

Analisa Getaran Terhadap Kamar Mesin Kapal Tanker 6500 LTDW

Fandi Putra Setiawan¹, Budianto, S.T., M.T.², Priyambodo Nur Ardi Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.³
*Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya
Jl. Teknik Kimia*

E-mail: fputrasetiawan@gmail.com¹, budianto@ppns.ac.id², priyambodo@ppns.ac.id³

ABSTRAK

Getaran dapat terjadi pada kapal karena beberapa sebab. Diantaranya adalah adanya eksitasi pada baling-baling dan eksitasi pada permesinan dalam hal ini bersumber dari mesin utama. Getaran yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur kapal, komponen baik permesinan maupun elektronik, dan dapat mempengaruhi kenyamanan anak buah kapal ataupun penumpang kapal. Jika hal tersebut terjadi, kinerja anak buah kapal dan komponen permesinan maupun elektronik juga akan mengalami penurunan. Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis pengaruh getaran yang terjadi pada kapal tanker 6500 LTDW yang berfokus pada daerah kamar mesin dengan sumber eksitasi dari baling-baling dan mesin induk. Untuk mendapatkan frekuensi natural, digunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Frekuensi eksitasi baling-baling adalah 13.33 Hz dan frekuensi eksitasi mesin induk adalah 3.33 Hz. Resonansi terjadi jika frekuensi natural bernilai sama dengan frekuensi eksitasi, maka kamar mesin mengalami resonansi dengan mesin induk pada mode 19 dan 20. Pada mode 19 frekuensi natural kamar mesin bernilai 3.301 Hz dan pada mode 20 frekuensi natural kamar mesin bernilai 3.307 Hz. Sedangkan kamar mesin tidak mengalami resonansi terhadap baling-baling karena nilai frekuensi natural kamar mesin tidak bernilai sama atau hampir sama dengan frekuensi eksitasi baling-baling.

Kata Kunci: Kamar Mesin, Frekuensi Natural, Frekuensi Eksitasi, Resonansi, Modal Analysis

ABSTRACT

The vibration on ships can occur because of several reasons. Among them are the excitation of the propeller and the excitation of the machinery. In this case sourced from the main engine. The vibrations that occur can result in damage to the ship's structure, mechanical components, and electronic components. This can affect the comfort of the crew or ship passengers and lead to decreasing of work performance. Beside that, the Mechanical and electronic components can also be damaged. This research is intended to analyze the effect of vibrations that occur on the tanker 6500 LTDW which focuses on the engine room area with the excitation source from the propeller and main engine. To obtain natural frequency, Autodesk Fusion 360 software is used. The excitation frequency of the propeller result is 13.33 Hz and the excitation frequency of the main engine result is 3.33 Hz. Resonance occurs if the natural frequency is equal to the excitation frequency, then the engine room will resonance with the main engine in modes 19 and 20. In mode 19 the natural frequency of the engine room result is 3,301 Hz and in mode 20 the engine room's natural frequency result is 3,307 Hz. Because the natural frequency value of the engine room is not the same or nearly the same as the propeller excitation frequency, the engine room does not resonance with the propeller. Because the natural frequency value of the engine room is not the same or nearly the same as the propeller excitation frequency, the engine room does not resonance with the propeller.

Keyword : Engine Room, Natural Frequency, Excitation frequency, Resonance, Modal Analysis

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah Negara kepulauan yang terdiri dari banyak pulau dan dipisahkan oleh luasnya lautan. Untuk menunjang proses perekonomian dan transportasi antar pulau, kapal menjadikan moda transportasi yang tepat. Industri perkapalan di Indonesia juga dari tahun ketahun tumbuh dan berkembang memberikan pelayanan yang terbaik. Salah satu pelayanan galangan adalah membangun kapal baru. Pada proses membangun sebuah kapal,

sebagai hal yang mendasar sebelum dilakukan pembangunan kapal adalah merancang kapal tersebut. Merancang kapal harus lah selalu berpatokan pada standar (*rules*) yang telah ditetapkan oleh setiap biro klasifikasi. Salah satu kapal yang sedang dibangun di galangan milik nasional adalah jenis kapal tanker milik sebuah perusahaan pelayaran yang berkerjasama dengan perusahaan minyak negara. Agar kapal berumur panjang, segala kemungkinan haruslah diperhitungkan. Tidak terkecuali adanya potensi getaran yang terjadi baik

disebabkan oleh main engine maupun *propeller*. Terlebih main engine kapal yang digunakan sebagai objek penelitian ini termasuk dalam *low speed* rpm. Yang diprediksi menghasilkan getaran lebih daripada *medium speed* ataupun *high speed*. Pada penelitian ini, objek yang diteliti menggunakan mesin bermerek Hanshin dengan daun baling-baling berjumlah 4. Pada penelitian ini, data didapatkan dari hasil shop test engine dari maker. Getaran yang terjadi dapat memungkinkan menjadi penyebab kerusakan struktur pada kapal serta dampak-dampak lain termasuk penurunan kinerja awak kapal. Pada kenyataannya, getaran yang terjadi tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melainkan dapat diminimalisir.

Dalam penelitian ini, dilakukan permodelan dalam bentuk metode elemen hingga dengan menggunakan software. Diawali dengan mendesain konstruksi bagian kamar mesin dan ruang akomodasi dengan bantuan AutoCAD 2017. Untuk software analisis metode elemen hingga menggunakan Autodesk Fusion 360. *Modal Frequencies* merupakan study atau analisis yang dipilih pada software Autodesk Fusion 360. Dengan menggunakan *Modal Frequencies*, output yang diharapkan adalah diketahuinya frekuensi natural tiap nodes yang timbul pada kamar mesin dan ruang akomodasi. Untuk mengetahui apakah terjadi resonansi, dilakukan perhitungan eksitasi dalam hal ini terhadap *main engine* dan *propeller*. Selanjutnya apabila nilai frekuensi natural sama dengan eksitasi, dapat dikatakan terjadi resonansi. Kemudian dilaksanakan peninjauan guna meminimalisir nilai resonansi atau yang mendekati sesuai rules yang berlaku. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti berkeinginan untuk meneliti pengaruh *main engine* tipe *low speed* terhadap potensi terjadinya resonansi. Karena jika resonansi terjadi, maka kemungkinan terjadi kelelahan material (*fatigue*) dan juga hal-hal mengganggu yang dapat mempengaruhi kinerja crew kapal ataupun peralatan kapal. Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang diatas maka diambil beberapa rumusan masalah pada Jurnal ini sebagai berikut:

- Berapa nilai frekuensi natural getaran yang terjadi?
 - Apakah kamar mesin mengalami resonansi dengan eksitasi mesin induk?
 - Apakah kamar mesin mengalami resonansi dengan eksitasi baling-baling?
 - Apakah main engine tipe *low speed* mengakibatkan resonansi?
 - Bagaimana cara meminimalisir resonansi yang terjadi?
- Selain itu, ditentukan beberapa batasan dalam penelitian sebagai berikut:
- Objek penelitian adalah kapal tanker 6500 LTDW yang dibangun di PT Dok dan Perkapalan Surabaya
 - Potensi terjadinya resonansi dengan eksitasi Main Engine dan Propeller

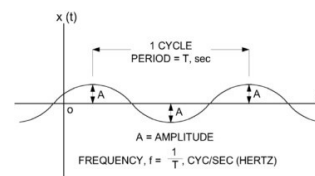
- Struktur yang dianalisis pada bagian kamar mesin dengan memodelkan konstruksi
- Respon struktur yang akan dibahas adalah frekuensi natural dan frekuensi eksitasi *main engine* dan *propeller*
- Tidak membahas getaran yang kaitannya dengan aspek kenyamanan
- Pembahasan mengenai getaran hanya bertujuan untuk mengetahui frekuensi natural struktur dan respon struktur akibat frekuensi eksitasi yang dapat menimbulkan resonansi
- Dudukan mesin utama dan permesinan termasuk generator tidak dimodelkan
- Bracket dan man hole tidak digambarkan

1.2 Tinjauan Pustaka

a. Getaran

Getaran adalah suatu gerak osilasi terhadap posisi kesetimbangan. Kesetimbangan di sini maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran mempunyai amplitudo (jarak simpangan terjauh dari posisi kesetimbangan) dan frekuensi. Pendekatan paling sederhana dari getaran adalah fungsi sinusoidal. Getaran yang terjadi pada kapal disebabkan beberapa sumber getaran atau eksitasi. Sumber getaran tersebut berasal dari gelombang laut, mesin induk, baling-baling (*propeller*), dll. Dari sumber getaran tersebut eksitasi yang paling besar pengaruhnya adalah eksitasi dari baling-baling dan permesinan.

Secara umum, getaran yang terjadi pada suatu struktur dapat dibagi menjadi dua, yaitu getaran global dan getaran lokal. Pada getaran global, badan kapal terjadi getaran akibat dari tanggapan terhadap eksitasi tertentu, baik dari putaran mesin induk, baling-baling dan mesin bantu, atau dari gelombang air. Getaran global akan dirasakan langsung oleh crew kapal sebelum menyebabkan kerusakan pada struktur kapal maupun permesinan kapal. Hal ini karena *crew* kapal dapat mengalami ketidaknyamanan dan mempengaruhi kinerja crew akibat getaran yang terjadi. Pada dasarnya getaran pada kapal tidak dapat dihilangkan secara keseluruhan. Getaran akan selalu ada karena pengaruh putaran baling-baling dan permesinan. Akan tetapi, getaran tidak boleh melewati batasan yang ditentukan. Batasan getaran yang diizinkan ditentukan oleh pihak klas maupun lembaga berwenang lainnya.



Gambar 1. Kurva Getaran terhadap Waktu

b. Frekuensi Natural

Frekuensi alami atau frekuensi natural adalah frekuensi dimana sistem bergetar oleh rangsangan impuls sesaat dari posisi kesetimbangan (Vorus, 1998). Semua benda yang memiliki massa dan kekakuan (elastisitas) mempunyai frekuensi alami. Penyebab terjadinya resonansi adalah frekuensi alami. Dalam hal ini frekuensi alami tidak boleh sama dengan frekuensi eksitasi agar tidak terjadi resonansi. Frekuensi natural ini lazim ditulis dengan f_n dalam Hertz atau ω_n dalam radian/detik. Dimana dalam persamaan matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k/m} \quad (1)$$

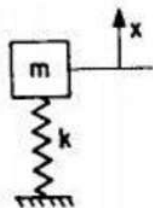
$$\omega_n = \sqrt{k/m} \quad (2)$$

Dimana :

k = kekakuan

m = massa

Berikut ini dapat dilihat ilustrasi dari penerapan persamaan di atas pada gambar 2



Gambar 2. Ilustrasi Frekuensi Natural dengan Parameter Kekakuan dan Masa

c. Frekuensi Eksitasi

Frekuensi eksitasi adalah frekuensi yang dimiliki oleh penghasil daya dinamis (eksitasi). Dalam sebuah kapal, penyebab terjadinya resonansi yang disebabkan oleh frekuensi eksitasi berasal dari baling-baling dan mesin induk kapal. Baling-baling kapal dapat menjadi penyebab resonansi diakibatkan baling-baling berputar hampir secara terus menerus dan perputarannya mendekati atau sama dengan frekuensi natural dari badan kapal. Baling-baling di belakang kapal berputar pada daerah *wake* yang tidak uniform. Pada saat daun baling-baling melewati daerah dengan *wake* tinggi, akan menyebabkan tekanan pada daun baling-baling tersebut.

Interaksi antara baling-baling, *wake* dan lambung kapal bagian buritan akan menghasilkan gaya eksitasi secara periodik yang dapat menyebabkan getaran pada badan kapal akibat frekuensi eksitasi baling-baling. Frekuensi eksitasi baling-baling atau dikenal dengan blade rate frequency dituliskan dengan persamaan :

$$f = (z \times \text{RPM})/60 \quad (3)$$

Dengan :

f = frekuensi eksitasi baling-baling (Hertz)

z = jumlah daun baling-baling

RPM = putaran baling-baling

Selain baling-baling, mesin induk merupakan getaran yang lain pada kapal. Sumber getaran dominan yang terjadi pada mesin induk. Terutama mesin diesel disebabkan oleh gaya akibat tekanan gas pada proses pembakaran (*Guide Force Couples*) dan inersia massa yang bergerak dari bagian mesin tersebut (*external force*). Gaya-gaya pada mesin induk ini akan bekerja secara periodik dengan frekuensi yang sangat bergantung dengan putaran yang terjadi pada mesin tersebut. Gaya-gaya tersebut dapat menyebabkan getaran pada struktur pondasi mesin dan memungkinkan terjadi adanya resonansi pada struktur pondasi mesin dan memungkinkan terjadinya resonansi pada struktur pondasi mesin tersebut. Frekuensi eksitasi mesin induk dapat dihitung dengan persamaan :

$$f = \text{RPM}/60 \quad (4)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (5)$$

Dengan :

ω = frekuensi eksitasi (rad/detik)

d. Resonansi

Data empiris menunjukkan bahwa sekitar 80% penyebab getaran pada kapal adalah terletak pada baling-baling, walaupun dibutuhkan penjelasan lebih lanjut yang terbiasa dengan analisa Power Plant di darat, karena munculnya *blade rate frequency* yang tidak dikenal dalam getaran di Power Plant (Vorus, 2010). Dua kriteria empiris berikut lazim digunakan (Vorus, 2010) :

- Jika besar frekuensi getaran yang diukur sama dengan besaran RPM poros dikalikan jumlah daun baling-baling, dan frekuensi tersebut berubah dengan berubahnya RPM poros tersebut, maka dipatikan sumber getaran utamanya adalah baling-baling

- Dan sebaliknya saat frekuensi tersebut atau kelipatannya tidak terdeteksi sama sekali, hampir dapat dipastikan bahwa baling-baling bukan penyebab getaran.

Frekuensi resonansi sendiri memiliki definisi yaitu frekuensi getaran pada struktur yang bergetar dengan amplitudo maksimum. Saat terjadi resonansi, amplitudo yang bernilai maksimum dapat menimbulkan kelelahan (*fatigue*). Untuk mengurangi potensi getaran yang terjadi secara berlebih, dapat dilakukan hal-hal berikut ini (ABS, 2006) :

a. Menurunkan amplitudo gaya eksitasi

Baling-baling mempunyai pengaruh yang besar atas timbulnya getaran pada kapal. Dapat diminimalisir dengan mengubah *propeller unsteady hydrodynamics* atau dengan cara mengubah garis atau *clearance* untuk mengurangi aliran *wake* yang tidak uniform dengan mengubah bentuk geometris baling-baling. Dapat dengan mengubah diameter baling-baling atau dengan mengubah jumlah daun baling-baling.

b. Menambah kekakuan

Dalam praktik di lapangan, disarankan untuk menambah kekakuan struktur guna meminimalisir getaran yang terjadi pada kapal.

c. Menambah redaman (*damping*)

Redaman dari suatu sistem strukturnya pada umumnya dan redaman struktur kapal pada khususnya, bernilai sangat kecil. Oleh karena itu amplitudo getaran mendekati redaman bebas, kecuali jika sangat mendekati resonansi. Saat resonansi, eksitasi dapat dikurangi oleh redaman. Namun nilai redaman sangat sulit untuk dinaikkan secara signifikan pada struktur kapal.

e. Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa (*Ordinary Differential Equations*) maupun persamaan diferensial parsial (*Partial Differential Equations*). Karena persamaan diferensial seringkali digunakan sebagai model permasalahan engineering maka penting bagi para insinyur untuk dapat memahami dan mampu menerapkan MEH. Saat ini MEH merupakan salah satu metode numerik paling versatile untuk memecahkan problem dalam domain kontinum. Pada awalnya MEH dikembangkan untuk memecahkan problem di bidang mekanika benda padat (*Solid Mechanics*), tetapi kini MEH sudah merambah ke hampir semua problem engineering seperti mekanika fluida (*fluid mechanics*), perpindahan panas (*heat transfer*), elektromagnetik (*electromagnetism*), getaran (*vibration*), analisis modal (*modal analysis*), dan banyak lagi problem engineering lainnya. Proses inti MEH adalah membagi problem yang kompleks menjadi bagian-bagian kecil atau elemen-elemen dari mana solusi yang lebih sederhana dapat dengan mudah diperoleh. Solusi dari setiap elemen jika digabungkan akan menjadi solusi problem secara keseluruhan. Untuk mendapatkan solusi elemental, MEH menggunakan fungsi interpolasi untuk mengaproksimalkan solusi elemen. Untuk contoh ini suatu fungsi linear yang sederhana dipergunakan sebagai fungsi interpolasi. Setelah solusi setiap elemen diperoleh, dengan menggabungkan solusi-solusi elemen maka solusi keseluruhan problem dapat diperoleh. Dengan menggunakan fungsi polinomial seperti fungsi kuadratik sebagai fungsi interpolasi, solusi yang lebih akurat bisa diperoleh.

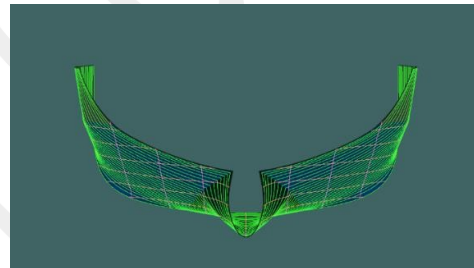
2. PEMBAHASAN

2.1 Pemodelan

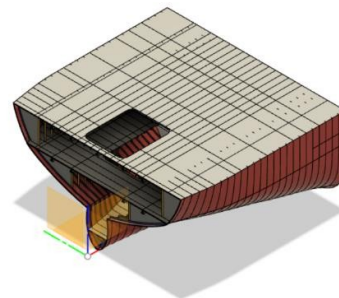
Dalam pengerjaan analisis, terlebih dahulu dilakukan pemodelan kamar mesin kapal tanker 6500 LTDW. Pemodelan dilakukan sedetail mungkin mencakup konstruksi dan kulit (*shell*). Dalam pemodelan digunakan gambar-gambar konstruksi kamar mesin tiap gading. Pemodelan dilakukan

menggunakan perangkat lunak Maxsurf Bentley dan selanjutnya di koneksikan ke perangkat lunak Autodesk Fusion 360 guna analisa.

Perangkat lunak Maxsurf Bentley digunakan untuk mendesain kamar mesin. Maxsurf Bentley sendiri terdiri dari beberapa sub-program. Sub-program yang digunakan guna menyelesaikan pemodelan adalah Maxsurf Modeler dan Maxsurf Structure. Maxsurf Modeler digunakan untuk mendesain kulit (*shell*) sedangkan Maxsurf Structure digunakan untuk mendesain komponen-komponen konstruksi yang ada. Dalam mendesain kulit (*shell*) lambung bagian kamar mesin, dibutuhkan bodyplan kapal tiap gading. Desain kamar mesin dimulai dari frame 10 hingga frame 36 dengan jarak tiap frame 700 mm. Dilanjutkan mendesain konstruksi berdasarkan detail drawing yang digunakan. Dengan berdasar batasan masalah yang telah ditentukan pada bab sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah mengkonversi desain dari perangkat lunak Maxsurf Bentley ke perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Saat dikonversi ke Autodesk 360, desain berbentuk surface dan perlu dilakukan pemberian ketebalan masing-masing konstruksi yang telah di desain.



Gambar 3. Pembuatan Kulit pada Maxsurf



Gambar 4. Desain 3 Dimensi Kamar Mesin

2.2 Input Analisa pada FEM

2.2.1 Material Properties

Dalam pemodelan dan penganalisisan menggunakan Metode Elemen Hingga, diperlukannya memasukkan nilai karakteristik material sesuai dengan plat yang digunakan. Material yang digunakan dalam struktru kamar mesin ini adalah *steel plate Grade A*. Disebabkan dalam software Autodesk Fusion 360 tidak terdaftar karakteristik *steel plate Grade A* maka dilakukan input secara manual. Dengan cara klik material pada

toolbar, kemudian klik manage material properties, lalu ubah spesifikasi material sesuai yang telah ditentukan. Selanjutnya adalah pemberian material pada tiap komponen atau part. Dengan cara klik material pada toolbar, kemudian klik *study material* untuk mengubah material tiap komponen atau part sesuai yang telah ditentukan. Berikut spesifikasi material seperti pada tabel 4.1. berikut:

Size / Ukuran	Tensile Test / Tarik		
	YP	TS	EL
	(Mpa)		(%)
12x1829x9144	313	455	27
10x1829x9144	285	427	30
22x1523x9144	291	443	30
12x2438x9144	298	449	29
19x1829x9144	288	441	30
11x2438x9144	293	450	26
12x1524x9144	299	449	22

Tabel 1. Material Properties

2.2.2 Meshing dan Konvergensi

Untuk melakukan analisis suatu model dengan metode elemen hingga, perlu dilakukan proses diskritasi atau meshing. Dengan cara membagi struktur pemodelan tersebut menjadi elemen-elemen kecil (elemen hingga) yang terhubung oleh titik-titik atau nodes yang digunakan oleh elemen-elemen tersebut sebagai batas dari struktur objek. Pada penelitian ini, ukuran meshing yang digunakan sebesar 0.6 m.

Sedangkan konvergensi sendiri, adalah salah satu cara yang digunakan untuk melakukan pemilihan ukuran elemen yang tepat dalam pembuatan model elemen hingga sehingga model menghasilkan nilai yang valid. Konvergensi dilakukan dengan melakukan perbandingan dari beberapa ukuran dan jumlah elemen pada satu model. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini sebagai acuan dalam melakukan konvergensi adalah nilai frekuensi alami untuk mode pertama. Apabila nilai dari data-data tersebut tiap ukuran dan jumlah elemen sudah tidak menunjukkan perbedaan presentase yang cukup signifikan (<2%) maka model tersebut sudah dapat dinyatakan valid dan dapat dijadikan acuan dalam pembuatan variasi model lainnya (Anderson, 1995). Adapun hasil dari konvergensi model dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2. Konvergensi

Mode ke-	Elemen 1798695	Elemen 1937224	Selisih (%)
	Node 3943271	Node 4130356	
	Frekuensi		
1	0.4022	0.4084	1.52
2	0.4158	0.4208	1.19
3	0.5473	0.5533	1.08
4	0.6132	0.6632	0.62
5	0.9802	0.9953	1.52

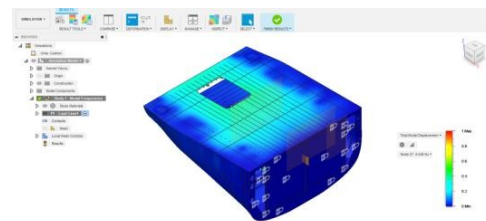
2.3 Hasil Analisa

2.3.1 Frekuensi Natural

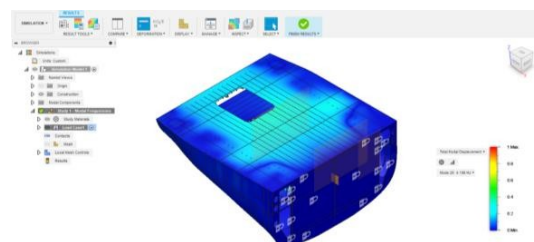
Setelah dilakukan proses meshing dan konvergensi, selanjutnya adalah menjalankan solve dari model tersebut. Dalam analisis menggunakan software Autodesk Fusion 360, dipilih *Modal Frequency* guna mencari frekuensi natural model. Pada analisis ini, dimunculkan 40 mode shapes

Tabel 3. Frekuensi Natural

Mode ke-	Frekuensi (Hz)	Mode ke-	Frekuensi (Hz)
1	0.4084	21	3.46
2	0.4208	22	3.6
3	0.5533	23	3.621
4	0.6632	24	4.166
5	0.9953	25	4.198
6	0.9989	26	4.223
7	1.067	27	4.536
8	1.253	28	4.641
9	1.407	29	4.718
10	1.545	30	4.853
11	1.671	31	4.967
12	1.675	32	4.977
13	1.849	33	5.076
14	2.135	34	5.649
15	2.6	35	5.667
16	2.612	36	5.862
17	2.864	37	6.057
18	3.082	38	6.287
19	3.301	39	6.331
20	3.307	40	6.497



Gambar 5. Mode Shape 25



Gambar 6. Mode Shape 27

2.3.2 Potensi Resonansi Terhadap Mesin Induk

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa mesin induk yang digunakan pada Kapal Tanker 6500 LTDW adalah Hashin dengan model

LH46L dengan RPM mesin 200 rpm. Sehingga frekuensi eksitasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$f = \frac{\text{RPM}}{60} \text{ (Hz)}$$

$$= \frac{200}{60} = 3.333 \text{ Hz}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, apabila nilai frekuensi natural kamar mesin bernilai sama atau hampir mendekati sama dengan frekuensi eksitasi, maka akan berpotensi terjadi resonansi. Jika nilai kedua frekuensi tersebut tidak sama, maka tidak berpotensi terjadi resonansi. Frekuensi natural didapatkan dari hasil analisis menggunakan software.

Mengacu pada hasil analisis kamar mesin menggunakan *software* Autodesk Fusion 360, diketahui pada mode 19 dan mode 20 bernilai hampir sama dengan perhitungan frekuensi eksitasi terhadap mesin induk. Maka kamar mesin pada mode tersebut dapat berpotensi terjadi resonansi.

2.3.3 Potensi Resonansi Terhadap Baling-Baling

Selain potensi getaran akibat mesin induk, baling baling juga dapat menyebabkan getaran. Pada kapal tanker 6500 LTDW ini jenis baling-baling yang digunakan adalah Hansin dengan daun baling-baling berjumlah 4 yang menyatu dengan mesin induk tanpa gear box. Material yang digunakan adalah KALBC3. RPM baling-baling sama dengan RPM mesin induk yaitu 200 RPM. Sehingga frekuensi eksitasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$f = \frac{z \times \text{RPM}}{60}$$

$$= (4 \times 200) / 60 = 13.333 \text{ Hz}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, apabila nilai frekuensi natural kamar mesin bernilai sama atau hampir mendekati sama dengan frekuensi eksitasi, maka akan berpotensi terjadi resonansi. Jika nilai kedua frekuensi tersebut tidak sama, maka tidak berpotensi terjadi resonansi. Frekuensi natural didapatkan dari hasil analisis menggunakan software.

Mengacu pada hasil analisis kamar mesin menggunakan *software* Autodesk Fusion 360, dapat diketahui tidak ada nilai frekuensi yang sama atau hampir sama dengan frekuensi eksitasi. Maka kamar mesin tidak berpotensi terjadi resonansi.

2.3.4 Meminimalisir Resonansi

Untuk mengurangi potensi getaran yang terjadi secara berlebih, dapat dilakukan hal-hal berikut ini (ABS, 2006) :

a. Menurunkan amplitudo gaya eksitasi
Baling-baling mempunyai pengaruh yang besar atas timbulnya getaran pada kapal. Dapat diminimalisir dengan mengubah *propeller unsteady hydrodynamics* atau dengan cara mengubah garis atau *clearance* untuk mengurangi aliran wake yang tidak uniform dengan mengubah bentuk geometris baling-baling. Dapat dengan mengubah diameter baling-baling atau dengan mengubah jumlah daun baling-baling.

b. Menambah kekakuan
Dalam praktik di lapangan, disarankan untuk menambah kekakuan struktur guna meminimalisir getaran yang terjadi pada kapal.

c. Menambah redaman (damping)

Redaman dari suatu sistem strukturnya pada umumnya dan redaman struktur kapal pada khususnya, bernilai sangat kecil. Oleh karena itu amplitudo getaran mendekati redaman bebas, kecuali jika sangat mendekati resonansi. Saat resonansi, eksitasi dapat dikurangi oleh redaman. Namun nilai redaman sangat sulit untuk dinaikkan secara signifikan pada struktur kapal.

Alternatif yang dapat dipilih dalam upaya mengurangi resonansi yang terjadi dengan cara menambah kekakuan pada daerah yang terjadi getaran yang berlebih. Alternatif kedua adalah menambahkan redaman pada daerah yang terjadi getaran yang berlebih. Nilai amplitudo yang dihasilkan dengan pengubahan material diperoleh bahwa material yang terbaik dan mampu meredam getaran adalah material bronze (Ersandi & Susianto, 2013).

3. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis getaran terhadap kamar mesin pada studi kasus ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Frekuensi natural didapatkan dari hasil running pada software dengan memodelkan kamar mesin dapat dilihat pada tabel 4.3. Frekuensi Natural
2. Kamar mesin berpotensi resonansi terhadap mesin induk pada mode 19 yang memiliki frekuensi natural sebesar 3.301 Hz dan mode 20 yang memiliki frekuensi natural sebesar 3.307 Hz. Frekuensi eksitasi mesin induk bernilai 3.333 Hz
3. Kamar mesin tidak beresonansi terhadap baling-baling karena besarnya frekuensi natural tidak ada yang bernilai sama dengan frekuensi eksitasi baling-baling yang bernilai 13.333 Hz
4. Mesin induk tipe low speed menjadi salah satu penyebab terjadinya potensi resonansi
5. Meminimalisir dampak dari resonansi diperlukan pemberian peredam di sekitar daerah yang terjadi getaran berlebih dan dapat menambahkan kekakuan pada daerah yang terjadi getaran berlebih.

PUSTAKA

- ABS. (2006). *Guidance Note on Ship Vibration*. New York: American Bureau of Shipping
- Anderson, J. D. (1995). *Computational Fluid Dynamics The Basics with Application*. New York: McGraw Hill
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2006. *Perdoman Klasifikasi & Konstruksi*. Jakarta: Biro Klasifikasi i Indonesia.
- Budianto. 2017. Penentuan Ukuran Utama dan Rencana Garis Fast Ferry 150 Pax Untuk Penyeberangan Rute Gresik-Bawean. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*. 14(1) : 1
- Djaya, I. K. (2008). *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 2*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

- DNV-GL (2015). *Class Guideline-Finite Element Analysis*. Hamburg: DNV-GL
- Ersandi, C.S. & Susatio, Y. 2013. Simulasi Peredaman Getaran Pada *Propeller* Kapal Jenis *Fixed Pitch Propeller* (FPP). 1(1) : 1-4
- Hamid, A. (2012). *Praktikal Vibrasi Mekanik: Teori dan Praktik*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hanna, A. (2019). *Analisis Respon Struktur Konstruksi Shaft Bracket Tipe V Poros Propeller KM. Sabuk Nusantara 72 Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- Hasibuan, M. A. (2017). *Analisis Potensi Terjadinya Resonansi Pada Kapal Patroli Cepat Dengan Metode Elemen Hingga*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Indrian, D. (2018). *Fusion 360 Simulation*. Bandung: Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
- Ishak, R.A., & Imriyanti (2014). *Modul Ajar Mekanika Teknik*. Makassar : Universitas Hasanudin
- Modul Getaran Kapal, Jurusan Teknik Perkapalan ITS. 2002. Surabaya
- Pemerintah Indonesia. 2008. Undang-Undang No. 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran. Jakarta : Sekretariat Negara
- Santoso, M., Sudiyono, Witjonarko, R.D.E. (2018). *Modul Ajar : Sistem Penggerak Kapal*. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- Vorus, W. S. (1988). *Chapter VII Vibration. Principles of Naval Architecture Second Revision Volume II Resistance, Propulsion and Vibration*. New Jersey : SNAME