

Analisa Perbandingan Olah Gerak Kapal *Monohull* dan *Catamaran* pada Prototipe Kapal Unmanned Surface Vehicle(USV):Studi Kasus di Perairan Selat Singapura

Stheven Niclous H¹, Hendra Saputra 1 and Domi Kamsyah 2

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Kontruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: stheven272@email.com

Abstrak

Olah gerak kapal atau *seakeeping* merupakan aspek penting dalam kapal, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil olah gerak prototipe kapal USV antara *monohull* dan *catamaran*. Hal ini dipilih karena kedua jenis tipe lambung ini memiliki karakteristik yang berbeda. Spesifikasi lambung pada kapal *monohull* dan *catamaran* dalam penelitian ini adalah jenis variasi lambung *X-bow*, dengan konfigurasi melengkung ke depan seperti huruf X. *Seakeeping* adalah studi tentang bagaimana kapal merespon gaya eksternal dari kondisi laut, yang penting untuk keselamatan, efisiensi, dan kinerja kapal. Gerakan kapal dilaut meliputi tiga gerakan translasi (*surgings*, *swaying*, *heaving*) dan tiga gerakan rotasi (*rolling*, *pitching*, *yawing*). Analisis dalam penelitian ini menggunakan *software maxsurf motions* dengan menggunakan metode *strip theory* dan menggunakan parameter yang sudah ditetapkan untuk kebutuhan kapal ini sebelumnya. Dimana hasil *output* yang digunakan ialah grafik dari nilai RAO *pitch*, *heave*, dan *roll* kemudian data RMS dari *heave motion*, *pitch motion*, dan *roll motion*. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa model kapal *monohull* dengan jenis lambung *X-BOW* lebih efisien dibandingkan dengan model kapal *catamaran* dengan jenis lambung *X-BOW*.

Kata kunci: Olah Gerak Kapal, *monohull*, *catamaran*, *pitch*, *heave*, *roll*, *seakeeping*

Abstract

Seakeeping is an important aspect of a ship, this research aims to compare the seakeeping results of a prototype USV between a monohull and a catamaran. This was chosen because these two types of hull types have different characteristics. The hull specifications on monohull and catamaran vessels in this study are the X-bow hull variation type, with a forward curved configuration like the letter X. Seakeeping is the study of how a ship responds to external forces from sea conditions, which is important for safety, efficiency, and ship performance. Ship motions at sea include three translational motions (*surgings*, *swaying*, *heaving*) and three rotational motions (*rolling*, *pitching*, *yawing*). The analysis in this study uses maxsurf motions software using the strip theory method and uses parameters that have been set for the needs of this ship before. Where the output results used are graphs of pitch, heave, and roll RAO values and RMS data from heave motion, pitch motion, and roll motion. Headings of 0 degrees, the monohull has a pitch value of 1.10 degrees while the catamaran is 1.13 degrees, at headings of 90 degrees the monohull has a roll value of 2.65 degrees while the catamaran is 1.80 degrees, at headings of 180 degrees both ship models have the same value. The results of the analysis show that the monohull ship model with X-BOW hull type is more efficient than the catamaran ship model with X-BOW hull type.

Keywords: Ship Motion, *monohull*, *catamaran*, *pitch*, *heave*, *roll*, *seakeeping*

1. Pendahuluan

USV (*Unnamed Surface Vehicle*) merupakan kendaraan tak berawak yang dapat melakukan tugas di lingkungan tertentu tanpa campur tangan manusia dengan dinamika yang sangat *non-linier* [1]. Meskipun kendaraan permukaan air tak berawak (USV) telah ada sejak Perang Dunia II, namun baru pada tahun 1990-an munculnya proliferasi proyek yang sangat besar, hal ini sebagian disebabkan oleh kemajuan teknologi [2]. Pengembangan lebih lanjut pada teknologi USV diharapkan dapat membawa manfaat yang signifikan terhadap bidang maritim dalam aspek keselamatan staf, jangkauan operasional yang lebih luas, dan biaya pengoperasian yang lebih rendah.

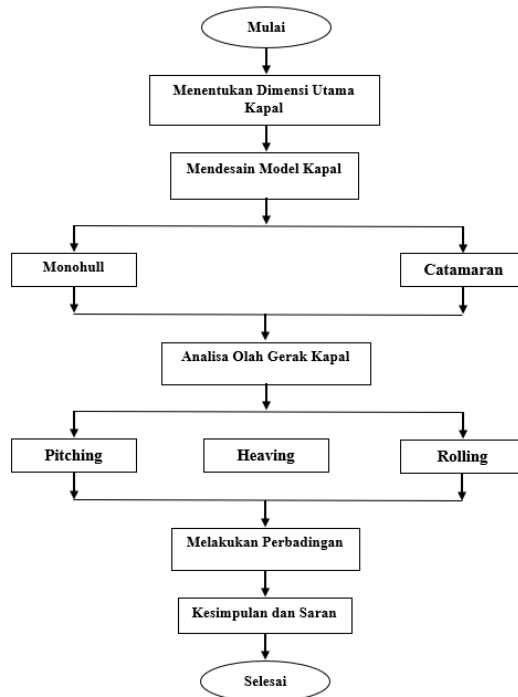
Olah gerak kapal atau *seakeeping* adalah gaya gerak kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya *eksternal* yang diakibatkan oleh kondisi air laut [3]. Ada enam macam gerakan kapal dilaut, yaitu tiga gerakan translasi (*Surging, Swaying, Heaving*) dan tiga gerakan rotasi (*Rolling, Pitching, Yawing*) namun demikian, gerakan yang dapat direspon oleh kapal hanya tiga gerakan, yaitu *Rolling, Pitching, dan Heaving*. Olah gerak kapal sangat penting dalam kapal karena memiliki pengaruh yang signifikan pada keselamatan, efisiensi operasional, dan kinerja kapal secara keseluruhan. Olah gerak kapal adalah studi tentang bagaimana kapal merespon gelombang air laut dan lingkungannya saat berlayar. Aspek yang dapat mengevaluasi olah gerak kapal adalah stabilitas kapal, keseimbangan, hidrodinamika, dan respon kapal. Standar kriteria *seakeeping* muncul karena adanya permasalahan dari aspek-aspek diatas, hingga pada akhirnya dilakukan penelitian terhadap olah gerak kapal yang dilakukan oleh *North Atlantic Treaty Organization (NATO) STANAG 4154* dan *Nordic Co-operative Organization for Applied Research (NORDFORSK)* [4].

Dalam penelitian ini diputuskan untuk membandingkan hasil dari olah gerak kapal antara *monohull* dan *catamaran* dikarenakan dua jenis tipe lambung tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Kapal *monohull* adalah kapal yang hanya memiliki lambung tunggal. Kapal dengan bentuk lambung ini mempunyai nilai stabilitas yang rendah dibandingkan dengan bentuk kapal *catamaran* dan *trimaran* sehingga kapal jenis ini mempunyai resiko yang paling besar untuk terbalik [5]. Kapal *multi-hull* atau yang biasa lebih dikenal dengan sebutan *catamaran* adalah kapal yang memiliki dua lambung. Kelebihan kapal ini jika dibandingkan dengan kapal lambung tunggal adalah pada hambatan yang lebih kecil, stabilitas yang tinggi dan juga dek yang lebih luas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan hasil dari olah gerak kapal mana yang paling baik antara *monohull* dan *catamaran* yang dioperasikan dengan gelombang perairan selat singapura dengan menggunakan acuan kriteria *seakeeping*.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah tahapan proses yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut: bentuk hull yang berbeda antara *monohull* dan *catamaran* yang akan dioperasikan diperairan selat singapura. Penelitian ini difokuskan untuk mencari hasil olah gerak kapal dengan acuan general criteria *seakeeping* yang dianalisis menggunakan software *maxsurf motions* dengan metode *strip theory*. Alur penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

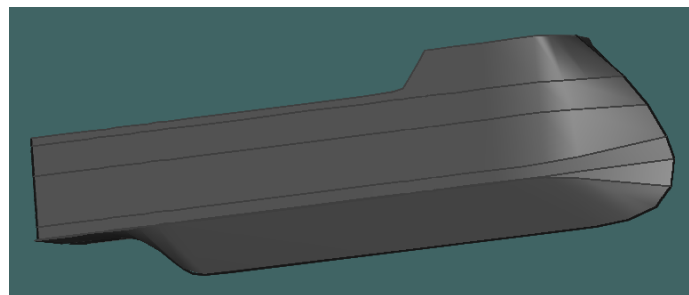


Gambar 1: Diagram Alir

Monohull adalah jenis kapal yang memiliki satu lambung utama, pada kapal jenis lambung *monohull* seluruh struktur kapal, termasuk lambung, dek, dan struktur lainnya, dibangun dalam satu unit yang utuh. Variasi bentuk lambung yang digunakan pada desain *monohull* dipenelitian ini adalah jenis variasi lambung *X-Bow*, dimana variasi lambung *X-Bow* tersebut adalah lambung yang melengkung kedepan seperti huruf x dengan konfigurasi *monohull*.

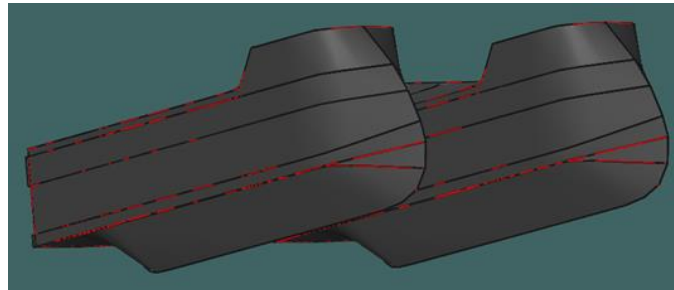
Tabel 1: Dimensi Kapal Monohull

MONOHULL	
LOA	1,9 M
LWL	1,887 M
B	0,25 M
H	0,5 M
T	0,19 M



Gambar 2: Model Kapal *Monohull*

Catamaran adalah jenis kapal yang memiliki dua lambung paralel yang terpisah oleh jembatan atau sebuah *platform*. Bentuk lambung *catamaran* dapat bervariasi tergantung pada desainnya dan aplikasi kapal tersebut. Desain lambung *catamaran* pada penelitian ini berasal dari lambung *monohull* dengan variasi bentuk lambung *X-Bow* yang juga digunakan untuk objek analisa pada penelitian ini yang kemudian menggunakan fitur *demihull* sehingga memiliki dua lambung paralel yang diberi jarak 0,75 m.



Gambar 3 : Model Kapal Catamaran

Tabel 2: Dimensi Kapal Catamaran

CATAMARAN	
LOA	1,9 M
LWL	1,887 M
B	1,25 M
H	0,5 M
T	0,19 M

Kriteria olah gerak kapal yang dianalisa pada penelitian ini adalah kriteria umum *seakeeping* dan kriteria *NORDFORSK*, 1987. Untuk kriteria umum *seakeeping* adalah kriteria yang mengacu pada data *pitch*, *roll*, dan *heave motion* sedangkan untuk kriteria *NORDFORSK* adalah kriteria yang mengacu pada tingkat akselerasi dibagian dek kapal dan juga mengacu pada tingkat kenyamanan manusia, dikarenakan pada penelitian ini adalah penelitian kapal tanpa awak sehingga tingkat kenyamanan pada *bridge* kapal tidak berpengaruh untuk kapal prototipe USV. Untuk parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

Operability Criteria By Nato Stanag

Tabel 3. Personnel Criteria Limits (NATO STANAG 4154) [4]

Recommended Criteria	Limit	Location	Applicable for Prototype USV (Yes/No)
Motion Sickness Incidence	20% of crew @ 4 hours	Task Location	No
Motion Induced Interruption	1hours/m	Task Location	No
Default Criteria	Root Mean Square (RMS)		
Roll	4°		Yes
Pitch	1,5°		Yes
Vertical acceleration	0,2 g	Bridge	No
Lateral acceleration	0,1 g	Bridge	No

Kriteria *Seakeeping* dari *Nato Stanag* ditemukan karena adanya permasalahan dalam kinerja kru angkatan laut selama desain penelitian, sehingga dilakukannya perencanaan program eksperimen pada simulator gerak kapal, kemudian dilakukannya pertemuan dari empat negara untuk melakukan penelitian terhadap permasalahan tersebut di *The New Orleans Bio Dynamics Laboratory* (NBDL) di Amerika Serikat.[4]

Seakeeping Criteria By Nordforsk 1987

Tabel 4. Seakeeping Criteria according to NORDFORSK 1987 [4]

General Operability	Marchant	Navy Vessels	Fast Small	Applicable for
---------------------	----------	--------------	------------	----------------

Limiting Criteria for Ships	Ship		Craft	Prototype USV (Yes/No)
RMS of vertical acceleration at FP	0,275 g	0,275	0,65 g	Yes
RMS of vertical acceleration at Bridge	0,15 g	0,20 g	0,275 g	No
RMS of lateral acceleration at Bridge	0,12 g	0,10 g	0,10 g	No
RMS of Roll	6°	4,0°		Yes
Probability of slamming	0,3	0,03	0,03	No
Probability of deck wetness	0,05	0,05	0,05	Yes
Criteria with regard to acceleration and roll	Vert. acc	Lat. acc	Roll	
Light manual work (RMS)	0,20 g	0,10 g	6,0°	No
Heavy manual work (RMS)	0,15 g	0,07 g	4,0°	No
Intellectual work (RMS)	0,10 g	0,05 g	3,0°	No
Transit passengers (RMS)	0,05 g	0,04 g	2,5°	No
Cruise liner (RMS)	0,02 g	0,03 g	2,0°	No

Tabel 4 menunjukkan Kriteria *Criteria Nordforsk* telah ditetapkan untuk batasan operasional umum untuk berbagai jenis kapal, sama dengan *Nato Stanag*, *Nordforsk* melakukan penelitian khusus untuk *seakeeping* untuk hal keamanan dan kinerja dari kapal, efisiensi, dan keberlanjutan dalam industri maritim.

Seakeeping Criteria By U.S. Coast Guard (USCG)

Tabel 5. Operability limiting criteria for ships according to USCG [4]

Criteria	Limit	Location	Applicable for Prototype USV (Yes/No)
Vertical acceleration	0,4 g (SSA)	FP	Yes
Vertical acceleration	0,2 g (SSA)	Bridge	No
Lateral acceleration	0,2 g (SSA)	Bridge	No
Motion Sickness Incidence (MSI)	5% in a 30-minute exposure	Task location	No
Motion Induced Interruptions (MII)	2,1 tip per minute	Task location	No
Roll	8,0° (SSA)		Yes
Pitch	3,0° (SSA)		Yes

Tabel 5 menunjukkan bahwa kriteria USCG Berbeda dengan *Nordforsk* dan *Nato Stanag* yang menggunakan RMS USCG menggunakan satuan *single significant amplitude* (SSA).

Seakeeping Criteria By Tasaki

Tabel 6. Operability Limiting Criteria for Ships according to Tasaki [4]

Criteria	Limit	Location	Applicable for Prototype USV (Yes/No)
Vertical acceleration	0,80 g	FP	Yes
Lateral acceleration	0,60 g	Bridge	No
Roll	25°		Yes
Slamming (probability)	0,01		No
Deck wetness (probability)	0,01		Yes
Propeller Emergency (probability)	0,1		No

Tabel 6 menunjukkan bahwa Kriteria Tasaki menunjukkan batasan operabilitas untuk kapal, yang melibatkan terjadinya probabilitas *slamming*, *deck wetness*, dan kerusakan pada propulsi

Dimana arti dari setiap parameter yang ada sebagai berikut:

a) *Pitch Motion*

Pitching adalah gerakan kapal yang memutar sumbu Y, ketika terjadi *pitching* kapal mengalami perubahan *trim* bagian *bow* dan *stern* secara bergantian. Untuk memenuhi kriteria umum *seakeeping* pada hasil analisa *pitch motion* digunakan persamaan berikut;

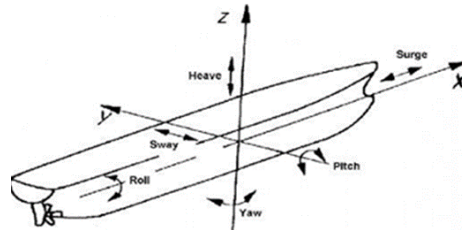
b) *Roll Motion*

Rolling adalah gerakan kapal yang mengelilingi sumbu X, ketika terjadi *rolling* bagian sisi kanan

kapal bergerak ke sebelah bagian sisi kiri kapal yang terulang secara bergantian. Untuk memenuhi kriteria umum *seakeeping* pada hasil analisa *roll motion* digunakan persamaan berikut;

c) *Heave Motion*

Heaving adalah gerakan kapal yang sejajar sumbu Z dan saat terjadi *heaving* kapal mengalami naik turun secara vertikal. Untuk memenuhi kriteria umum *seakeeping* pada hasil *heave motion* digunakan persamaan berikut;



Gambar 4 : Gerakan Translasi dan Rotasi Kapal

Sumber : [6]

3. Analisa Data dan Pembahasan

Analisa Perhitungan Seakeeping Monohull

Parameter yang digunakan dalam analisis di *maxsurf motions* adalah sebagai berikut:

a) *Speed*

Penentuan pada kecepatan kapal ditetapkan karena kebutuhan operasional kapal pada lingkungan kapal yang nanti nya digunakan dan performa dari sistem propulsi kapal tersebut.

b) *Headings*

Headings merupakan besar sudut yang dibentuk oleh arah gerak kapal dengan arah gerak gelombang, dalam analisa ini untuk mendapatkan hasil *output* dari *seakeeping* maka diambil tiga jenis *headings*

- *Head Seas*, dimana dalam jenis *heading* ini ialah arah gerak kapal melawan arah gerak gelombang atau laju kapal melawan arus dan membentuk sudut 180°
- *Beam Seas*, dimana dalam jenis *heading* ini ialah arah gerak gelombang atau arus menghantam sisi bagian samping kapal dan membentuk sudut 90°
- *Following Seas*, dimana dalam jenis *heading* ini arah gerak kapal mengikuti arah gerak gelombang atau laju kapal mengikuti arus dan membentuk sudut 0°

c) *Wave Spectrum*

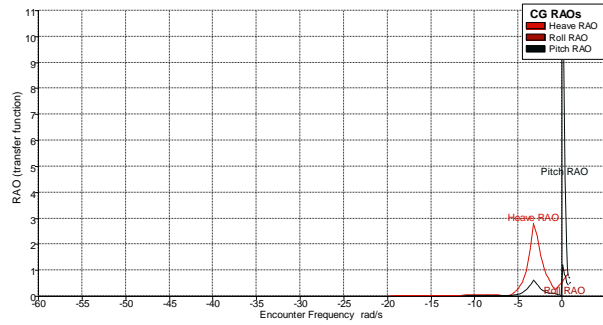
Wave spectrum adalah gambaran distribusi dari energi gelombang seperti ketinggian gelombang, kecepatan angin, dan frekuensi gelombang. *Wave Spectrum* yang digunakan pada analisa ini adalah *Pierson Moskowitz*.

d) *Irregular wave surface*

Irregular wave surface ialah pola gelombang yang tidak beraturan dan dihitung berdasarkan spektrum gelombang yang dipilih

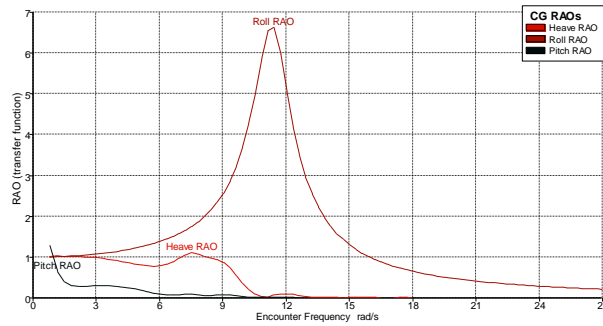
Dari parameter yang sudah ada dan dilakukan nya analisa pada software didapatkan lah hasil sebagai

berikut:



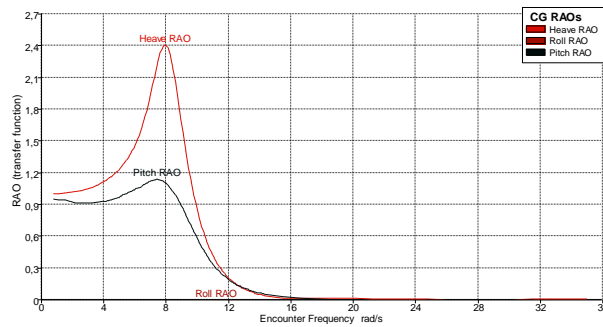
Gambar 5 : RAO Heave, Pitch, Roll Monohull Heading 0°

Gambar 5 memperlihatkan RAO gerakan *heave*, *pitch*, *roll*. Dimana pada sudut gelombang 0° RAO *heave* 0,525 dan *ecounter frequency* sekitar -0,003 rad/s, RAO *pitch* 0,447 dan *ecounter frequency* sekitar -0,003 rad/s, dan RAO *roll* 0 dan *ecounter frequency* sekitar -0,003 rad/s



Gambar 6 : RAO Heave, Pitch, Roll Monohull Heading 90°

Gambar 6 memperlihatkan RAO gerakan *heave*, *pitch*, *roll*. Dimana pada sudut gelombang 90° RAO *heave* 1.022 dan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, RAO *pitch* 1.273 dan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, dan RAO *roll* 1.005 dan *ecounter frequency* 0,000 rad/s



Gambar 7 : RAO Heave, Pitch, Roll Monohull Heading 180°

Gambar 7 memperlihatkan RAO gerakan *heave*, *pitch*, *roll*. Dimana pada sudut gelombang 180° RAO *heave* 1.001 dan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, RAO *pitch* 0,952 dan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, dan RAO *roll* 0 dan *ecounter frequency* 0,000 rad/s

Tabel 7. Nilai RMS Monohull dari tiga Headings

Headings	RMS Roll	RMS Pitch	RMS Heave	Ver Acc at FP
0°	0°	1,10°	0,136 m	0,159
90°	2,65°	0,79°	0,141 m	0,317
180°	0°	1,67°	0,140 m	3,035

Tabel 7 memperlihatkan nilai hasil analisa dari data RMS *monohull* dari 3 *headings* yang berbeda, dan

speed yang sama dan mendapatkan hasil sebagai berikut:

Analisa Perhitungan Seakeeping *Catamaran*

Parameter yang digunakan dalam analisis di maxsurf motions adalah sebagai berikut:

a) *Speed*

Penentuan pada kecepatan kapal ditetapkan karena kebutuhan operasional kapal pada lingkungan kapal yang nantinya digunakan dan performa dari sistem propulsi kapal tersebut.

b) *Headings*

Headings merupakan besar sudut yang dibentuk oleh arah gerak kapal dengan arah gerak gelombang, dalam analisa ini untuk mendapatkan hasil *output* dari *seakeeping* maka diambil tiga jenis *headings* yaitu

- *Head Seas*, dimana dalam jenis *heading* ini ialah arah gerak kapal melawan arah gerak gelombang atau laju kapal melawan arus dan membentuk sudut 180° .
- *Beam Seas*, dimana dalam jenis *heading* ini ialah arah gerak gelombang atau arus menghantam sisi bagian samping kapal dan membentuk sudut 90° .
- *Following Seas*, dimana dalam jenis *heading* ini arah gerak kapal mengikuti arah gerak gelombang atau laju kapal mengikuti arus dan membentuk sudut 0° .

c) *Wave Spectrum*

Wave spectrum adalah gambaran distribusi dari energi gelombang seperti ketinggian gelombang, kecepatan angin, dan frekuensi gelombang. *Wave Spectrum* yang digunakan pada analisa ini adalah *Pierson Moskowitz*.

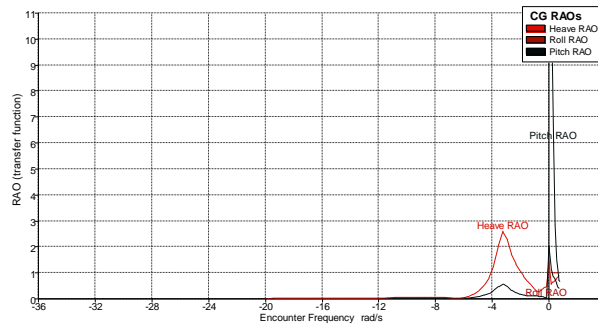
d) *Irregular wave surface*

Irregular wave surface ialah pola gelombang yang tidak beraturan dan dihitung berdasarkan spektrum gelombang yang dipilih

e) *Demihull*

Demihull adalah suatu hal yang mengacu pada lambung dengan dua lambung yang dihubungkan dengan struktur *bridging*. Struktur *bridging* ini merupakan suatu keuntungan karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*), sehingga kemungkinan terjadinya deck wetness dapat dikurangi.

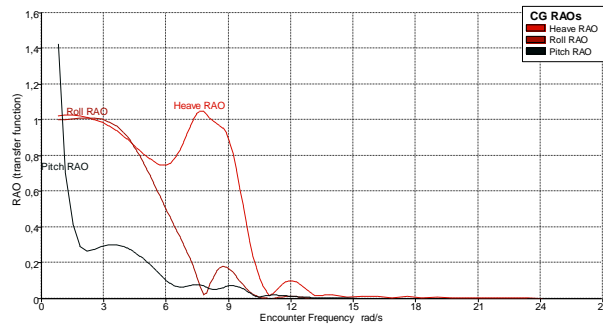
Dari parameter yang sudah ada dan dilakukannya analisa pada software didapatkanlah hasil sebagai berikut:



Gambar 8 : RAO Heave, Pitch, Roll Monohull Heading 0°

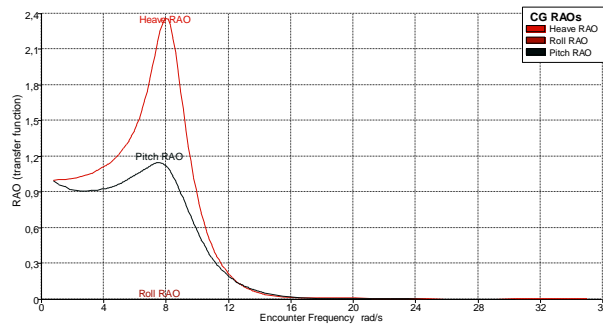
Gambar 8 menunjukkan bahwa dalam kondisi *heading* 0° RAO gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll*. Hasil *heave* didapatkan 1.400 dengan *encounter frequency* 0,000 rad/s, dan *pitch* didapatkan 1.923 dengan *encounter*

frequency 0,000 rad/s, dan roll didapatkan 0 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s



Gambar 9: RAO Heave, Pitch, Roll Monohull Heading 90°

Gambar 9 menunjukkan bahwa dalam kondisi *heading* 90° RAO gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll*. Hasil *heave* didapatkan 1.025 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, dan *pitch* 1.425 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, dan *roll* 1.000 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s



Gambar 10: RAO Heave, Pitch, Roll Monohull Heading 180°

Gambar 10 menunjukkan bahwa dalam kondisi *heading* 180° RAO gerakan *heave*, *pitch*, dan *roll*. Hasil *heave* didapatkan 1.002 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, dan *pitch* didapatkan 0,993 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s, dan *roll* didapatkan 0 dengan *ecounter frequency* 0,000 rad/s

Tabel 8. Nilai RMS Monohull dari tiga Headings

Headings	RMS Roll	RMS Pitch	RMS Heave	Ver Acc at FP
0°	0°	1,13°	0,136 m	0,160
90°	1,80°	0,85°	0,141 m	0,306
180°	0°	1,67°	0,140 m	3,049

Tabel 8 memperlihatkan nilai hasil analisa dari data RMS *catamaran* dari 3 *headings* yang berbeda, dan *speed* yang sama dan mendapatkan hasil sebagai berikut:

Applicable Criteria dan Perbandingan Monohull dan Catamaran

Tabel 9. Nilai perbandingan RMS dari Catamaran dan Monohull

Criteria	Nordforsk	Nato Stanag	Result					
			Monohull			Catamaran		
			0 deg	90 deg	180 deg	0 deg	90 deg	180 deg
Vertical acceleration at FP	0,65 g	0,65 g	0,159	0,317	3,035	0,160	0,306	3,049
Roll	4,0°	4,0°	0°	2,65°	0°	0°	1,80°	0°
Pitch	1,5°	1,5°	1,10°	0,79°	1,67°	1,13°	0,85°	1,67°
Heave	-	-	0,136 m	0,141 m	0,140 m	0,136 m	0,141 m	0,140 m

Tabel 9 menunjukkan perbandingan dari data RMS dari kedua kapal yaitu *catamaran* dan *monohull* yang

kemudian di masukan untuk mengetahui apakah memenuhi standar dari kriteria

4. Kesimpulan

Hasil analisa menggunakan *software maxsurf motions* yang telah dilakukan yaitu dengan tiga kali perubahan sudut gelombang (0° , 90° , 180°), *speed* lima knot, tinggi gelombang 0,55 m, maka didapatkan hasil sebagai berikut Nilai RMS *heaving* terbesar terjadi pada *headings* 90 derajat pada jenis kapal *monohull* dan *catamaran* Nilai RMS *rolling* terbesar terjadi pada *headings* 90 derajat pada jenis kapal *monohull* nilai RMS *pitching* terbesar terjadi pada *headings* 180 derajat pada jenis kapal *monohull* dan *catamaran* nilai RAO *heaving* terbesar terjadi pada *headings* 90 derajat pada jenis kapal *catamaran* nilai RAO *rolling* terbesar terjadi pada *headings* 90 derajat pada jenis kapal *catamaran* nilai RAO *pitching* terbesar terjadi pada *heading* 0 derajat pada jenis kapal *catamaran*. Disimpulkan bahwa dari hasil keseluruhan yang telah didapatkan melalui hasil analisa melalui *software*, bahwa kapal prototype *monohull* jenis lambung *X-BOW* lebih efisien dalam *seakeeping* dibandingkan dengan kapal *prototype catamaran* dengan jenis lambung *X-BOW*.

5. Daftar Pustaka

- [1] C. Barrera, I. Padron, F. S. Luis, O. Llinas, dan G. N. Marichal, "Trends and challenges in unmanned surface vehicles (Usv): From survey to shipping," *TransNav*, vol. 15, no. 1, hal. 135–142, 2021, doi: 10.12716/1001.15.01.13.
- [2] V. Bertram, "Unmanned Surface Vehicles – A Survey," *Ski. Selsk. Copenhagen, Denmark*, hal. 1–14, 2008, [Daring]. Tersedia pada: [http://www.skibstekniskelskab.dk/public/dokumenter/Skibsteknisk/Download materiale/2008/10 marts 08/USVsurvey_DTU.pdf](http://www.skibstekniskelskab.dk/public/dokumenter/Skibsteknisk/Download%20materiale/2008/10%20marts%2008/USVsurvey_DTU.pdf)
- [3] B. Setyawan, D. Chrismianto, S. Jokosisworo,) Laboraturium, P. Kapal, dan D. Komputer, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisa Pengaruh Perubahan Hullform Terhadap Motion Sickness Incidence (MSI) Pada Kapal Ro-Ro 500 GT," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, hal. 800, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [4] Jamal, A. Sulisetyono, dan W. D. Aryawan, "Review of the seakeeping criteria for the study of a passenger ship criteria in Indonesian water," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 982, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/982/1/012041.
- [5] J. Siagian, I. N. P. Apriyanto, dan K. Djenod, "Studi Literatur: Performa Model Kapal Bentuk Monohull, Katamaran Dan Trimaran," *Citiz. J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 2, no. 3, hal. 411–418, 2022, doi: 10.53866/jimi.v2i3.102.
- [6] J. Erlangga, "Studi Analisa Perbandingan Hambatan dan Stabilitas Kapal Penyeberangan Tipe Lambung Monomaran dengan Catamaran Jalur Pelayaran Lembar NTB ke Padang Bai Bali.," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 2, hal. 316–325, 2018.