebih baik dari 18° dan juga memiliki *seakeeping* yang baik.

Pengaruh *froude number* terhadap *seakeeping* terjadi pada gerakan *pitch* dan *heave*. Pada sudut *heading* 180°, semakin besar *froude number* maka gerakan *pitch* dan *heave* lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Aryawan, W. D. & Putranto, T., 2018. The Hydrodynamics Performance of Aquaculture Fishing Vessel in Variation of Deadrise Angle



- and Sponson. *International Journal of Mechanical and Production*, 8(2), pp. 263-272.
- Blount, D. L. & Clement, E. P., 1963. Resistance Tests of a Systematic Series of Planing Hull Forms. *SNAME Transactions*, pp. 491-579.
- Luhulima, R. B., Setyawan, D. & Utama, I. K. A. P., 2014. *Selecting Monohull, Catamaran and Trimaran as Suitable Passenger Vessels based on Stability and Seakeeping Criteria*. Kuala Lumpur, Marine Technology Centre, pp. 262-266.
- Molland, A. F., Turnock, S. R. & Hudson, D. A., 2017. *Ship Resistance and Propulsion*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pranatal, E., 2020. *Pengaruh Sudut Deadrise terhadap Tahanan Planning Hull*. Surabaya, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, pp. 649-655.
- Putranto, T., Suastika, K. & Gunanta, J., 2016. Intact Stability Analysis of Crew Boat with Variation of Deadrise Angle. *The 2nd International Seminar on Science and Technology*, pp. 124-127.
- Rawson, K. J. & Tupper, E. C., 2001. *Basic Ship Theory Volume 1*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Semyonov-Tyan-Shansky, V., 1966. *Statics and Dynamics of the Ship*. Moscow: Peace Publishers.
- Sugiyarto, S., Sulisetyono, A. & Putranto, T., 2016. Analisis Tegangan pada Kapal Perang Tipe Corvette Akibat Beban Slamming. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), pp. G142-G147.

HALAMAN KOSONG