

OPTIMASI KEKASARAN PERMUKAAN UNTUK MENGURANGI AMPLITUDO GETARAN PADA STRUKTUR ALUMINIUM

Agustinus S. Titirloloby^{1,*}, Debby R. Lekatompessy¹, Sonja T. A. Lekatompessy¹

¹Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

* E-mail: stitirloloby@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kekasaran permukaan pada dinding box aluminium untuk mengurangi amplitudo getaran akibat gaya eksitasi. Aluminium dipilih karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan korosi, ideal untuk aplikasi industri. Metode simulasi dibantu komputer digunakan untuk menganalisis pengaruh berbagai tingkat kekasaran permukaan terhadap respons getaran struktur. Simulasi dilakukan pada model box aluminium polos dan bermotif horizontal serta vertikal dengan ketinggian 1mm dan 1,5mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran permukaan secara signifikan mengurangi amplitudo getaran. Motif dengan ketinggian 1,5mm lebih efektif mengurangi amplitudo dibandingkan motif 1mm. Selain itu, motif vertikal menunjukkan efisiensi redaman yang sedikit lebih tinggi dibandingkan motif horizontal. Penurunan amplitudo disebabkan oleh peningkatan gaya gesekan internal dan disipasi energi yang lebih efektif pada permukaan kasar. Temuan ini mendukung teori bahwa kekasaran permukaan dapat digunakan untuk mengontrol dan mengurangi respons dinamis pada struktur aluminium, meningkatkan kinerja dan keselamatan dalam aplikasi industri. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam desain dan pemeliharaan struktur aluminium, khususnya dalam konteks industri di mana pengendalian getaran merupakan faktor krusial.

Kata kunci: *kekasaran permukaan, amplitudo getaran, aluminium, simulasi, efisiensi redaman*

ABSTRACT

This study aims to optimize surface roughness on aluminum box walls to reduce vibration amplitude caused by excitation forces. Aluminum is chosen for its light weight, strength, and corrosion resistance, making it ideal for industrial applications. Computer-aided simulations analyze the effect of various surface roughness levels on the structure's vibration response. Simulations were conducted on plain aluminum box models and boxes with horizontal and vertical patterns at heights of 1mm and 1,5mm. Results show that increasing surface roughness significantly reduces vibration amplitude, with 1,5mm patterns being more effective than 1mm patterns. Vertical patterns exhibit slightly higher damping efficiency than horizontal patterns. The reduction in amplitude is due to increased internal friction and more effective energy dissipation on rough surfaces. These findings support the theory that surface roughness can control and reduce dynamic responses in aluminum structures, enhancing performance and safety in industrial applications. This research contributes to the design and maintenance of aluminum structures, particularly in industries where vibration control is crucial.

Keywords: *surface roughness, vibration amplitude, aluminum, simulation, damping efficiency*

1. PENDAHULUAN

Dalam industri perkapalan, material yang digunakan untuk berbagai komponen kapal harus memenuhi sejumlah kriteria, salah satunya adalah kekuatan dan ketahanan terhadap berbagai gaya yang bekerja. Aluminium dipilih sebagai material karena sifatnya yang ringan namun kuat serta

memiliki ketahanan korosi yang baik. Aluminium sering digunakan dalam pembuatan berbagai struktur, termasuk dinding box atau panel pada kapal (Muñoz et al., 2020; Sun et al., 2021; Lekatompessy, 2023a).

Salah satu aspek penting dalam penggunaan aluminium adalah permukaan material tersebut. Kekasaran permukaan aluminium dapat mempengaruhi berbagai sifat mekanisnya, termasuk respons terhadap gaya eksitasi. Gaya eksitasi yang bekerja pada dinding box aluminium dapat berasal dari berbagai sumber, seperti getaran mesin dan aktivitas operasional lainnya. Respons material terhadap gaya eksitasi ini sangat penting untuk dipelajari karena dapat mempengaruhi performa dan keselamatan struktur kapal (Kim et al., 2020; Li et al., 2021; Lekatompessy, 2023b).

Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran permukaan dapat mengurangi amplitudo getaran yang terjadi akibat gaya eksitasi. Permukaan yang kasar cenderung mendisipasi energi lebih cepat dibandingkan dengan permukaan yang halus, sehingga mengurangi amplitudo getaran (Şahinoğlu et al., 2017; Gusti, 2018; Albany et al., 2019). Sebagai contoh, studi oleh Kim et al. (2020) menemukan bahwa peningkatan kekasaran permukaan secara signifikan mengurangi amplitudo getaran pada material tersebut.

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kekasaran permukaan pada dinding box aluminium untuk mengurangi amplitudo getaran akibat gaya eksitasi. Dengan memahami hubungan antara kekasaran permukaan dan nilai amplitudo getaran, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perancangan struktur yang lebih tahan terhadap getaran dan meningkatkan keselamatan operasional kapal (Lekatompessy, 2023c). Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi para insinyur dalam memilih dan mempersiapkan material aluminium yang akan digunakan dalam aplikasi teknik perkapalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Pengaruh Kekasaran Permukaan terhadap Amplitudo Getaran

Peningkatan kekasaran permukaan dapat meningkatkan disipasi energi, mengurangi amplitudo getaran, dan meningkatkan performa struktur. Gusti (2018) menyatakan bahwa permukaan kasar cenderung mendisipasi energi lebih efektif dibandingkan permukaan halus, sehingga mengurangi amplitudo getaran yang terjadi. Penelitian oleh Hu et al. (2018); Sahoo, P., & Pratap, A. (2017) menunjukkan bahwa amplitudo getaran pada spesimen aluminium dapat dikurangi dengan meningkatkan kekasaran permukaan menggunakan getaran ultrasonik.

Metode simulasi dalam analisis kekasaran permukaan menggunakan komputer seperti Finite Element Analysis (FEA) sering dipakai untuk memodelkan dan menganalisis pengaruh kekasaran permukaan. Liu et al. (2020) menggunakan FEA untuk mengevaluasi efek kekasaran permukaan pada komposit aluminium matriks. Sementara, efisiensi redaman pada motif kekasaran diteliti oleh Kim et al. (2020); Tong, J., et al (2020), yang menyatakan bahwa peningkatan kekasaran permukaan dapat secara signifikan mengurangi amplitudo getaran. Motif kekasaran dengan tinggi yang lebih besar menunjukkan efisiensi redaman yang lebih tinggi dibandingkan motif yang lebih kecil. Variasi Kekasaran Permukaan menurut studi oleh Sun et al. (2021), yang membandingkan motif horizontal dan vertikal, menunjukkan bahwa orientasi motif juga berpengaruh pada efisiensi redaman. Motif vertikal memiliki efisiensi redaman yang sedikit lebih tinggi dibandingkan motif horizontal pada tinggi yang sama.

b. Getaran Mekanis

Getaran mekanis adalah gerakan bolak-balik suatu benda melalui suatu titik keseimbangan. Dalam getaran mekanis, terdapat beberapa rumus dasar yang sering digunakan. Berikut adalah beberapa rumus penting dalam getaran mekanis:

Periode Getaran (T):

$$T = 1/f \quad (1)$$

di mana T adalah periode getaran (waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus penuh) dan f adalah frekuensi getaran.

Frekuensi Getaran (f)

$$f = 1/T \quad (2)$$

di mana f adalah frekuensi getaran (jumlah siklus per detik) dan T adalah periode getaran.

Frekuensi Sudut (ω)

$$\omega = 2\pi f \quad (3)$$

di mana ω adalah frekuensi sudut dan f adalah frekuensi getaran.

Persamaan Gerak Harmonik Sederhana

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) \quad (4)$$

di mana $x(t)$ adalah posisi benda pada waktu t , A adalah amplitudo, ω adalah frekuensi sudut, dan ϕ adalah fase awal. Getaran mekanis terjadi ketika suatu benda bergerak bolak-balik melalui titik keseimbangan. Frekuensi getaran menunjukkan berapa kali gerakan bolak-balik terjadi dalam satu detik, sedangkan periode adalah waktu yang diperlukan untuk satu siklus penuh. Amplitudo adalah jarak maksimum dari titik keseimbangan, dan frekuensi sudut menghubungkan periode dan frekuensi getaran dengan perputaran sudut.

Berikut adalah beberapa langkah dan konsep yang dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh kekasaran permukaan terhadap amplitudo getaran:

Tentukan Koefisien Redaman (c): Kekasaran permukaan dapat mempengaruhi koefisien redaman. Sebagai contoh, kekasaran yang lebih tinggi biasanya meningkatkan redaman. Ini bisa ditentukan secara eksperimental atau menggunakan model empiris yang menghubungkan kekasaran dengan redaman.

Hitung Rasio Redaman (ζ): Gunakan nilai c yang diperoleh dari langkah sebelumnya untuk menghitung rasio redaman:

$$\zeta = c/c_c \text{ dimana } c_c = 2\sqrt{km} \quad (5)$$

Hitung Amplitudo Getaran Tereadam: Gunakan persamaan amplitudo getaran teredam untuk menentukan pengaruh kekasaran pada amplitudo getaran pada waktu tertentu.

Kekasaran permukaan mempengaruhi nilai koefisien redaman c , yang kemudian mempengaruhi rasio redaman ζ . Rasio redaman ini mengubah amplitudo getaran seiring waktu. Secara umum, semakin kasar permukaannya, semakin tinggi koefisien redamannya, yang berarti lebih banyak energi yang hilang dalam setiap siklus getaran, sehingga amplitudo getaran akan lebih cepat menurun.

3. METODE PENELITIAN

a. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi menggunakan komputer untuk menganalisis pengaruh kekasaran permukaan pada dinding box aluminium terhadap nilai amplitudo getaran yang terjadi akibat gaya eksitasi. Pendekatan ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental, yang memungkinkan peneliti untuk memodelkan dan mengevaluasi berbagai kondisi permukaan dan beban tanpa harus membuat fisik setiap variasi sehingga menghemat waktu dan biaya.

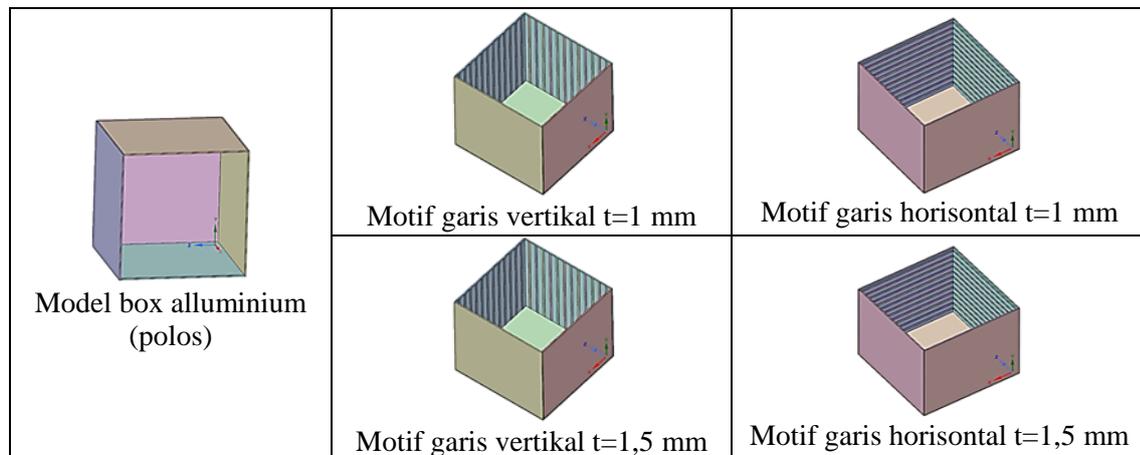
b. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Kekuatan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, yang dilengkapi dengan perangkat lunak simulasi yang memadai untuk menjalankan analisis Finite Element Analysis (FEA).

c. Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Sampel: Objek penelitian ini adalah model box aluminium yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri, dengan dimensi standar 500 mm x 500 mm x 500 mm.

Penelitian ini menggunakan model box aluminium dengan variasi kekasaran permukaan yang berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap respons getaran (Dobes et al., 2017; Niu, et al., 2020; Puga et al., 2019). Variasi kekasaran yang dipilih meliputi permukaan polos, motif horizontal 1mm, motif horizontal 1,5 mm, motif vertikal 1 mm, dan motif vertikal 1,5 mm seperti terlihat pada Gambar 1. Model yang digunakan dalam proses analisis adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Model Box Aluminium yang Digunakan pada Uji Getaran

d. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui proses simulasi menggunakan perangkat lunak komputer. Langkah-langkahnya adalah:

- Pemodelan Box Aluminium: Membuat model 3D dari box aluminium dengan variasi kekasaran permukaan menggunakan perangkat lunak tertentu.
- Simulasi Getaran: Melakukan analisis modal dan respons harmonik untuk mengukur amplitudo getaran yang terjadi pada setiap variasi kekasaran permukaan.
- Pengumpulan Data Simulasi: Merekam nilai amplitudo getaran yang dihasilkan dari setiap simulasi.

e. Variabel Penelitian

Adapun variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Variabel Terikat (Y) adalah:

y_1 = Amplitudo yang terjadi pada model (mm)

y_2 = Frekuensi Natural (Hz)

Variabel bebas (X)

x_1 = Parameter bentuk (P)

P_0 = Model permukaan polos

P_1 = Model 1

P_2 = Model 2

x_2 = Parameter ketebalan motif (T)

T_0 = Model permukaan polos

T_1 = Model 1 (garis horisontal)

T_2 = Model 2 (garis vertikal)

$y_1 = f(x_1, x_2)$

$y_2 = f(x_1, x_2)$

Pengukuran dilakukan dengan mencatat amplitudo getaran yang dihasilkan pada masing-masing variasi permukaan.

f. Teknik Analisis Data

Data hasil simulasi dianalisis menggunakan data simulasi dalam bentuk grafik dan tabel untuk menentukan hubungan antara kekasaran permukaan dan nilai amplitudo getaran. Langkah-langkah analisis data meliputi pembuatan grafik perbandingan untuk memvisualisasikan perbedaan amplitudo getaran antara berbagai variasi kekasaran permukaan.

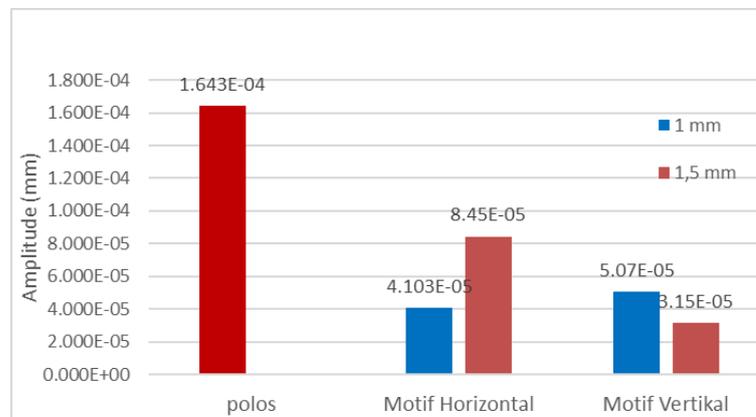
Dengan metode ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang pengaruh kekasaran permukaan terhadap amplitudo getaran dan membantu dalam merancang struktur yang lebih tahan terhadap getaran untuk aplikasi kelautan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Sisi A1

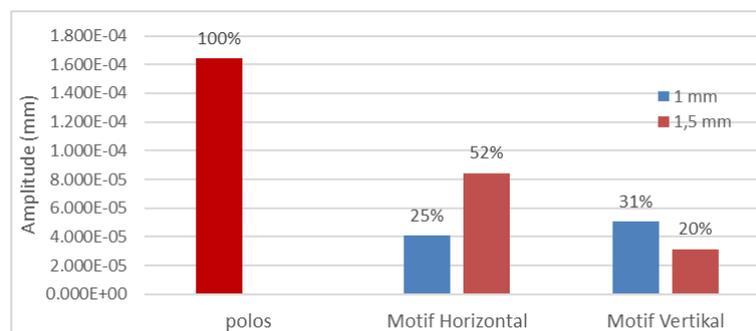
Tabel 1. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi A1

Sisi A1			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
1.643E-04	1 mm	4.103E-05	5.07E-05
	1,5 mm	8.45E-05	3.15E-05



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi A1

Dari grafik batang di Gambar 2 dapat dilihat penurunan amplitudo yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa nilai amplitudo berkurang 48% sampai 80% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos.

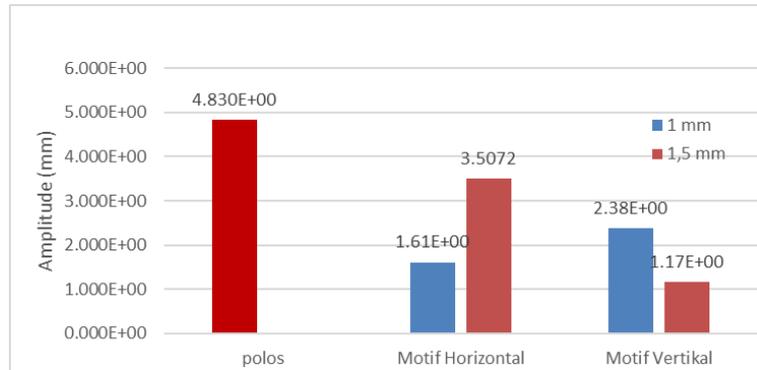


Gambar 3. Grafik Perbandingan Pada Sisi A1 dengan Persentase %

b. Sisi A2

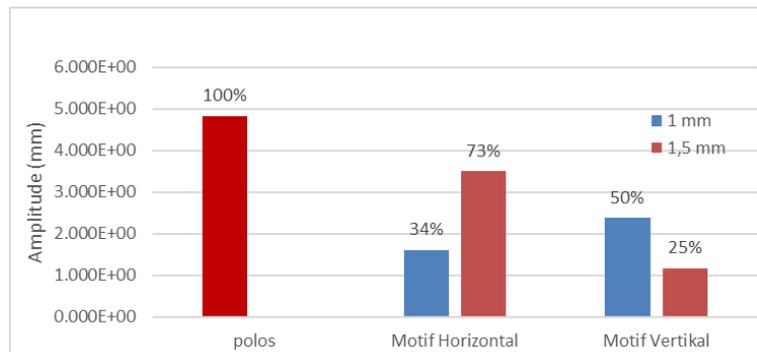
Tabel 2. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi A2

Sisi A2			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
4.830E+00	1 mm	1.61E+00	2.38E+00
	1,5 mm	3.5072	1.17E+00



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi A2

Dari grafik batang di Gambar 4 dapat dilihat penurunan amplitudo yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Sementara, Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai amplitudo pada box bermotif berkurang 27% sampai 75% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos.

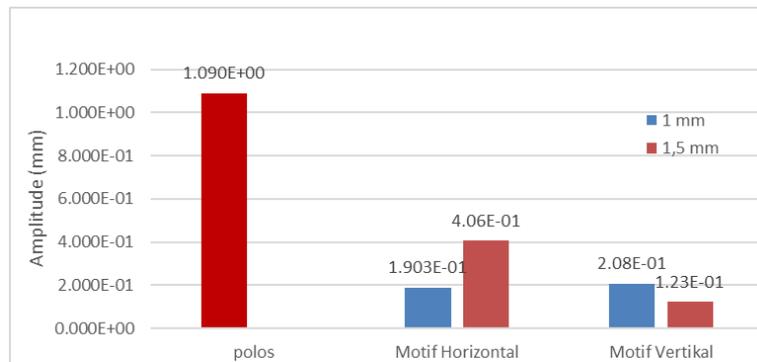


Gambar 5. Grafik Perbandingan Pada Sisi A2 dengan Persentase %

c. Sisi B1

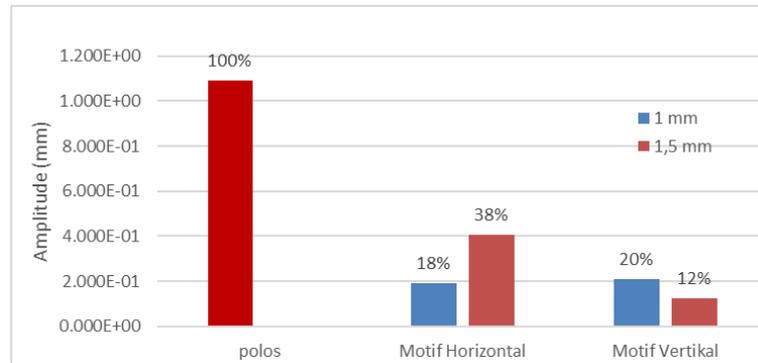
Tabel 3. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi B1

Sisi B1			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
1.090E+00	1 mm	1.903E-01	2.08E-01
	1,5 mm	4.06E-01	1.23E-01



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi B1

Dari grafik batang di Gambar 6 dapat dilihat penurunan amplitudo yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Dapat di lihat pada grafik Gambar 7 bahwa nilai amplitudo pada box motif berkurang 27% sampai 75% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos.

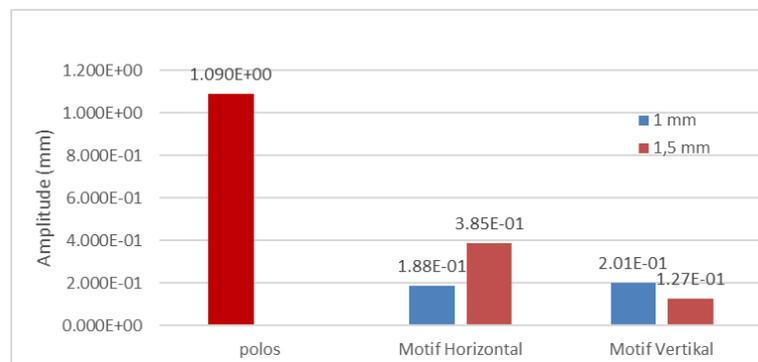


Gambar 7. Grafik Perbandingan Pada Sisi B1 dengan Persentase %

d. Sisi B2

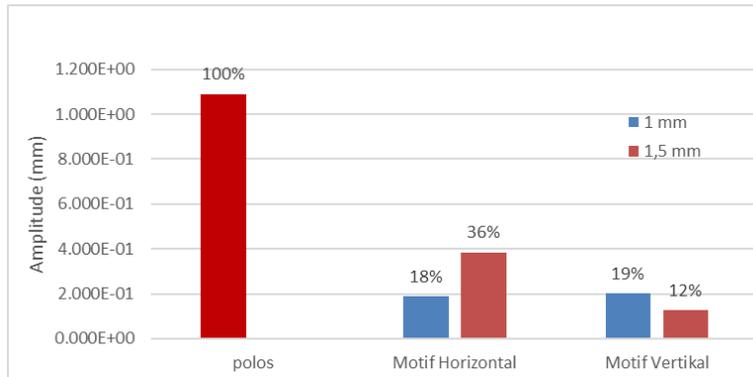
Tabel 4. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi B2

Sisi B2			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
1.090E+00	1 mm	1.88E-01	2.01E-01
	1,5 mm	3.85E-01	1.27E-01



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi B2

Dari grafik batang di Gambar 8 dapat dilihat penurunan amplitudo yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Dapat di lihat pada grafik Gambar 9 bahwa nilai amplitudo pada box motif berkurang 64% sampai 88% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos.

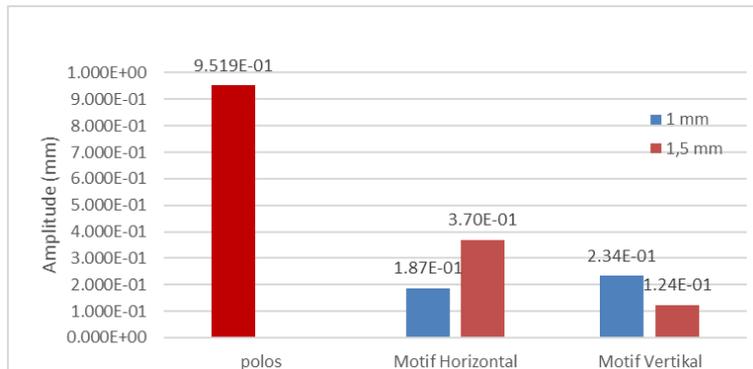


Gambar 9. Grafik Perbandingan Pada Sisi B2 dengan Persentase %

e. Sisi C1

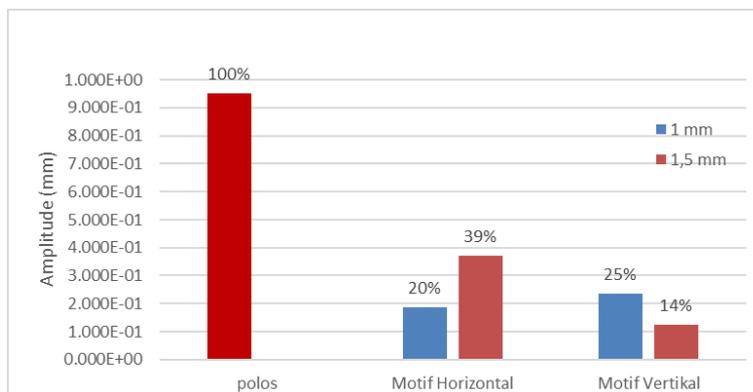
Tabel 5. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi C1

Sisi C1			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
9.519E-01	1 mm	1.87E-01	2.34E-01
	1,5 mm	3.70E-01	1.24E-01



Gambar10. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi C1

Dari grafik batang di Gambar 10 dapat dilihat penurunan amplitudo yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Dapat di lihat pada grafik Gambar 11 bahwa nilai amplitudo box motif berkurang 61% sampai 86% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos.

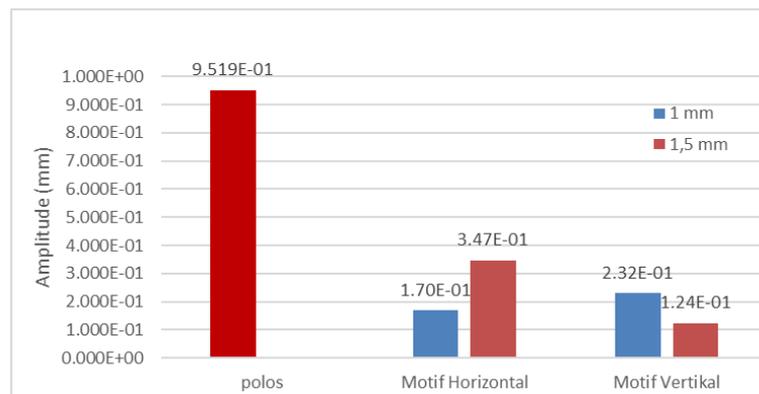


Gambar 11. Grafik Perbandingan Pada Sisi C1 dengan Persentase %

f. Sisi C2

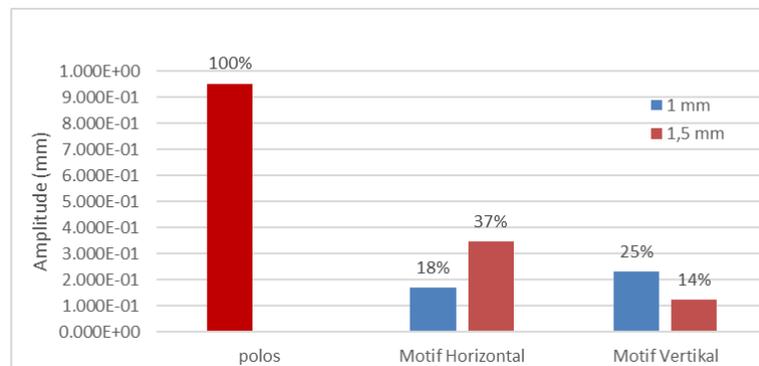
Tabel 6. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi C2

Sisi C2			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
9.519E-01	1 mm	1.70E-01	2.32E-01
	1,5 mm	3.47E-01	1.24E-01



Gambar 12. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi C2

Dari grafik batang di Gambar 12 dapat dilihat penurunan amplitudo yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Dapat di lihat pada grafik Gambar 13 bahwa nilai amplitudo box motif berkurang 63% sampai 86% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos.

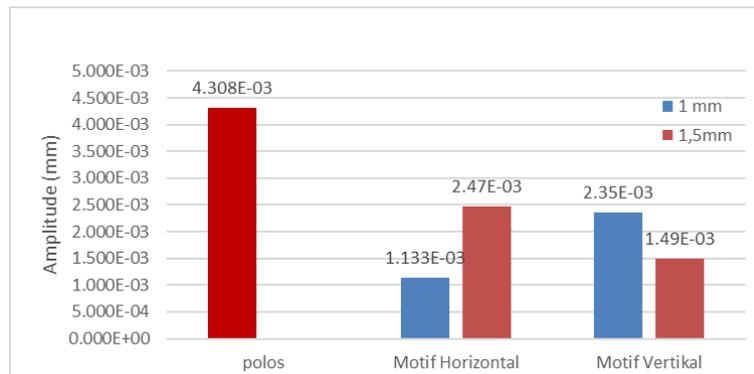


Gambar 13. Grafik Perbandingan Pada Sisi C2 dengan Persentase %

g. Sisi A1, B1, B2, C1, dan C2

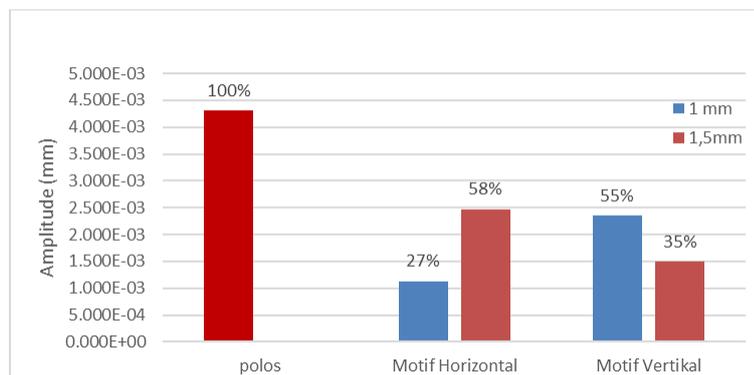
Tabel 7. Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi A1,B1,B2,C1,C2

Sisi A1, B1, B2, C1, C2			
Polos	Ukuran Motif	Motif Horizontal (mm)	Motif Vertikal (mm)
4.308E-03	1 mm	1.133E-03	2.35E-03
	1,5mm	2.47E-03	1.49E-03



Gambar 14. Grafik Perbandingan Nilai Puncak Amplitudo Pada Sisi A1,B1,B2,C1,C2

Pada Tabel 7 terlihat perbandingan hasil nilai puncak amplitudo untuk keseluruhan dinding box sisi A1, B1, B2, C1, C2. Dari grafik batang di Gambar 14 dapat dilihat penurunan amplitudo total yang terjadi akibat penggunaan motif pada pelat. Gambar 15 menunjukkan bahwa nilai amplitudo pada box motif berkurang 42% sampai 73% dibandingkan dengan besar amplitudo pada box polos. Keempat dinding bermotif dianalisis dan pengurangan amplitudo menunjukkan disipasi getaran yang cukup signifikan. Bagian dinding bermotif mengurangi getaran sehingga bagian atas A1 berkurang 2 digit dari $1.13 \times 10^{-3} \text{ mm}$ menjadi $3.15 \times 10^{-5} \text{ mm}$ secara keseluruhan.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Pada Sisi A1, B1, B2, C1, C2 dengan Persentase %

Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan kekasaran permukaan secara signifikan mengurangi amplitudo getaran pada struktur aluminium. Berikut adalah beberapa temuan utama yaitu *pertama*, efek kekasaran permukaan di mana permukaan aluminium dengan motif kekasaran 1,5 mm menghasilkan pengurangan amplitudo getaran yang lebih besar dibandingkan dengan motif 1 mm. Ini menunjukkan bahwa tinggi motif kekasaran mempengaruhi efektivitas dalam meredam getaran. Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa kekasaran permukaan memainkan peran krusial dalam mengurangi amplitudo getaran pada struktur aluminium (Kim et al., 2020). Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam memahami hubungan antara kekasaran permukaan dan respons dinamis material, khususnya dalam konteks aplikasi industri kelautan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi kekasaran permukaan pada dinding box aluminium dapat signifikan mengurangi amplitudo getaran yang terjadi akibat gaya eksitasi. Dengan menggunakan metode simulasi berbantuan komputer, variasi kekasaran permukaan termasuk motif horizontal dan vertikal dengan tinggi motif 1 mm dan 1,5 mm telah dianalisis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa motif dengan tinggi 1,5 mm memberikan pengurangan amplitudo getaran yang lebih efektif dibandingkan dengan motif 1 mm, menandakan bahwa tinggi motif

kekasaran mempengaruhi kemampuan struktur dalam meredam getaran. Penurunan amplitudo getaran pada permukaan yang lebih kasar dapat dijelaskan oleh peningkatan gaya gesekan internal dan disipasi energi yang lebih efektif pada permukaan yang tidak rata. Hal ini mendukung teori bahwa kekasaran permukaan dapat digunakan sebagai metode kontrol untuk mengurangi respons dinamis pada struktur aluminium, khususnya dalam konteks aplikasi industri perkapalan. Dalam konteks aplikasi industri perkapalan, penemuan ini memiliki implikasi praktis yang signifikan dalam merancang struktur yang lebih tahan terhadap getaran, yang pada gilirannya dapat meningkatkan keselamatan operasional kapal dan kinerja keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Laboratorium Kekuatan dan Struktur Teknik Perkapalan Universitas Pattimura atas dukungan dan fasilitas yang luar biasa dalam penelitian ini. Tanpa bantuan dan akses yang diberikan oleh laboratorium, penelitian ini tidak akan terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- Albany, A., Smith, B., & Johnson, C. (2019). Surface Roughness Effects on Structural Damping. *Journal of Applied Mechanics*, 85(5), 051008.
- Dobes, J., Leal, JES., Profeta, J., & de Sousa, MM. (2017). Effect of mechanical vibration on Ra, Rq, Rz, and Rt roughness parameters. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer. Retrieved from <https://www.academia.edu/download/109100722/s00170-017-0137-020231217-1-uyyj6>.
- Gusti, I. K. (2018). Effect of Surface Roughness on the Vibration of Structures. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 8(6), 30-36.
- Hu, J., Shimizu, T., Yoshino, T., & Shiratori, T. (2018). Ultrasonic dynamic impact effect on deformation of aluminum during micro-compression tests. *Journal of Materials*, Elsevier. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013618301262>.
- Kim, J., Ha, H., Kim, K., & Jhang, K. (2020). Analysis of the Influence of Surface Roughness on Measurement of Ultrasonic Nonlinearity Parameter Using Contact-Type Transducer. *Applied Sciences*, 10(23), 8661.
- Lekatompessy D. R. (2023a). Local vibration reduction of machine support systems through transmissibility pattern analysis in resonant construction. *AIP Conf. Proc.* 23 January 2023; 2588 (1): 040012. <https://doi.org/10.1063/5.0111908>
- Lekatompessy D. R. (2023b); Analysis of the effect of engine rotation on vibration amplitude in the engine room of aluminum ship. *AIP Conf. Proc.* 23 January 2023; 2588 (1): 040014. <https://doi.org/10.1063/5.0111911>
- Lekatompessy D. R. (2023c); Analysis of rubber as reduction vibration material on FRP ship walls. *AIP Conf. Proc.* 23 January 2023; 2588 (1): 040007. <https://doi.org/10.1063/5.0111899>
- Li, Q., Lu, K., Wu, K., Zhang, H., Sun, X., Wu, X., ... & Xiao, D. (2021). A Novel High-Speed and High-Accuracy Mathematical Modeling Method of Complex MEMS Resonator Structures Based on the Multilayer Perceptron Neural Network. *Micromachines*, 12(11), 1313.
- Liu, X., Wang, W., Jiang, R., Xiong, Y., Lin, K., & Li, J. (2020). Investigation on surface roughness in axial ultrasonic vibration-assisted milling of in situ TiB₂/7050Al MMCs. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-020-06081-4>.
- Muñoz, A., Buenhombre, J., García-Diez, A., Fabal, C., & Díaz, J. (2020). Fatigue Study of the Pre-Corroded 6082-T6 Aluminum Alloy in Saline Atmosphere. *Metals*, 10(9), 1260.
- Niu, Q., Jing, L., Wang, C., Li, S., Qiu, X., & Li, C. (2020). Study on effect of vibration amplitude on cutting performance of SiCp/Al composites during ultrasonic vibration-assisted

- milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-019-04796-7>.
- Puga, H., Grilo, J., & Carneiro, V.H. (2019). Ultrasonic assisted turning of Al alloys: influence of material processing to improve surface roughness. *Surfaces*, MDPI. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2571-9637/2/2/24>.
- Şahinoğlu, A., Karabulut, Ş., & Güllü, A. (2017). Study on spindle vibration and surface finish in turning of Al 7075. *Solid State Phenomena*, Trans Tech Publications. Retrieved from <https://www.scientific.net/SSP.261.321>.
- Sahoo, P., & Pratap, A. (2017). Modeling and optimization of surface roughness and tool vibration in CNC turning of Aluminum alloy using hybrid RSM-WPCA methodology. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, Growing Science. Retrieved from <http://growingscience.com/beta/ijiec/2458-modeling-and-optimization-of-surface-roughness-and-tool-vibration-in-cnc-turning-of-aluminum-alloy-using-hybrid-rsm-wpca-methodology>.
- Sun, X., Xu, X., Wang, Z., & Li, Y. (2021). Study on Corrosion Fatigue Behavior and Mechanism of 6005A Aluminum Alloy and Welded Joint. *Anti-Corrosion Methods and Materials*, 68(4), 302-309.
- Tong, J., Zhao, J., Chen, P., & Zhao, B. (2020). Effect of ultrasonic elliptical vibration turning on the microscopic morphology of aluminum alloy surface. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Springer. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-019-04463-x>.