

Analisis getaran lambung kapal patroli 28 meter

Amalia Ika Wulandari^{1*}, Alamsyah², Muhammad Fikri Fadlurrahman³

^{1,2,3}Teknik Perkapalan, Jurusan Sains Teknologi Pangan dan Kemaritiman, Institut Teknologi Kalimantan

Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia

*Corresponding author: amaliaikaw@lecturer.itk.ac.id

Abstract

The ship's vibration is something that has a considerable influence on the structural resistance and comfort of the crew. Vibration analysis needs to be done to ensure the durability of the ship's construction. Ship construction that is unable to withstand the vibrations it experiences is at great risk of structural failure. Vibration on the ship is also something that can only be suppressed and cannot be completely eliminated. The objectives to be achieved in this final project are to get the value of the ship's resistance and get the root-mean-square value of the maximum vibration speed that occurs on the ship. The calculation of the value of the ship's resistance is carried out using the Holtrop resistance calculation method, while the determination of the root-mean-square maximum speed of vibration is carried out using the Ansys Workbench. The resistance value obtained on this ship is 7,165 kN. The root-mean-square value of the greatest maximum vibration velocity occurs at a frequency of 47.2 Hz at 76.71906943 m/s. Due to the limit value of r.m.s for aluminum vessels is 15 mm/s, then the value of r.m.s at a frequency of 47.2 Hz that occurs on ships does not meet class standards.

Keywords : *Vibration, Deformation, Ansys Workbench.*

Abstrak

Kapal sudah menjadi media transportasi yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang. Kapal sering dimanfaatkan untuk kebutuhan mengangkut barang dalam jumlah besar dengan jarak transportasi yang jauh. Salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam proses perancangan kapal adalah getaran kapal. Getaran pada kapal merupakan sesuatu yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap ketahanan struktur dan kenyamanan dari awak kapal. Analisis getaran perlu dilakukan untuk memastikan ketahanan konstruksi kapal. Konstruksi kapal yang tidak mampu menahan getaran yang dialaminya beresiko besar akan mengalami kegagalan struktur. Getaran pada kapal juga merupakan sesuatu yang hanya dapat diredam dan tidak bisa dihilangkan sepenuhnya. Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah mendapatkan nilai hambatan kapal dan mendapatkan nilai root-mean-square kecepatan maksimum getaran yang terjadi pada kapal. Perhitungan nilai hambatan kapal dilakukan dengan metode perhitungan hambatan *Holtrop* sedangkan penentuan besar root-mean-square kecepatan maksimum getaran dilakukan dengan *Ansys Workbench*. Nilai hambatan yang didapatkan pada kapal ini adalah sebesar 7,165 kN. Nilai *root-mean-square* kecepatan maksimum getaran terbesar terjadi pada frekuensi 47,2 Hz sebesar 76,71906943 m/s. Dikarenakan batas nilai *r.m.s* untuk kapal aluminium adalah sebesar 15 mm/s, maka nilai *r.m.s* pada frekuensi 47,2 Hz yang terjadi pada kapal tidak memenuhi standar kelas

Kata kunci: *Getaran, Deformasi, Ansys Workbench.*

Pendahuluan

Kapal memerlukan gaya dorong agar dapat bergerak pada kecepatan

tertentu. Daya dorong kapal diwujudkan dalam bentuk gaya untuk melawan berbagai macam hambatan seperti

hambatan pada volume kapal yang terbenam, hambatan akibat gelombang, dan hambatan angin. Semua jenis hambatan tersebut terdiri dari komponen-komponen gaya fluida yang bekerja sepanjang badan kapal yang terbenam air [1][2].

Menentukan besar hambatan kapal dapat dilakukan dengan metode towing tank, namun metode ini memakan biaya yang besar[3]. Oleh karena itu, metode perhitungan pendekatan juga dapat digunakan. Salah satu metode perhitungan pendekatan yang dapat digunakan adalah metode Holtrop [4][5]. Nilai tahanan kapal merujuk pada metode holtrop adalah sebagai berikut :

$$R_t = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{tot} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W \quad (1)$$

Dengan:

R_t : Hambatan Total (N)

V : Kecepatan Dinas Kapal (m/s)

S_{tot} : Luas Kapal Terbenam (m²)

C_f : Koefisien Gesek

$(1+k)$: form factor dari lambung

A. Getaran kapal

Getaran yang biasa dialami oleh sebuah kapal biasanya dapat dibagi menjadi dua tipe. Pada tipe pertama, seluruh bagian lambung mengalami getaran yang disebabkan oleh perbedaan frekuensi mesin utama, mesin pembantu, dan propeller yang menyebabkan munculnya disturbing force [6][7]. Pada kasus ini, getaran dari lambung dapat dilihat sepanjang lambung kapal. Getaran yang mempengaruhi seluruh struktur kapal ini disebut getaran sinkron atau getaran resonan [8][9]. Pada tipe kedua, ada getaran yang terjadi pada hanya salah satu bagian dari kapal atau bagian fitting tertentu seperti pelat double bottom atau tiang kapal. Tipe getaran ini tidak lebih berbahaya dari getaran sinkron tapi dapat mengurangi kenyamanan awak kapal. Namun, getaran ini dapat berefek besar apabila getaran ini terjadi pada instrumen navigasi seperti sonar dan radar. Tipe getaran ini disebut getaran lokal [10]. Menghilangkan terjadinya getaran pada

kapal merupakan sesuatu yang sangat tidak bisa dihilangkan sepenuhnya, maka sumber dari *disturbing force* adalah sesuatu yang perlu diperhatikan agar besar getaran yang terjadi agar dapat diminimalisir [11][12].

B. Gerak harmonik sederhana

Ketika sebuah benda mengalami gerak bolak baik dari titik kesetimbangannya, maka benda tersebut sedang mengalami gerak harmonik sederhana [13].

Untuk menentukan simpangan dari gerak harmonik sederhana dapat menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$y = A \sin(\omega t) \quad (2)$$

Dimana :

y = Simpangan getaran (m)

A = Amplitudo (m)

ω = Frekuensi sudut (rad/s)

Rumus kecepatan getaran juga bisa didapatkan dengan melakukan diferensial sebagai berikut :

$$v = \frac{dy}{dt} = A \cos(\omega t) \quad (3)$$

Dimana :

v = kecepatan getaran (m/s)

A = Amplitudo (m)

ω = Frekuensi sudut (rad/s)

Dikarenakan fungsi sinus-cosinus memiliki nilai maksimum 1, maka kita mampu mendapatkan rumus kecepatan maksimum sebagai berikut :

$$v_{max} = A\omega \quad (4)$$

Nilai yang sering digunakan untuk menentukan kekuatan dari getaran itu sendiri adalah nilai root-mean-square (RMS)[14]. Kita mampu mendapatkan nilai RMS dari kecepatan maksimal getaran sebagai berikut :

$$v_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} v_{max} \quad (5)$$

C. Standar klasifikasi terkait getaran struktur

Pada *Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd Classification For Ships Part 6 Chapter 8 Section 2.2* [15] dijelaskan bahwa besar getaran pada struktur pada kapal aluminium tidak boleh melebihi 15 mm/s pada frekuensi 4-200 Hz. Nilai batas getaran dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Comparison of two methods in training of OHL-CBPNN

Aluminium
Velocity
4 - 200 Hz
15 mm/s
Aluminium

Metode Penelitian

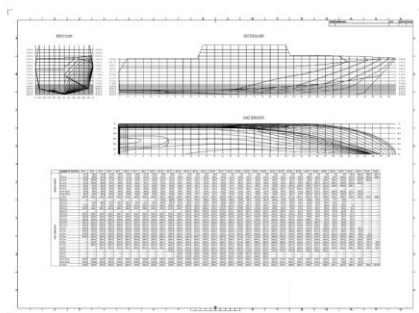
A. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan untuk menjalankan analisis. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data ukuran utama kapal seperti terlihat pada Tabel 2.

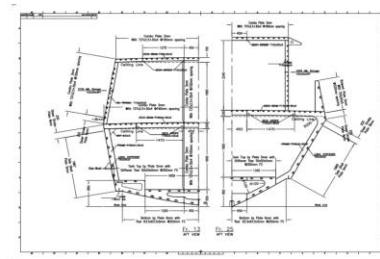
Table 2. Data ukuran utama kapal

Data Kapal	Ukuran
<i>Length overall</i>	30 m
<i>Waterline Length</i>	24,64 m
<i>B</i>	5,85 m
<i>H</i>	2,65 m
<i>T</i>	1,05 m
<i>Vs</i>	32 knot
<i>Displasemen</i>	75 Ton

Dikumpulkan juga data lines plan dan midship section dari kapal patroli panjang 28 m, gambar-gambar yang terkait dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.



Gambar 1. Lines Plan

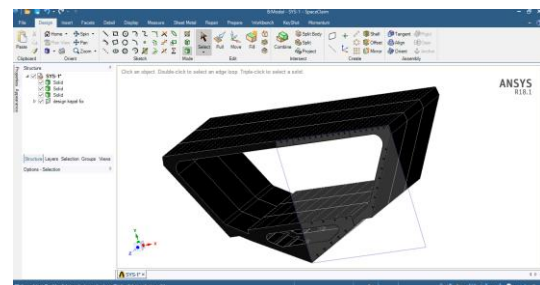


Gambar. 2. Midship Section

B. Perancangan lambung kapal 3 dimensi

Pada tahap ini perancangan lambung kapal dilakukan dengan menyesuaikan data ukuran utama kapal. Perancangan lambung kapal dapat dilakukan dengan menggunakan software seperti AutoCAD, Maxsurf, dan lain-lain. Pada pengerjaan tugas akhir ini software yang digunakan untuk merancang lambung kapal adalah Ansys SpaceClaim. Perancangan lambung kapal dilakukan secara tiga dimensi. Perancangan yang dilakukan harus berbentuk solid dan memiliki ketebalan pelat.

Contoh perancangan lambung kapal 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Lambung Kapal Dengan Menggunakan Spaceclaim

C. Simulasi model dengan Ansys Workbench

Besar getaran lambung kapal dapat didapatkan dengan menggunakan simulasi Ansys Workbench. Kemudian lambung akan dibagi menjadi elemen-elemen kecil. Hasil elemen-elemen kecil tersebut kemudian disatukan kembali yang dimana kemudian menjadi mesh. Semakin banyak elemen-elemen kecil yang dihasilkan melalui pembagian rancangan lambung, semakin lama waktu perhitungan yang

dibutuhkan namun hasil mesh yang dihasilkan semakin akurat.

D. Analisis hasil permodelan

Hambatan merupakan gaya yang bekerja pada kapal. Dari gaya-gaya ini bisa kita dapatkan besar getaran dan reaksi harmonik dari kapal. Tujuan dari mendapatkan besar getaran dan reaksi harmonik ini adalah untuk melihat bagaimana respon dari model kapal yang dirancang ketika diberikan beban berupa gaya-gaya yang bekerja pada kapal ketika kapal sedang melaju dalam kecepatan yang ditentukan.

Hasil dan Pembahasan

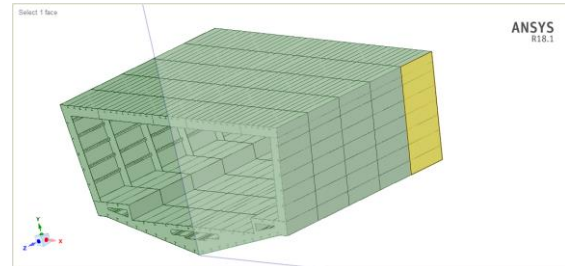
Getaran pada kapal merupakan suatu fenomena yang timbul akibat adanya transfer gaya pada elemen mesin, sehingga elemen tersebut saling bereaksi satu sama lain melalui struktur dan bergetar [16][1]. Keausan dan kerusakan serta perubahan bentuk akan merubah karakteristik dinamis sistem yang cenderung dapat meningkatkan energy getaran. Berdasarkan penelitian sebelumnya untuk pada kapal nilai standar getaran pada kapal aluminium yang didapatkan berada di rentang nilai 0.253 hingga 2.093 [17]. Respon getaran yang terjadi pada struktur kapal yang disebabkan oleh frekuensi eksitasi mesin dapat dikenadalikan dengan modifikasi struktur kapal [10].

A. Lambung kapal 3 dimensi

Proses perancangan lambung kapal 3 dimensi dilakukan pada aplikasi *SpaceClaim* dalam aplikasi *Ansys*. Perancangan dilakukan dengan menggunakan gambar midship section sebagai acuan. Gambar yang awalnya masih berbentuk 2 dimensi dibuka dengan *SpaceClaim* kemudian diberikan perintah pull agar dapat panjang lambung dibentuk dan perintah fill agar surface bisa diciptakan. Setelah semua surface berhasil dibentuk, diberikan perintah pull pada semua surface untuk menciptakan ketebalan pelat lambung dan panjang

penumpu dan penegar kapal. Hasil akhir dari perancangan gambar lambung 3 dimensi ini akan berbentuk solid.

Hasil pengerjaan perancangan lambung kapal 3 dimensi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar. 4. Gambar Lambung 3 Dimensi

B. Nilai hambatan

Untuk mendapatkan nilai hambatan, digunakan rumus pendekatan holtrop untuk mendapatkan besar nilai hambatan, nilai hambatan dapat diperoleh dengan proses sebagai berikut:

$$RT = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{tot} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W$$

$$RT = 7,165 \text{ kN}$$

Setelah dilakukan perhitungan hambatan, ditemukan besar hambatan yang terjadi pada kapal sebesar 7,165 kN

C. Penambahan material properties

Setelah didapatkan gambar lambung kapal 3 dimensi, dimasukkan material properties pada gambar. Jenis material yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah Aluminium Alloy. Penentuan material dilakukan pada opsi Engineering Data dengan cara melakukan double click pada Engineering Data melakukan perintah add material dan menambahkan material aluminium alloy. Untuk material properties dari aluminium alloy dapat dilihat pada Tabel 3.

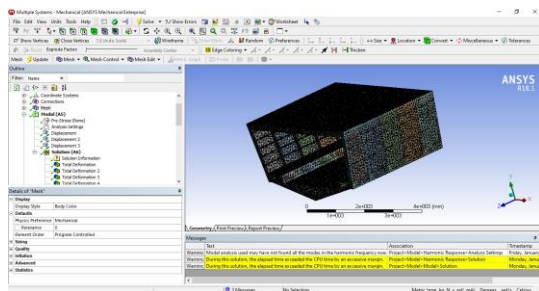
Table 3. Material properties aluiniun alloy

Property	Value
Density	2770
Coefficient of Thermal Expansion	2.3×10^{-5}
Reference Temperature	22
Young's Modulus	7.1×10^{10}

<i>Poisson's Ratio</i>	0.33
<i>Bulk Modulus</i>	6.9608×10^{10}
<i>Shear Modulus</i>	2.6692×10^{10}
<i>Tensile Yield Strength</i>	2.8×10^8
<i>Compressive Yield Strength</i>	2.8×10^8
<i>Tensile Ultimate Strength</i>	3.1×10^8

D. Proses meshing kapal

Setelah kapal diberikan jenis material dan ketebalan pelat, dilakukan proses meshing pada rancangan kapal. Meshing merupakan proses pembagian seluruh badan kapal menjadi bagian-bagian kecil. Proses meshing juga dapat ditentukan ukuran dari mesh. Proses ini dilakukan agar dapat dilakukan perhitungan nilai getaran terhadap kapal. Ukuran mesh yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini sebesar 100 mm. Hasil dari proses meshing dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Proses Meshing

E. Pemberian kondisi batas

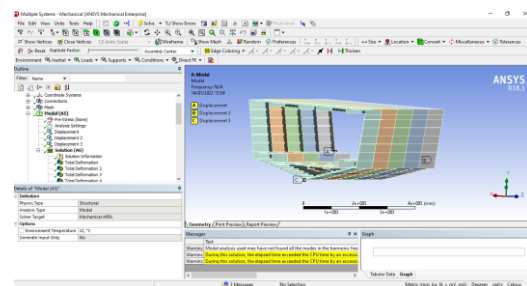
Mengacu pada *Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd Classification For Ships Class Guideline Finite Element Analysis*, disebutkan bahwa kondisi batas untuk kapal dapat digunakan metode 3-2-1 Minimal Supports. Metode ini adalah suatu metode yang umum digunakan pada analisis elemen hingga khususnya analisis linear statis untuk mendapatkan hasil yang realistis. Tumpuan yang digunakan pada 3-2-1 Minimal Supports berjumlah tiga buah titik.

Tiga buah kondisi batas terbagi menjadi dua buah diletakkan pada bagian belakang kapal dan satu buah diletakkan pada bagian depan kapal. Titik pertama diletakkan di belakang dan pada starboard dengan koordinat y dan z . Kemudian titik kedua diletakkan sejajar dengan titik

pertama pada portside dengan koordinat z . Terakhir adalah titik ketiga yang diletakkan pada bagian depan kapal pada centerline dan derajat kebebasan yang dikunci (fixed) adalah arah x , y , dan z .

Pemilihan peletakkan kondisi batas ini mengacu pada guidelines finite element analysis yang dikeluarkan oleh *DNV-GL*. Berikut merupakan hasil tumpuan pada model.

Proses pemberian kondisi batas dapat dilihat pada Gambar 6.



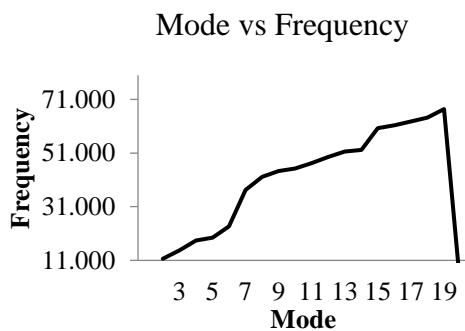
Gambar 6. Pemberian Kondisi Batas

F. Analisis frekuensi natural

Sebelum melakukan analisis getaran akibat hambatan, dilakukan analisis frekuensi natural pada lambung kapal, analisis dilakukan menggunakan 20 mode, hasil analisis frekuensi natural pada lambung kapal ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Frekuensi natural kapal

Mode	Frequency
1	11,562
2	14,739
3	18,417
4	19,513
5	23,672
6	37,313
7	42,143
8	44,278
9	45,256
10	47,295
11	49,579
12	51,548
13	52,144
14	60,263
15	61,347
16	62,735
17	64,196
18	67,389
19	72,3

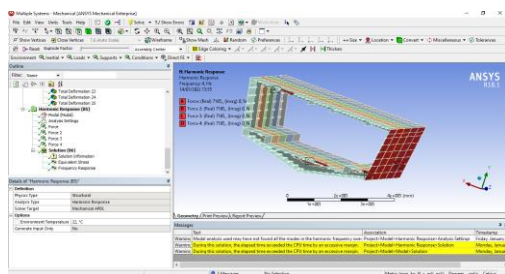


Gambar 7. Grafik hubungan mode dan frequency natural kapal

G. Analisis getaran akibat hambatan

Nilai hambatan kapal digunakan sebagai nilai besar gaya yang dikerjakan pada kapal, nilai gaya ini yang kemudian dijadikan penyebab terjadinya getaran paksa pada kapal. Jarak frekuensi yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah 4 Hz sampai 100 Hz. Hasil nilai yang didapatkan setelah melakukan analisis ini adalah nilai amplitudo getaran yang terjadi pada kapal

Pemberian gaya yang bekerja terhadap kapal pada program analisis dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemberian Gaya Pada Kapal

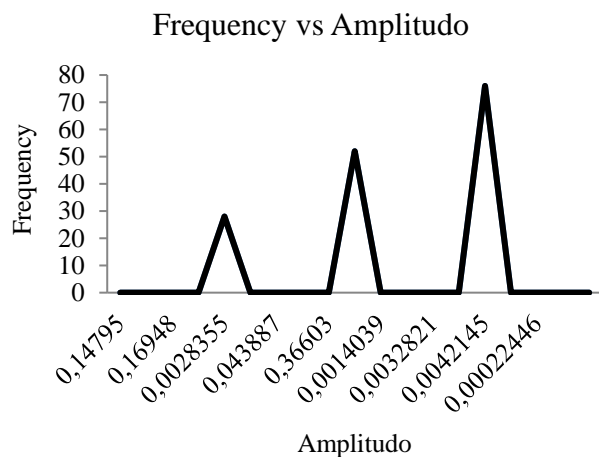
Pada Analysis Settings, diberikan jarak frekuensi antara 4-100 dengan interval solusi sebesar 20. Tipe solusi yang digunakan adalah Frequency Response yang dimana kemudian didapatkan nilai amplitudo getaran akibat gaya yang dikerjakan.

Nilai amplitudo yang didapatkan dari analisis dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Besar amplitudo getaran

Mode	Frequency	Amplitudo
1	8,8	0,14795
2	13,6	0,14528
3	18,4	0,16948

4	23,2	0,016045
5	28	0,0028355
6	32,8	0,00083471
7	37,6	0,043887
8	42,4	0,085778
9	47,2	0,36603
10	52	0,027119
11	56,8	0,0014039
12	61,6	0,0084608
13	66,4	0,0032821
14	71,2	0,0065573
15	76	0,0042145
16	80,8	0,0071513
17	85,6	0,00022446
18	90,4	0,00029181
19	95,2	0,00023753



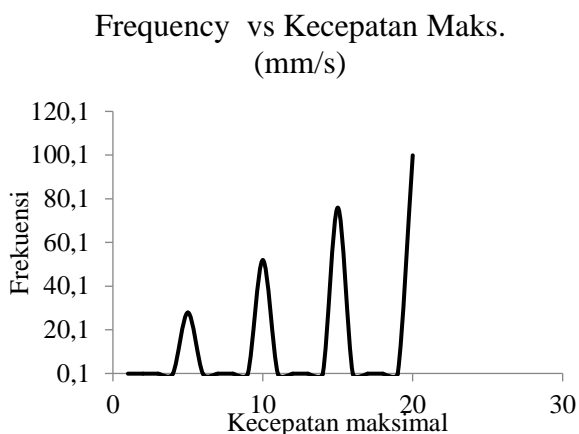
Gambar 9. Grafik hubungan frequency dan Amplitudo

Dari nilai amplitudo, dilakukan perhitungan kecepatan maksimum getaran, hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Besar Kecepatan Maksimum Getaran

Mode	Frequency	Kecepatan Maks. (mm/s)
1	8,8	8,1763088
2	13,6	12,40807424
3	18,4	19,58375296
4	23,2	2,33769232
5	28	0,49859432
6	32,8	0,171936905
7	37,6	10,36294954
8	42,4	22,84027962
9	47,2	108,4971485

10	52	8,85598064
11	56,8	0,500776746
12	61,6	3,273043558
13	66,4	1,368609443
14	71,2	2,932004893
15	76	2,01149656
16	80,8	3,628741251
17	85,6	0,120662513
18	90,4	0,165664039
19	95,2	0,142008736
20	100	0,11889296



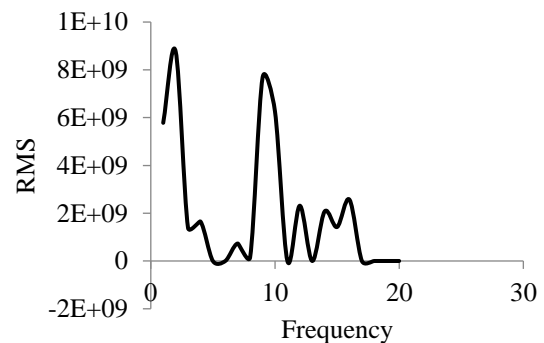
Gambar 10. Grafik hubungan Frequency dan Kecepatan Maksimum

Dari nilai kecepatan maksimum getaran, dilakukan perhitungan nilai root mean square dari kecepatan getaran, hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Frequency RMS Getaran

Mode	Frequency	RMS Kecepatan Maks.
1	8,8	5,781523398
2	13,6	8,773833437
3	18,4	13,84780452
4	23,2	1,652998092
5	28	0,352559425
6	32,8	0,121577751
7	37,6	7,32771189
8	42,4	16,1505166
9	47,2	76,71906943
10	52	6,262123965
11	56,8	0,354102633
12	61,6	2,314391295
13	66,4	0,967753018
14	71,2	2,073240542
15	76	1,422342858

16	80,8	2,565907546
17	85,6	0,085321281
18	90,4	0,117142165
19	95,2	0,10041534
20	100	0,084070018



Gambar 11. Grafik hubungan Frequency dan RMS

Dari hasil perhitungan, ditemukan nilai root mean square getaran terbesar terjadi pada frekuensi 47,2 Hz sebesar 76,71906943 m/s, dikarenakan batas nilai root mean square untuk kapal aluminium adalah sebesar 15 mm/s, maka nilai root mean square pada frekuensi 47,2 tidak memenuhi standar kelas.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan besar hambatan yang terjadi pada kapal ketika berlayar pada kecepatan 32 knot adalah 7,165 kN, didapatkan pula nilai root mean square getaran terbesar terjadi pada frekuensi 47,2 Hz sebesar 76,71906943 m/s, dan dikarenakan batas nilai r.m.s untuk kapal aluminium adalah sebesar 15 mm/s, maka nilai r.m.s pada frekuensi 47,2 Hz yang terjadi pada kapal tidak memenuhi standar kelas.

Referensi

- [1] I. Senjanović, I. Ančić, G. Magazinović, N. Alujević, N. Vladimir, and D. S. Cho, "Validation of analytical methods for the estimation of the torsional vibrations of ship power transmission systems,"

- Ocean Eng.*, vol. 184, no. March, pp. 107–120, 2019.
- [2] Y. Ruan, X. Liang, X. Hua, C. Zhang, H. Xia, and C. Li, “Isolating low-frequency vibration from power systems on a ship using spiral phononic crystals,” *Ocean Eng.*, vol. 225, no. February, p. 108804, 2021.
 - [3] M. M. Doustdar and H. Kazemi, “Effects of fixed and dynamic mesh methods on simulation of stepped planing craft,” *J. Ocean Eng. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–48, 2019.
 - [4] C. HUDA, “Analisis Laju Korosi Material Aluminium 5083 Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal,” *J. Pendidik. Tek. Mesin UNESA*, vol. 6, no. 02, p. 251226, 2017.
 - [5] D. M. Parks, “Euler-Bernoulli Beams: Bending, Buckling, and Vibration Department of Mechanical Engineering Linear Elastic Beam Theory,” *Mech. Eng.*, 2004.
 - [6] E. V. Lewis, *No Title*, Second Edi. USA: Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), 1988.
 - [7] M. Sunardi, Listijorini, E. Sahroni, “Machine ; Jurnal Teknik Mesin Vol. 2 No. 2, Juli 2016 ISSN: 2502-2040 Pengaruh jarak sel bukaan balok terhadap kekuatan material dan karakteristik getaran Sunardi, Erny Listijorini, Muhamad Sahroni Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtay,” *Mach. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 6–10.
 - [8] H. Uçar, “Ship Hull Girder Vibration,” *J. Nav. Sci. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–21, 2011.
 - [9] K. M. Kumala, “Dhani Priatmoko Taufik Fajar Nugroho ST, MSc. Abstract,” pp. 1–14.
 - [10] T. R. Lin, J. Pan, P. J. O’Shea, and C. K. Mechefske, “A study of vibration and vibration control of ship structures,” *Mar. Struct.*, vol. 22, no. 4, pp. 730–743, 2009.
 - [11] Z. W. Huang and Y. H. Tan, “Experimental Investigation on Active Longitudinal Vibration Suppression of the Thrust Bearing,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1314, no. 1, pp. 0–6, 2019.
 - [12] J. Iqbal and Z. Shifan, “Modeling and Simulation of Ship Structures Using Finite Element Method,” *Int. J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 12, no. 7, pp. 941–947, 2018.
 - [13] “Svend Aage Harvald-Resistance and Propulsion of ships-Wiley Interscience (1983).pdf.”.
 - [14] Y. Singh, S. K. Bhattacharyya, and V. G. Idichandy, “CFD approach to modelling, hydrodynamic analysis and motion characteristics of a laboratory underwater glider with experimental results,” *J. Ocean Eng. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 90–119, 2017.
 - [15] DNV GL, *Finite element analysis*. Norwegia: DNV GL AS, 2015.
 - [16] K. . Wilson, “Ship vibration,” *Mar. Eng. Nav. Archit.*, pp. 312–326, 1955.
 - [17] A. I. Wulandari, S. Suardi, and M. Y. Ismail, “Analisis getaran dan kebisingan pada kamar mesin dan geladak penumpang kapal cepat Aluminium,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 264–271, 2021.
 - [18] Budiyanto, E., & Yuono, L. *D. Proses Manufaktur*. Eko Budiyanto.