



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Kedalaman, Arus, Serta Tinggi Gelombang Perairan Terhadap Olah Gerak Kapal

Hafidh Ivandri¹, Imam Pujo Mulyatno¹, Kiryanto¹

¹Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : hafidh.ivandri@gmail.com

ABSTRAK

Seakeeping adalah kemampuan kapal untuk tetap bertahan di atas gelombang. Kemampuan olah gerak kapal sangat dipengaruhi oleh factor - factor luar dari kapal yang berkaitan dengan keadaan laut dan perairan dimana kapal berlayar[1]. Perhitungan *seakeeping* dengan bermacam-macam variasi kedalaman, arus serta tinggi gelombang diperlukan untuk alasan *safety* kapal saat berlayar. Pada perhitungan *seakeeping* menggunakan teori strip linear untuk menghitung respon gerakan *heaving* dan *pitching* sedangkan *roll damping theory* untuk gerakan *rolling*. Pada penelitian ini dilakukan analisa perbandingan variasi kedalaman perairan 10 T, 15 T dan 20 T (T = *draft* kapal), tinggi gelombang perairan 0,5 m, 1 m, 1,5 m dan 2 m serta variasi arus dengan kecepatan 1 m/s dengan variasi kedalaman arus 10 T, 15 T dan 20 T guna mengetahui pengaruh variasi tersebut terhadap olah gerak kapal. Permodelan dilakukan dengan *software Delftship* kemudian menggunakan *software ANSYS AQWA Hydrodynamic Diffraction* dan *Hydrodynamic Time Response* guna mendapatkan *Response Amplitude Operator* (RAO) dari masing-masing kondisi variasi. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan variasi tinggi gelombang 0.5 m, 1 m dan 1,5 m 2 m pada kedalaman 10 T sampai kedalaman 15 T tidak ada perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS) *Motion* dan *Acceleration* yang signifikan, sedangkan pada kedalaman 20 T sampai kedalaman 15 T nilai RMS untuk *Roll Motion* naik sebesar 0.131%, nilai *Heave Motion* 0.010%, nilai *Pitch Motion* 0,021% ,nilai *Heave Acceleration* 0.014% dan nilai *Pitch Acceleration* 0.028%. Kemudian untuk analisa pengaruh arus terhadap olah gerak kapal dari hasil penelitian ini dapat diketahui nilai H_s untuk masing-masing kondisi memiliki nilai terbesar pada Arus dengan kedalaman 10 T yaitu *Rolling* = 0.32°, *Pitching* = 0.11° dan *Heaving* = 0.08 m, sedangkan nilai terendah pada Arus dengan kedalaman 20 T yaitu *Rolling* = 0.03°, *Pitching* = 0.04°, dan *Heaving* = 0,04 m.

Kata kunci : *Seakeeping, Water depth, Current, Response Amplitude Operator*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana ditiap-tiap daerah memiliki kondisi perairan yang berbeda-beda seperti perairan dangkal maupun dalam, arus dengan aliran yang berbeda-beda, dan tinggi gelombang perairan yang memiliki berbagai variasi. Hal –hal tersebut

merupakan aspek yang mempengaruhi kinerja olah gerak kapal atau yang dikenal dengan istilah *seakeeping*[2].

Seakeeping sebagai indikasi teknis pengoperasian adalah merupakan suatu subyek yang cukup luas, yang meliputi gerakan sistem terapung (amplitude, percepatan, phase), kebasahan geladak (*deck wetness*), hempasan

gelombang (*slamming*), beban-beban hidrodinamis. (tekanan, gaya, momen) dan sebagainya.

Begitu juga dengan arus perairan akan mempengaruhi kinerja olah gerak kapal, pengaruh dari arus tersebut akan membawa kapal kekedudukan yang merupakan garis hasil (*resultane*) antara gaya pendorong dan arah serta kekuatan arus. Arus akan sangat mempengaruhi badan kapal khususnya jika arus bergerak secara melintang terhadap kapal[3].

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan Nilai RMS *Heaving*, *Pitching* dan *Rolling* pada tiap variasi tinggi gelombang dan kedalaman perairan ?
2. Apakah nilai RMS *Motion*, *Velocity* dan *Accrelation* pada tiap-tiap variasi memenuhi standar kriteriaan NORDFORSK 1987?
3. Bagaimana nilai Hs *Rolling*, *Heaving* dan *Pitching* dengan variasi arus yang berbeda-beda?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Data-data kapal menggunakan data kapal Sunship Eurocoaster *Container Ship*.
2. Tidak terdapat analisa *manouverbility* dalam penelitian ini.
3. Proses desain permodelan kapal menggunakan software Delftship
4. Analisa olah gerak kapal pada tugas akhir ini menggunakan software Maxsurf Motion
5. Analisa pengaruh arus pada analisa ini menggunakan software ANSYS AQWA
6. Spektrum karakteristik yang digunakan adalah JONSWAP
7. Kecepatan kapal yang digunakan dalam analisa adalah kecepatan penuh kapal yaitu 12 knot
8. Sudut heading yang digunakan dalam analisa adalah 90 derajat dan 180 derajat

9. Pemeriksaan terkait dengan baik atau tidaknya serta memenuhi atau tidaknya olah gerak suatu kapal mengacu pada NORDFORSK 1987.

10. Hasil akhir dari penelitian ini adalah didapat hasil analisa olah gerak kapal pada kedalaman perairan, tinggi gelombang perairan serta arus perairan terhadap olah gerak kapal

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan perbandingan Nilai RMS *Heaving*, *Pitching* dan *Rolling* pada tiap variasi tinggi gelombang dan kedalaman perairan.
2. Mengetahui nilai RMS *Motion*, *Velocity* dan *Accrelation* pada tiap-tiap variasi memenuhi standar kriteriaan NORDFORSK 1987 atau tidak.
3. Mengetahui nilai Hs *Rolling*, *Heaving* dan *Pitching* dengan variasi arus yang berbeda-beda.

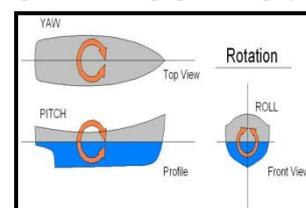
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Olah Gerak Kapal

Saat kapal beroperasi di laut, kapal akan dipengaruhi oleh gelombang dan angin yang dapat mengganggu pergerakan kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan prediksi olah gerak kapal di laut lepas untuk mengetahui respon kapal saat mendapat gangguan dari luar

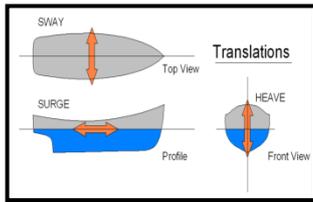
Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling*, *heaving*, *pitching*. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi: *rolling*, *pitching*, *yawing*



Gambar 1. Macam gerak kapal rotasi

2. Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi: *surging, swaying, heaving*



Gambar 2. Macam gerak kapal translasi

2.2 Gerakan Kapal

2.2.1. Gerakan Heaving

Persamaan umum kapal pada kondisi heaving

$$a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_0 \cos \omega t \dots\dots\dots (1)$$

Inertial Force $F_a = - a\ddot{z}$

Damping Force $F_b = b\dot{z}$

Restoring Force $F_c = cz$

Exciting Force $F = F_0 \cos \omega t$

2.2.2 Gerakan Pitching

Persamaan umum kapal pada kondisi pitching

$$d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = M_0 \cos \omega t \dots\dots\dots (2)$$

Inertial Moment $d \frac{d^2\theta}{dt^2}$

Damping moment $e \frac{d\theta}{dt}$

Restoring moment $h\theta$

Exciting moment $M_0 \cos \omega t$

2.2.3 Gerakan Rolling

Persamaan umum kapal pada kondisi rolling

$$a \frac{d^2\phi}{dt^2} + a \frac{d\phi}{dt} + c \phi = M_0 \cos \omega t \dots\dots\dots (3)$$

Inertial Moment $a \frac{d^2\phi}{dt^2}$

Damping moment $a \frac{d\phi}{dt}$

Restoring moment $c \phi$

Exciting moment $M_0 \cos \omega t$

2.3 Respons Amplitude Operator

RAO juga disebut sebagai Transfer Function karena RAO merupakan alat untuk

mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur (Chakrabarty, 1987).

Bentuk umum dari persamaan RAO dalam fungsi frekuensi adalah sebagai berikut :

$$S\phi(\omega e) = S\zeta(\omega e) |H(\omega e)|^2 \dots\dots (4)$$

$$S\phi = S\zeta(\omega e) \left[\frac{\phi a}{S\zeta} \right]^2 \dots\dots (5)$$

$$RAO = \left(\frac{\text{amplitudo respon gerakan}}{\text{amplitudo gelombang}} \right)^2 = \left(\frac{\phi a}{S\zeta} \right)^2 \dots\dots\dots (6)$$

dimana,

$S\zeta(\omega e)$: Fungsi densitas spectrum gelombang [m²-det]

$S\phi(\omega e)$: Fungsi densitas spectrum respon gerakan [m²-det]

$S\phi$: Spektrum respon gerakan [m]

$|H(\omega e)|^2$: Response Amplitude Operator (RAO)

Φa : Amplitudo respon gerakan [m] atau [deg]

ζa : Amplitudo gelombang [m]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Kapal

Merupakan data kapal yang digunakan dalam penelitian, pada penelitian kapal yang digunakan adalah kapal jenis *container ship* Sunship Eurocoaster. Berikut data ukuran utama kapal :

Length Over All (LOA) : 89,60 m

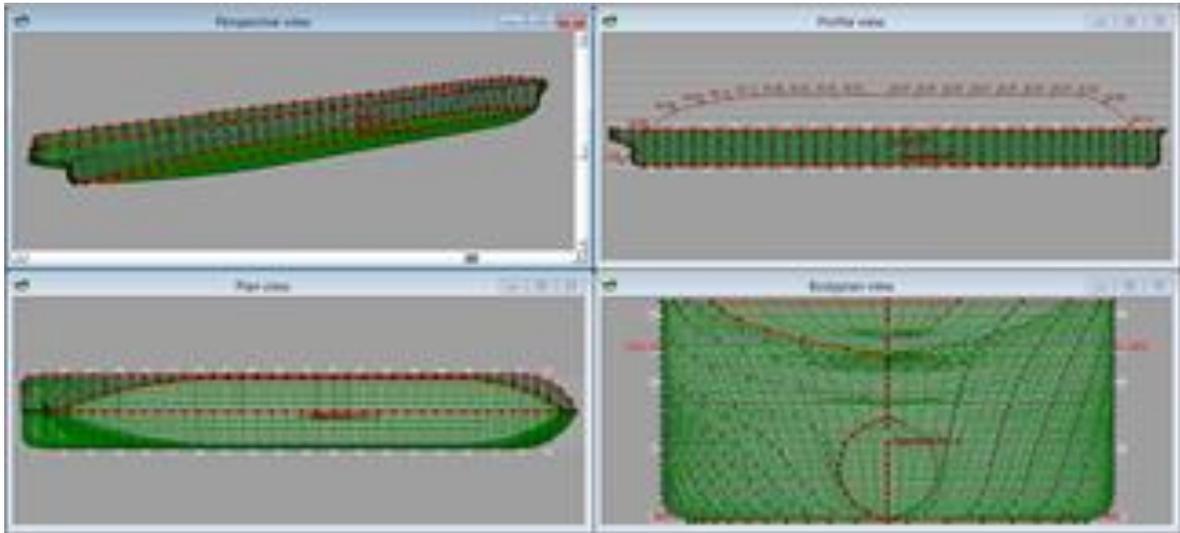
Length between Perpendiculars : 84,60 m

Breadth (B) : 11,65 m

Depth (H) : 5,80 m

Draft (T) : 4,40 m

Speed (Vs) : 12,00 Knot



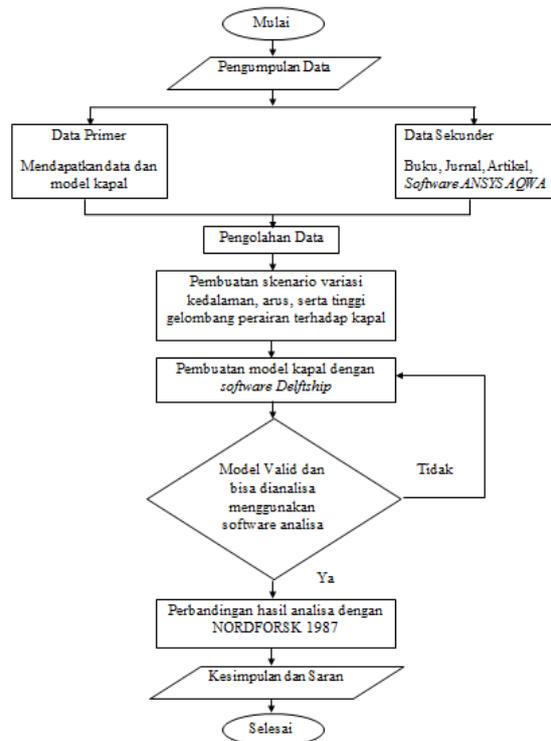
Gambar 3. Permodelan dengan *delftship*

3.2 Pengolahan Data

Permodelan kapal pada penelitian ini menggunakan *delftship* dan untuk analisa olah gerak kapal menggunakan *maxsurf motion advanced* sedangkan untuk analisa pengaruh arus terhadap gerakan kapal menggunakan *hydrodynamic time response*. Kemudian setelah didapat hasil nilai RMS dari software, dilakukan perhitungan manual olah gerak kapal menggunakan excel untuk mengetahui selisih perhitungan antara software dan perhitungan manual, lalu dilakukan validasi *seakeeping* kriteria hasil penelitian dengan NORDFORSK 1987.

3.3. Diagram Alir

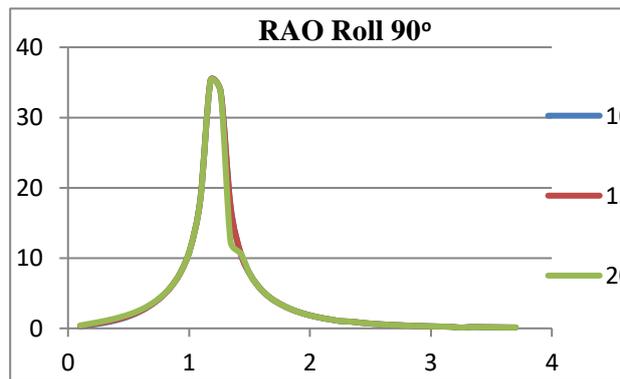
Diagram alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



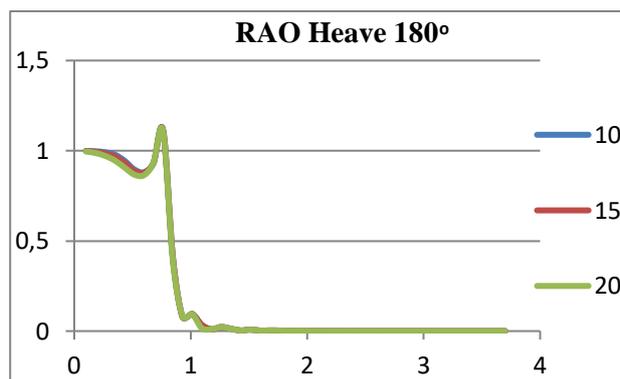
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini perhitungan olah gerak kapal dilakukan menggunakan software ANSYS AQWA *Hydrodynamic Diffraction* dan *Hydrodynamic Time Response*. Untuk variasi tinggi gelombang serta kedalaman perairan, mengacu pada kondisi perairan Indonesia, dari acuan tersebut diambil variasi tinggi gelombang 0,5 m, 1 m, 1,5 m dan 2 m (berdasarkan *sea state WMO*) sedangkan untuk kedalaman perairan adalah 10 T, 15 T dan 20 T, sedangkan untuk variasi arus menggunakan arus dengan kecepatan 1 m/s serta kedalaman arus 10 T, 15 T dan 20 T.

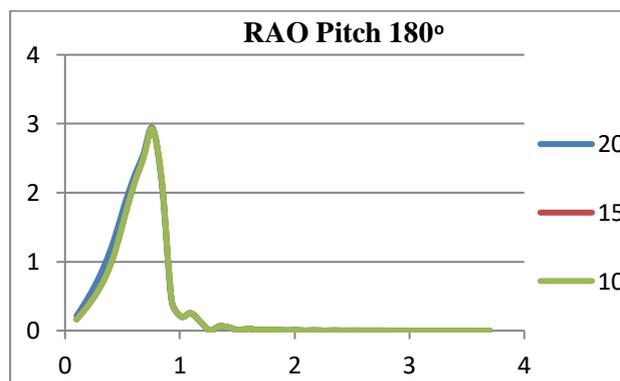
Hasil analisa dari *software* yang digunakan adalah berupa frekuensi dan RAO pada masing-masing kondisi. Berikut adalah grafik RAO pada masing-masing kondisi yang telah di analisa.



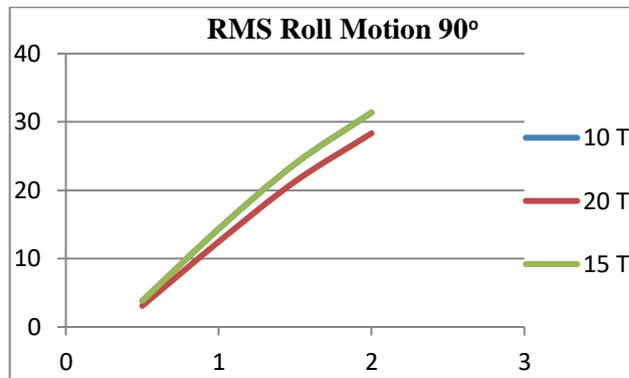
Grafik 4.1. RAO Rolling 90°



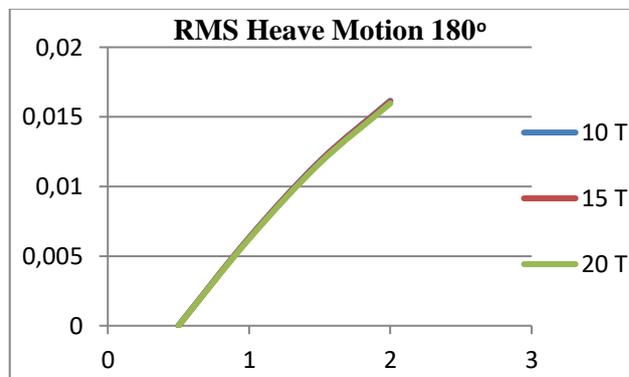
Grafik 4.2. RAO Heaving 180°



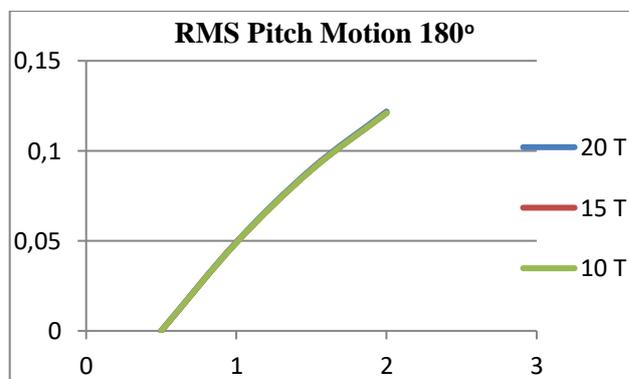
Grafik 4.3. RAO Pitch 180°



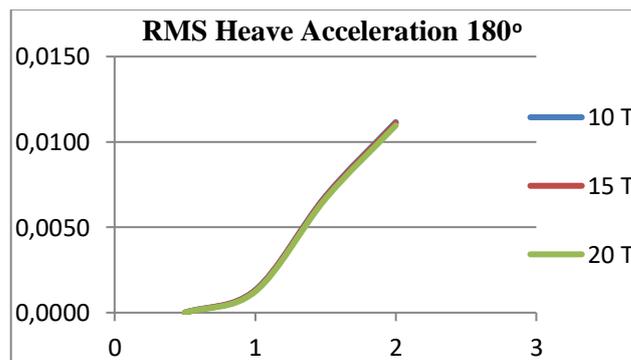
Grafik. 4.4 RMS Rolling 90°



Grafik. 4.5 RMS Heaving 180°

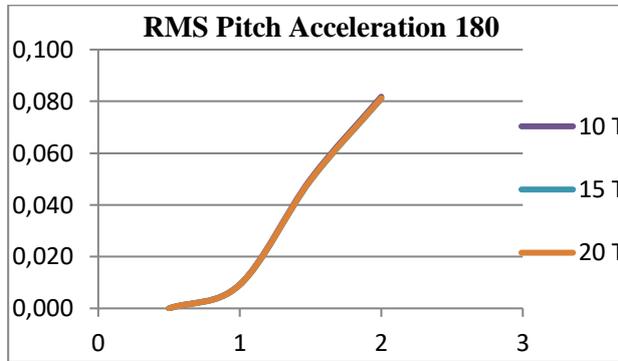


Grafik. 4.6 RMS Pitch 180°

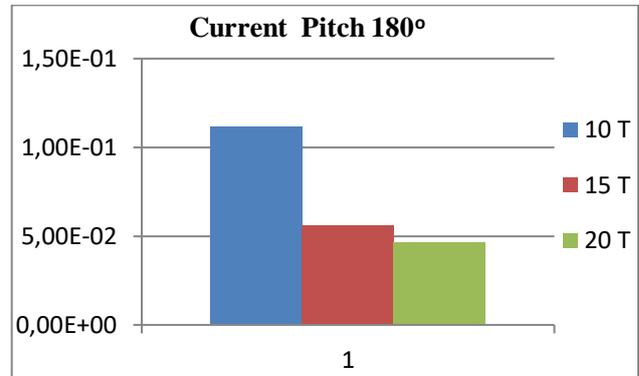


Grafik. 4.7 RMS Heaving Acceleration 180°

Setelah didapat RAO kemudian dilanjutkan pada perhitungan spektrum gelombang serta spektrum gelombang sehingga didapat nilai RMS pada masing-masing kondisi. Berikut adalah grafik dari RMS pada masing-masing kondisi.

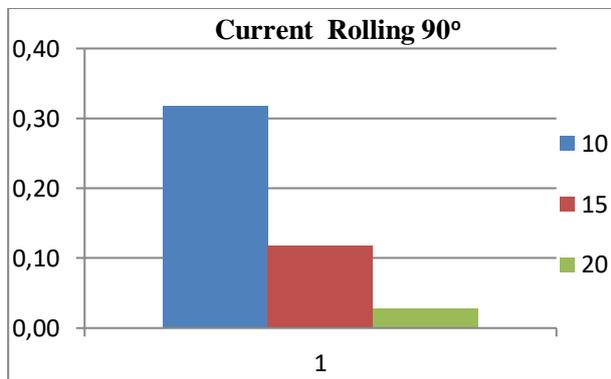


Grafik. 4.8 RMS Pitch Acceleration 180°

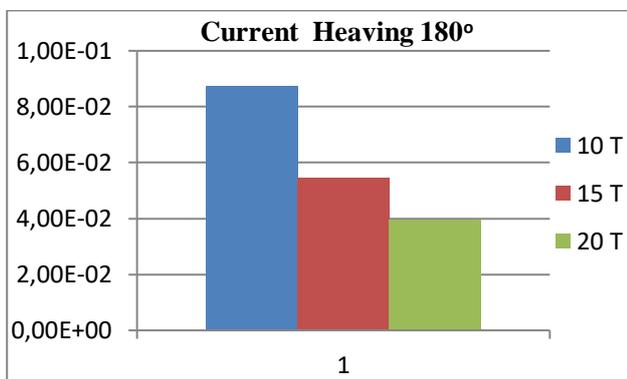


Grafik 4.11 Hs Pitch 180°

Kemudian untuk hasil analisa dari software ANSYS Aqwa Hydrodynamic TimeResponse pada penelitian ini adalah berupa RAO vs Time, oleh karena itu diambil 1/3 RAO terbesar dari tiap-tiap analisa dan dirata-ratakan sehingga didapat nilai Hs dari masing-masing analisa. Berikut adalah grafik dari hasil analisa tersebut.



Grafik 4.9 Hs Rolling 90°



Grafik 4.10 Hs Heaving 180°

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan variasi tinggi gelombang 0,5 m, 1 m dan 1,5 m 2 m pada kedalaman 10 T m nilai RMS Motion dan Acceleration tidak ada perubahan yang signifikan terhadap kedalaman 15 T, sedangkan untuk nilai RMS Motion dan Acceleration pada kedalaman 20 T terhadap kedalaman 15 T naik sebesar 0,131% untuk Roll Motion, 0,010% untuk Heave Motion, 0,021% untuk Pitch Motion, 0,014% untuk Heave Acceleration dan 0,028% untuk Pitch Acceleration.
2. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa Heave Acceleration kapal memenuhi standar seakeeping NORDFORSK 1987 pada setiap tinggi gelombang, kedalaman dan tiap sudut datang gelombang yaitu dibawah 0,275 g ($L < 100$ m), serta Pitch Acceleration kapal memenuhi standar seakeeping NORDFORSK 1987 pada setiap tinggi gelombang, kedalaman dan tiap sudut datang gelombang yaitu dibawah 0,12 g, tetapi untuk kondisi Roll Motion pada penelitian ini melebihi dari standar NORDFORSK yaitu 6 derajat.
3. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui nilai Hs untuk kondisi Roll, Pitch dan Heave memiliki nilai terbesar pada Arus dengan kedalaman 10 T yaitu 0,32°, 0,11° dan 0,08 m, sedangkan nilai terendah pada Arus dengan kedalaman 20 T yaitu 0,03°, 0,04°, dan 0,046 m.

3.2 Saran

Setelah selesai melakukan penelitian, maka peneliti menyampaikan beberapa saran. Antara lain:

1. Dilakukan kajian yang lebih mendalam terhadap pengaruh keadaan lingkungan (laut) terhadap olah gerak kapal pada kapal-kapal tertentu.
2. Sebaiknya dalam proses analisa menggunakan komputer dengan spesifikasi yang tinggi karena dapat menghemat proses analisa.
3. Pembuatan *meshing* yang lebih *smooth* lagi. Semakin halus *meshing*, otomatis semakin banyak jumlah elemen *meshing* yang dibuat. Dengan demikian hasil simulasi yang dihasilkan lebih akurat, akan tetapi bila semakin besar *meshing* maka akan semakin lama pula proses analisa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Parlindungan, M. 2012. “Analisa Gerakan *Seakeeping* Kapal pada Gelombang Reguler”
- [2]. Arifin, M.T. 2014. “Tinjauan Aspek *Seakeeping* dalam Perencanaan Kapal”
- [3]. Husni, 2012. “Pengaruh Arus terhadap Olah Gerak Kapal”
- [4]. Bhattacharyya, R. 1972. *Dynamic of Marine Vehicles*. New York, United State of America.
- [5]. Robert, F.B, (1988), *Motion In Waves and Controllability, Principles of Naval Architecture Volume III, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA*.
- [6]. Pratama, R. (2015), Olah Gerak Kapal. [Online]. Tersedia : <http://pipmakassar32.blogspot.co.id/2015/09/olah-gerak.html> [20 Desember 2016].
- [7]. N. (1987), “NORDFORSK (1987) - Seakeeping Criteria,” p. 1987, 1987.
- [8]. *AQWA User Manual*. 2015.