

Getaran Longitudinal Pada Sistem Propulsi Kapal *Tugboat*

Alamsyah^{1*}, Retno Sudarwati¹, Amalia Ika Wulandari², Andi Mursid Nugraha³

^{1*,2,3}Program Studi Teknik Perkapalan Institut Teknologi Kalimantan

*E-mail: alamsyah@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Vibration is common in ship propulsion systems as a result of the rotation of the propeller shaft, one of the vibrations that occur in the propulsion system is a longitudinal vibration. The purpose of this study was to determine the value of Arms (Amplitude Root Mean Square) of the TB ship's longitudinal vibrations. BPW 3 and the value of noise radiation in accordance with ICES 209 standard with variations of ST.60 Steel, Stainless Steel 304 and Carbon Steel ST 37 in the propulsion system, using analytical methods. The results obtained showed the value of the TB ship's Arms propulsion system. BPW 3 for ST.60 steel material is 0.221464306, while for stainless steel 304 material is 0.221451701 and for carbon steel ST 37 material is 0.221472008. From that values known that still fulfill ABS standards.

Keywords : Arms, propeller shaft, vibration.

Abstrak

Getaran biasa terjadi pada sistem propulsi kapal sebagai akibat dari perputaran poros baling – baling, salah satu getaran yang terjadi pada sistem propulsi ialah getaran longitudinal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai Arms (Amplitudo Root Mean Square) dari getaran longitudinal kapal TB. BPW 3 dan nilai radiasi kebisingan sesuai dengan standart ICES 209 dengan variasi Baja ST.60, Stainless Steel 304 dan Carbon Steel ST 37 pada sistem propulsi, menggunakan metode Analitis. Hasil penelitian didapatkan nilai Arms sistem propulsi kapal TB. BPW 3 untuk material baja ST.60 yaitu sebesar 0.221464306, sedangkan untuk material stainless steel 304 yaitu sebesar 0.221451701 dan untuk material carbon steel ST 37 yaitu sebesar 0.221472008. Dari ketiga nilai Arms yang didapatkan, diketahui bahwa nilai Arms ketiga variasi material tersebut masih memenuhi standar ABS.

Kata kunci : Arms, poros baling-baling, getaran.

1. Pendahuluan

Strategi pengembangan transportasi air di Pulau Kalimantan merupakan upaya dalam menyusun sistem transportasi air yang terpadu, terintegrasi, demi mewujudkan transportasi yang berkelanjutan, dan berwawasan keselamatan dan pelestarian lingkungan [1]. Sarana transportasi laut menjadi peran penting bagi negara kepulauan seperti Indonesia. Kapal harus mempunyai rancangan sistem poros (penggerak) yang dapat mengatasi keseluruhan gaya-gaya hambat (*total resistance*) yang terjadi dalam memenuhi

standar kecepatan dinasnya. Fungsi utama sistem poros pada kapal adalah sebagai sistem transmisi tenaga yang bersumber dari mesin utama lalu ditransfer ke baling-baling yang menggerakkan kapal dalam kecepatan tertentu [2].

Seiring dengan lamanya pengoperasian kapal, sistem propulsi akan mengalami perubahan tingkat getaran menjadi lebih tinggi. Getaran biasa terjadi sebagai akibat dari perputaran poros baling-baling dan getaran permesinan meyalurkan daya ke baling-baling. Getaran kapal ini akan menghasilkan

kebisingan, penurunan performa pada sistem dan juga hal-hal lain yang tidak diinginkan. Sistem propulsi mengalami beberapa jenis getaran, yaitu getaran lateral, longitudinal dan torsional. Getaran bersifat merambat, oleh karena itu getaran yang sebagian besar berasal dari kamar mesin dapat menyebabkan seluruh bagian kapal lainnya juga mengalami getaran. Jika, getaran tersebut terjadi secara terus menerus diiringi dengan peningkatan frekuensi getarannya maka akan berdampak pada kerusakan konstruksi kapal. Getaran mengakibatkan lenturan badan kapal disebabkan oleh gelombang dan baling-baling, dan getaran lokal sistem konstruksi maupun komponen-komponen mesin diantaranya getaran pelat, poros, tiang *mast*, pompa, dan lain-lain [3].

Getaran timbul karena adanya transfer beban siklik melalui elemen mesin, dimana elemennya berinteraksi satu sama lain kemudian energi didisipasi lewat komponen struktur berbentuk getaran. Beberapa anomali seperti keausan atau deformasi menyebabkan perubahan karakteristik dinamik sistem dan membuat terjadinya *increasing* energi getaran sehingga lambat laun terjadi kelelahan material pada poros yang dapat menyebabkan perubahan bentuk yang besar dan patah. Oleh sebab itu, desainer harus memberikan perhatian lebih untuk mencegah terjadinya kerusakan pada poros [4].

Gaya yang berkontribusi membuat sistem bergetar seperti kontak/benturan antara komponen yang bergerak/berputar, putaran dari massa yang tidak seimbang (*unbalance mass*), *miss alignment* dan juga karena kerusakan bantalan (bearing fault) [5]. Getaran *torsional*, *lateral*, dan *longitudinal* dianalisa pada sistem poros beserta mesin utamanya [6]. Perlu penelitian lebih mendalam untuk menghitung frekuensi natural untuk mendapatkan nilai amplitudo pada sistem agar mengetahui getaran yang terjadi pada sistem poros kapal. Pada penelitian ini hanya dikaji nilai *longitudinal vibration* (getaran *longitudinal*) saja.

2. Metoda Penelitian

2.1 Data Baling-Baling (*Propeller*)

Hal yang penting sehubungan dengan perancangan propeller antara lain, *propeller diameter*, *propeller Rpm*, jumlah *blade*, *propeller pitch*, *developed area*, *propeller blade thickness*, *propeller hub*, *propeller weight*. Sebagai adopsi *propeller* yang akan digunakan dalam perancangan ini menggunakan data propeller dan spesifikasi dari galangan kapal PT. XYZ ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Propeller Wagernigen B-series

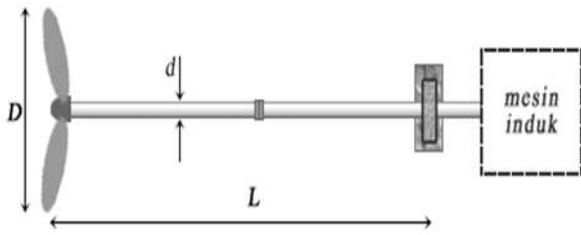
Spesifikasi <i>Propeller</i>	Dimensi
Diameter <i>Propeller</i>	1400 mm
<i>Rpm</i>	1800
<i>P/D</i>	0.69
<i>Ae/A0</i>	0.4
<i>N</i>	4
<i>EAR (Expanded Area Ratio)</i>	1.53
Berat <i>Propeller</i>	3122.033 ton
<i>Ip (Inersia Propeller)</i>	302248.86 lb/in s ²
<i>MWR (Mean Widht Ratio)</i>	1.584
<i>BTF (Blade Thickness Fraction)</i>	0.0453

2.2 Data Poros

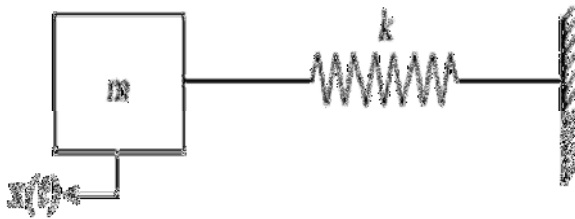
Perencanaan poros untuk diameter poros (*Ds*) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus pendekatan, tetapi disini untuk nilai dari diameter poros didapatkan dengan melakukan pengambilan data di galangan kapal PT. Meranti Nusa Bahari. Adapun variabel yang didapatkan seperti diameter poros, daya poros, faktor untuk tipe instalasi propulsi, faktor untuk tipe poros, putaran poros *propeller*, berat poros dan momen inersia poros seperti terlihat pada Tabel 2, Gambar 1 dan 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi Poros

Spesifikasi Poros	Dimensi
Panjang poros	4500 mm
Diameter poros	127 mm
Factor tipe poros	1.22
Berat poros	0.0036064 lb s ² /in
Momen Inersia	1.914 in ⁴



Gambar 1. Shafting system



Gambar 2. Pemodelan getaran longitudinal

2.3 Perhitungan Getaran Longitudinal

Proses pemodelan sistem propulsi kapal sangat kompleks, sehingga dilakukan penyederhanaan agar proses analisa dapat dilakukan dengan mudah [7]. Diasumsikan model bergetar dengan koordinat gerak sejajar dengan sumbu poros *propeller* sehingga diketahui besarnya nilai amplitudo getaran pada sistem propulsi. Selain data permesinan, dibutuhkan juga data *mechanical properties* dari material poros *propeller* [8] yang dalam penelitian ini, sistem propulsi kapal *Tug Boat* diasumsikan menggunakan tiga material yang berbeda, yaitu *Carbon Steel ST.60*, *Carbon Steel ST 37* dan *Stainless Steel 304* karena material tersebut yang umum digunakan selain *carbon steel S45C* dimana sedikit banyak akan mempengaruhi hasil analisa getaran.

Dalam perhitungan getaran longitudinal memiliki lima langkah yaitu perhitungan frekuensi eksitasi, perhitungan frekuensi natural, perhitungan *steady thrust*, perhitungan amplitudo eksitasi getaran pada kecepatan penuh dan perhitungan amplitudo getaran pada sistem yang semuanya dilakukan dengan metode analitis. Untuk *mechanical properties material* yang digunakan pada analisa perhitungan getaran longitudinal untuk masing-masing jenis material yakni cukup

dengan nilai *density material factor* ditunjukkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. *Density factor material* (K)

Jenis Material	K (<i>Density material factor</i>)
<i>Carbon Steel ST. 60</i>	0.2817929
<i>Carbon Steel ST 37</i>	0.284
<i>Stainless Steel 304</i>	0.2781801

2.4 Perhitungan Frekuensi Eksitasi

Pada waktu daun baling – baling melewati daerah dengan *wake* tinggi akan terjadi kenaikan gaya dorong/*thrust*. Untuk baling – baling dengan *N* jumlah daun, maka untuk setiap putaran akan terjadi *N* kali kenaikan gaya dorong, karena sebanyak itulah daun baling – baling akan melewati daerah dengan *wake* tinggi tersebut. Dari sini dapat didefinisikan besarnya *blade rate frequency* atau frekuensi eksitasi yang terjadi akibat pengaruh baling – baling, sebagai berikut :

$$f = \frac{Rpm}{60} \cdot N \tag{1}$$

2.5 Perhitungan Frekuensi Natural

Sebelum menghitung frekuensi natural terlebih dahulu harus mencari total massa dari seluruh sistem yakni total massa baling – baling dan poros. Berikut merupakan perhitungan berat baling – baling :

$$W = K \times D^3 (MWR)(BTF) \tag{2}$$

Dan berikut merupakan perhitungan berat poros baling baling:

$$\mu = 0,002035 \times (\rho g)(d^2) \tag{3}$$

Setelah mendapatkan nilai dari total massa seluruh sistem, untuk mendapatkan nilai frekuensi natural menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f_{nd} \approx f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \tag{4}$$

2.6 Perhitungan Steady Thrust

T_o disebut *Steady Thrust* yaitu *thrust* rata-rata yang tidak berubah terhadap waktu. Dalam desain baling-baling T_o dipakai sebagai referensi. Besarnya T_o untuk sembarang RPM bisa dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_o = T_{or} \left[\frac{RPM}{RPM_R} \right]^2 \tag{5}$$

2.7 Perhitungan Amplitudo Eksitasi Getaran pada Kecepatan Penuh

Besarnya nilai amplitudo eksitasi getaran pada kecepatan penuh didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F = \beta \times T_o \tag{6}$$

2.8 Perhitungan Amplitudo Getaran pada Sistem

Terjadinya resonansi pada sistem karena besarnya frekuensi eksitasi sama dengan besarnya frekuensi natural. Namun, untuk mengetahui apakah akan timbul masalah harus mengetahui besarnya getaran yang terjadi, kemudian membandingkannya dengan spesifikasi atau standar yang ada. Besarnya nilai amplitudo getaran pada sistem bisa didapatkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X = \frac{F/K}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}\right]^2}} \tag{7}$$

Setelah nilai amplitudo getaran pada sistem didapatkan, maka dapat diketahui standar kelayakan getaran longitudinal menurut standar ABS. Dimana ABS menyatakan bahwa “Getaran longitudinal sistem propulsi dianggap berlebihan apabila *Root Mean Square (RMS)* amplitudo percepatannya lebih

besar dari 0.25g [3]. Mengetahui A_{rms} dari amplitudo getaran pada sistem bisa didapatkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_{RMS} = \left[\frac{RPM \cdot 2\pi \cdot N}{60} \right]^2 \cdot X \tag{8}$$

3. Hasil Penelitian

3.1 Analisis Getaran Longitudinal

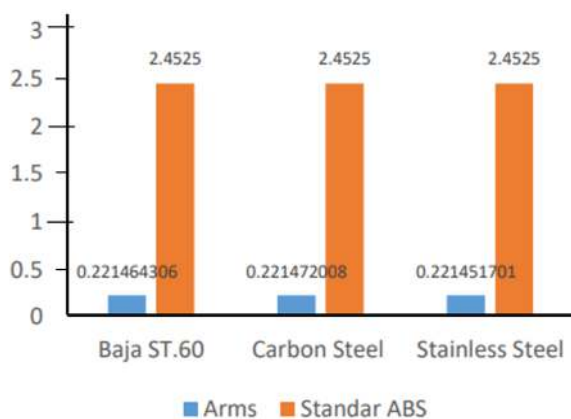
Pada penelitian ini penulis melakukan perhitungan dan analisis getaran longitudinal pada sistem propulsi untuk variasi material *Carbon Steel ST. 60*, *Carbon Steel ST 37* dan *Stainless Steel 304*. Sesuai dengan langkah-langkah perhitungan maka didapatkan hasil perhitungan dari setiap material sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Getaran Longitudinal

Jenis Material	A_{RMS}	Standar ABS
<i>Carbon Steel ST. 60</i>	0.221464306	0.25g
<i>Carbon Steel ST 37</i>	0.221472008	0.25g
<i>Stainless Steel 304</i>	0.221451701	0.25g

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan dari A_{rms} untuk masing-masing variasi material pada sistem propulsi. Untuk sistem propulsi menggunakan material *Stainless Steel 304* menunjukkan nilai yang paling kecil dibandingkan dengan material lainnya yaitu sebesar 0.221451701. Hal ini disebabkan oleh material *Stainless Steel 304* memiliki nilai frekuensi natural (ω) yang lebih besar dibandingkan dengan material lainnya yakni 194.37874 Hz. Serta nilai amplitudo getarannya (F) yang lebih kecil dibandingkan dengan material lainnya yakni 3.8994×10^{-7} . Untuk sistem propulsi menggunakan material *Carbon Steel ST 37* menunjukkan nilai yang paling besar dibandingkan dengan material lainnya yaitu sebesar 0.221472008. Hal ini disebabkan oleh material *Carbon Steel ST 37* memiliki nilai frekuensi natural (ω) yang lebih kecil dibandingkan dengan material lainnya yakni 192.3767671 Hz. Serta nilai amplitudo getarannya (F) yang lebih besar dibandingkan dengan material lainnya yakni 3.89975×10^{-7} .

Untuk sistem propulsi menggunakan material *Carbon Steel ST.60* memiliki nilai A_{RMS} sebesar 0.221464306 dengan nilai frekuensi natural (ω) sebesar 193.1286785 Hz dan nilai amplitudo getarannya (F) sebesar 3.89962×10^{-7} . Menurut hasil perhitungan didapatkan nilai getaran *longitudinal* masih berada di bawah standar ABS yaitu sebesar 0.25g atau 2.4525, sehingga dapat dikatakan bahwa getaran *longitudinal* yang terjadi pada ketiga variasi material masih dikatakan aman dan memenuhi standar yang berlaku, hal ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai A_{RMS} VS Standar ABS

Gambar 3 menunjukkan diagram perbandingan antara nilai A_{RMS} yang diperoleh dari perhitungan getaran *longitudinal* menggunakan metode analitis dan estimasi dengan standar getaran *longitudinal* yang ditetapkan oleh ABS.

4. Kesimpulan

Nilai frekuensi natural dari setiap material yang digunakan dalam simulasi hitungan getaran *longitudinal* pada sistem propulsi kapal *Tug Boat* berbanding terbalik dengan nilai A_{RMS} begitu juga dengan nilai amplitudo (F). Sedangkan nilai radiasi kebisingan berbanding lurus dengan frekuensi natural sistem untuk masing-masing jenis material sistem propulsi pada kapal *Tug Boat*.

5. Saran

Diperlukan validasi data hasil analisa dengan metode perhitungan yang berbeda (*finite element method* atau pengukuran menggunakan alat ukur getar). Dengan adanya penelitian getaran *longitudinal* dengan menggunakan metode lainnya membuat hasil yang didapatkan lebih ilmiah dan logis.

6. Daftar Pustaka

- [1] Malisan, J. "Kajian Pengawakan Kapal Tonase Kurang Dari GT 7 Pada Wilayah Perairan Pedalaman Dalam Meningkatkan Keselamatan Pelayaran, Studi kasus: Sampit," *J. Penelit. Transp. Laut. Balitbang. dephub*, vol. 25, no. 1, 2013.
- [2] Sularso dkk., *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1997.
- [3] ABS, "ABS Guide for Passenger Comfort on Ship" Sec.3," ABS PLAZA, 2002.
- [4] Alamsyah dkk., "Analisis Fatigue Life Pada Poros Kapal TB. 27 M Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Inovtek Polbeng*, vol. 10, no. 2, pp. 144–151, 2020.
- [5] Priatmoko, D. "Analisa Getaran dan Sistem Perporosan Pada Reduction Gear KM. Kumala," ITS, 2020.
- [6] Putranto, T. "Kajian penentuan getaran sistem propulsi Kapal patroli dengan metode elemen hingga," *J. Kelaut. Nas.*, vol. 13, no. 2, pp. 99–105, 2018.
- [7] Alamsyah dkk., "Analisis Whirling Vibration Pada Sistem Propulsi Kapal Tugboat BPW 3," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 8, no. 2, pp. 92–100, 2020.
- [8] Alamsyah dkk., "Analisis Kekuatan dan Umur Kelelahan Shaft Propeller Kapal SPOB," *J. Wave*, vol. 13, no. 2, pp. 91–98, 2019.