

ANALISIS GETARAN DAN KEBISINGAN PADA KAPAL UNTUK MENINGKATKAN KENYAMANAN DAN KESELAMATAN

Moh. Hafidz Efendy^{1*}, Ramdhani Yusli Arbain Sugoro², Agustin Dwi Sumiwi³, Ziedan Farisyah⁴

^{1,2,3,4} Universitas Ibnu Sina, Batam, Indonesia
e-mail: *1efendyy@uis.ac.id

Abstrak

Getaran dan kebisingan yang berlebih menurunkan kenyamanan penumpang dan dapat mengganggu keselamatan awak kapal. Penelitian ini menganalisis getaran dan kebisingan kapal feri cepat 200 penumpang milik PT Bintan Resort Ferries rute Batam–Tanjungpinang–Lagoi berdasarkan ISO 6954:2000 dan ISO 2923:1996. Pada kecepatan 28 knot, kebisingan ruang penumpang 72–78 dBA (batas IMO 65 dBA) dan getaran geladak 3,2–5,8 mm/s RMS (batas ISO 6954 Grade B: 4,0 mm/s). Analisis FFT mengidentifikasi frekuensi eksitasi dominan 58,3 Hz yang berasal dari blade passing frequency (BPF) propeller 4 daun pada 875 rpm. Survei kepuasan penumpang ($n = 120$) menghasilkan skor kenyamanan akustik 5,4/10 dan getaran 4,8/10. Solusi yang diusulkan adalah dynamic vibration absorber (DVA) 58,3 Hz dan isolasi akustik Rockwool 60 kg/m³. Prediksi SEA menunjukkan kebisingan turun menjadi 62–65 dBA, getaran turun 35–40%, dan skor kenyamanan naik menjadi 7,8 dan 7,4.

Kata kunci : getaran kapal; kebisingan; ISO 6954; blade passing frequency; FFT; kapal feri cepat

Abstract

Excessive vibration and noise reduce passenger comfort and can affect crew safety. This study analyzes vibration and noise on a 200-passenger fast ferry owned by PT Bintan Resort Ferries on the Batam–Tanjungpinang–Lagoi route based on ISO 6954:2000 and ISO 2923:1996. At 28 knots, passenger area noise is 72–78 dBA (IMO limit 65 dBA) and deck vibration is 3.2–5.8 mm/s RMS (ISO 6954 Grade B limit: 4.0 mm/s). FFT analysis identified a dominant excitation frequency of 58.3 Hz originating from the blade passing frequency (BPF) of a 4-blade propeller at 875 rpm. A passenger satisfaction survey ($n = 120$) gave an acoustic comfort score of 5.4/10 and a vibration score of 4.8/10. The proposed solution is a 58.3 Hz dynamic vibration absorber (DVA) and Rockwool 60 kg/m³ acoustic insulation. SEA predictions show noise falling to 62–65 dBA, vibration decreasing by 35–40%, and comfort scores rising to 7.8 and 7.4.

Keywords : ship vibration; noise; ISO 6954; blade passing frequency; FFT; fast ferry

1. PENDAHULUAN

Getaran dan kebisingan di kapal berasal terutama dari mesin, propeller, dan interaksi dengan gelombang. Getaran yang berlebihan dapat merusak struktur dan mengurangi kenyamanan, sedangkan kebisingan tinggi mengganggu penumpang dan awak kapal (Todd, 1967; Smentek & Przybyłek, 2021).

Batas getaran dan kebisingan di kapal diatur melalui standar ISO 6954:2000 untuk getaran, ISO 2923:1996 untuk pengukuran kebisingan, dan batas tingkat kebisingan IMO (IMO, 2012). Pada kapal cepat, frekuensi eksitasi dari putaran propeller dan mesin dapat mendekati frekuensi natural struktur sehingga menimbulkan getaran yang besar (Den Hartog, 1956; Blevins, 2001).

Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat getaran dan kebisingan pada kapal feri cepat milik PT Bintan Resort Ferries, mengidentifikasi frekuensi eksitasi dominan, mengetahui persepsi penumpang, dan mengusulkan solusi pengendalian.

2. METODE PENELITIAN

Objek dan Lokasi

Pengukuran dilakukan pada kapal feri cepat 200 penumpang milik PT Bintang Resort Ferries, Harbour Bay, Batam, rute Batam–Tanjungpinang–Lagoi saat beroperasi dengan penumpang pada kecepatan 28 knot.

Akuisisi Data

Sistem akuisisi data menggunakan NI cDAQ-9174, akselerometer PCB 356A15 (0,5–10.000 Hz), dan mikrofon Brüel & Kjær Type 4189 (6,3–20.000 Hz). Perekaman dilakukan selama 60 menit pada kondisi *steady state*.

Analisis

Hasil dianalisis berdasarkan ISO 6954:2000 dan ISO 2923:1996. Frekuensi eksitasi ditentukan dengan analisis FFT dan dibandingkan dengan *blade passing frequency* ($BPF = Z \times n/60$). Survei kepuasan penumpang dilakukan terhadap 120 responden. Efek solusi pengendalian diprediksi dengan metode *Statistical Energy Analysis* (SEA).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kebisingan

Tabel 1. Kebisingan di berbagai lokasi ($V_s = 28$ knot)

Lokasi	Terukur (dBA)	Batas (dBA)	Status
Ruang penumpang depan	72,4	65	Tidak memenuhi
Ruang penumpang tengah	74,8	65	Tidak memenuhi
Ruang penumpang belakang	78,1	65	Tidak memenuhi
Ruang kontrol navigasi	68,2	65	Tidak memenuhi
Ruang mesin	104,6	90	Tidak memenuhi
Geladak terbuka	85,3	75	Tidak memenuhi

Seluruh lokasi pengukuran melebihi batas kebisingan. Kebisingan tertinggi pada ruang penumpang terdapat di bagian belakang (78,1 dBA), yang paling dekat dengan sumber getaran propeller dan mesin.

Tingkat Getaran

Tabel 2. Getaran RMS (mm/s) pada titik representatif

Titik pengukuran (arah Z)	Terukur (mm/s)	Batas (mm/s)	Status
Geladak penumpang P.3	5,8	4,0 (Grade B)	Melebihi
Geladak penumpang P.6	4,2	4,0 (Grade B)	Melebihi
Geladak mesin Fr.8	8,4	7,0	Melebihi
Stern platform	11,4	9,0	Melebihi

Seluruh titik yang diukur melebihi batas getaran ISO 6954. Hal ini sejalan dengan hasil survei, di mana penumpang memberi skor kenyamanan akustik 5,4/10 dan getaran 4,8/10.

Analisis Frekuensi

Hasil FFT menunjukkan frekuensi eksitasi dominan 58,3 Hz yang sesuai dengan BPF propeller 4 daun pada 875 rpm: $BPF = Z \times n/60 = 4 \times 875/60 = 58,3$ Hz. Harmonik kedua berada pada 116,6 Hz, sedangkan frekuensi putaran poros 14,6 Hz. Dengan demikian propeller merupakan sumber eksitasi utama sehingga solusi yang dipilih adalah DVA yang disetel pada 58,3 Hz.

Prediksi Setelah Implementasi Solusi

Tabel 3. Prediksi setelah implementasi DVA dan isolasi akustik

Parameter	Sebelum	Sesudah (prediksi)
Kebisingan ruang penumpang	72–78 dBA	62–65 dBA (reduksi 10–13 dBA)
Getaran vertikal	3,2–5,8 mm/s	2,1–3,4 mm/s (reduksi 35–40%)
Kepuasan penumpang	5,4/10	7,8/10 (+44%)
Biaya implementasi	-	Rp 420 juta

Prediksi menunjukkan kebisingan ruang penumpang memenuhi batas IMO setelah implementasi DVA dan isolasi Rockwool 60 kg/m³. Perlu dicatat bahwa angka pada Tabel 3 merupakan hasil prediksi SEA, bukan hasil pengukuran setelah pemasangan. Kendala penelitian meliputi kondisi operasional yang bervariasi antar pengukuran, interferensi sinyal dari peralatan elektronik navigasi yang mengharuskan pengulangan pengukuran, dan keterbatasan jumlah akselerometer (8 kanal dari kebutuhan ideal 24 kanal) yang membatasi resolusi spasial.

4. KESIMPULAN

1. Pada kecepatan 28 knot, seluruh lokasi pengukuran melebihi batas kebisingan IMO (kebisingan ruang penumpang 72,4–78,1 dBA, batas 65 dBA) dan seluruh titik getaran melebihi batas ISO 6954.
2. Sumber eksitasi dominan adalah BPF propeller 4 daun pada 875 rpm, yaitu 58,3 Hz.
3. Solusi DVA 58,3 Hz dan isolasi akustik Rockwool 60 kg/m³ diprediksi menurunkan kebisingan menjadi 62–65 dBA, menurunkan getaran 35–40%, dan meningkatkan skor kepuasan penumpang menjadi 7,8, dengan biaya Rp 420 juta.

5. SARAN

Berikut beberapa saran dari penelitian ini:

1. Perlu dikembangkan model FEA berbasis MSC Nastran untuk memprediksi respons dinamik struktur kapal secara komprehensif.
2. Model FEA perlu divalidasi dengan data eksperimen agar dapat dipakai mengoptimalkan desain struktur kapal baru yang memenuhi kriteria kebisingan dan getaran sejak desain awal.

DAFTAR PUSTAKA

- Blevins, R. D. (2001). *Formulas for Natural Frequency and Mode Shape*. Krieger Publishing.
- Den Hartog, J. P. (1956). *Mechanical Vibrations* (4th ed.). McGraw-Hill.
- IMO. (2012). *MSC-MEPC.2/Circ.12 – Revised Noise Levels Limits for Ship*.
- ISO. (1996). *ISO 2923:1996 – Acoustics: Measurement of Noise on Board Vessels*.
- ISO. (2000). *ISO 6954:2000 – Mechanical Vibration on Passenger and Merchant Ships*.
- Senjanović, I., Malenica, Š., & Tomašević, S. (2020). Investigation of ship hydroelasticity. *Ocean Engineering*, 35(5–6), 523–535.
- Smentek, R., & Przybyłek, M. (2021). Noise and vibration on passenger vessels. *Polish Maritime Research*, 28(4), 112–124.
- Todd, F. H. (1967). *Ship Hull Vibration*. Edward Arnold Publishers.