



Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime



Alamat Jurnal: <https://ejournal.upi.edu/index.php/kemaritiman>

Identifikasi Frekuensi *Natural Sandwich Plate* dengan Core Berbahan Limbah Cangkang Kerang Pada Geladak Kapal

Kharis Abdullah^{1*}

¹ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111

*Correspondence: kharis.abdullah@ppns.ac.id

ABSTRACT

The development of advance material so fast, many advanced and modern material innovations have been developed. One of the advanced materials is sandwich plate material, which is an alternative to use in ship construction and it has many advantages. The use of waste clam shell material as a mixture of core sandwich plate fillers is one of the innovations to increase the value of the waste material. The dynamic characteristics of the sandwich material need to be known to avoid excessive resonance and vibration in the structure. Experimental testing is carried out to determine the natural frequency value of the sandwich material, and numerical modelling is carried out as a verification of the results of the experimental testing. It is known that the natural frequency value of the sandwich plate material is 536.4 Hz for the sandwich material with clam shell powder 20% of resin, while the sandwich plate with a percentage of clam shell powder 30% from resin has a natural frequency of 545.1 Hz.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 18 003 2021

First Revised 24 003 2021

Accepted 19 004 2021

First Available online 25 005 2021

Publication Date 01 006 2021

Keyword:

Natural Frequency

Ship

Sandwich Plate

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang material pada saat ini cukup berkembang pesat, salah satu inovasinya yaitu material *sandwich plate*, dimana *sandwich plate* merupakan salah satu *sandwich* material yang terdiri dari dua material muka (*face*) yang berupa pelat baja dan material inti (*core*) yang terbuat dari *polyurethane* (Abdullah, 2018). Fabrikasi material *sandwich plate* dapat dilakukan dengan menyuntikkan atau injeksi *thermosetting liquid elastomer* ke dalam rongga dua material muka (*face*) yang terbuat dari logam baja atau aluminium (KVRamakrishnan 2018). Pengisian isi atau *core* ke dalam dua material muka bertujuan untuk memberikan kekuatan pada panel *sandwich* dan mengurangi penggunaan penegar (*stiffener*) pada panel *sandwich*. Terlihat pada Gambar 1 merupakan material *sandwich plate* dengan inti dari *polyurethane*.



Gambar 1. Material Sandwich Plate

Penggunaan material *sandwich* pada konstruksi kapal memberikan sejumlah keuntungan yaitu fabrikasi yang mudah, desain yang lebih baik, reduksi berat konstruksi yang lebih ringan, biaya pembangunan yang lebih murah, damping rasio yang lebih baik (Ramakrishnan, 2016). Pengurangan berat konstruksi kapal dengan menggunakan material *sandwich* dapat berkurang hingga 13.05 % dibandingkan dengan konstruksi konvensional (Baidowi, 2015).

Material cangkang kerang merupakan limbah yang banyak ditemukan di sekitar lingkungan. Peneliti saat ini dituntut untuk menggunakan material limbah sebagai salah satu bahan yang dapat digunakan dan dikembangkan dalam material maju. Penggunaan serbuk cangkang kerang dapat meningkatkan nilai kuat tarik pada material resin yang diberi isian serbuk cangkang kerrang (Abdullah, 2017). Penggunaan material inti yang berbahan serbuk cangkang kerang sebagai filler atau isian terhadap matrix/*Unsaturated Polyester Resin* (UPR) dapat meningkatkan kekuatan mechanical properties daripada struktur material *sandwich plate* (Abdullah, 2018).

Karakteristik dinamik pada suatu struktur perlu diketahui dalam mengembangkan suatu material baru, beberapa karakteristik dinamik seperti frekuensi natural, moda getar dan rasio redaman. Karakteristik dinamik pada material sangat penting diketahui untuk menghindari terjadinya resonansi dan getar yang berlebih pada saat material atau struktur digunakan. Setiap material memiliki frekuensi pribadi (*natural frequency*), terjadinya kesamaan nilai frekuensi pribadi material dengan lingkungan akan menyebabkan terjadinya resonansi. Resonansi yang terjadi menyebabkan amplitudo getaran yang besar dan menyebabkan terjadinya kegagalan pada suatu sistem struktur (Nugroho, 2015). Pada paper ini akan disajikan frekuensi natural pada material *sandwich plate* dengan core berbahan resin serta filler serbuk cangkang kerang pada geladak kapal.

2. METODE

Getaran merupakan salah satu fenomena yang dapat ditemui pada suatu sistem struktur, getaran berhubungan dengan gerakan osilasi benda dan gaya yang terkait. Semua benda yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran. Dengan demikian, sebagian besar mesin dan struktur mengalami getaran sampai tingkat tertentu, dan desainnya umumnya memerlukan pertimbangan khusus untuk mencegah terjadinya resonansi. Getaran dibagi menjadi dua yaitu getaran bebas dan getaran paksa berdasarkan pada gaya yang bekerja pada suatu struktur. Getaran bebas diakibatkan oleh beban struktur tanpa adanya gangguan dari beban luar sehingga struktur secara bebas bergetar. Sedangkan getaran paksa diakibatkan oleh gaya luar yang bekerja pada struktur tersebut. Benda yang bergetar, pada akhirnya akan berusaha kembali pada titik keseimbangannya, dimana secara perlahan benda akan berkurang amplitudonya hingga mencapai nilai nol. Pengurangan nilai amplitudo disebut sebagai redaman. Pada saat struktur bergetar akan terjadi osilasi pada frekuensi natural (ω), frekuensi natural pada struktur dipengaruhi oleh kekakuan dan massa, terlihat pada persamaan di bawah ini, dimana untuk menentukan frekuensi natural dipengaruhi oleh kekakuan dan massa dari struktur.

$$\omega_n = (\beta_n l)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho l^4}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Dimana,

ω_n = frekuensi natural (Hz)

ρ = massa jenis bahan (kg/m^3)

l = panjang balok (m)

I = momen inersia balok (m^4)

E = Modulus Young (N/m^2)

Pada literatur yang ditulis oleh Thomson (1980) menerangkan bahwa nilai dari $(\beta_n l)$ tergantung dari kondisi tumpuan, seperti pada kondisi batang dengan tumpuan tertentu terlihat pada Tabel 1.

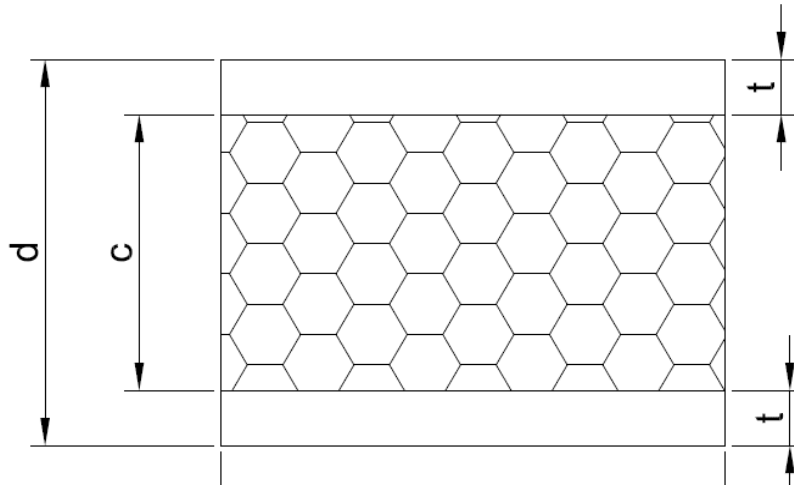
Tabel 1 Nilai numerik $(\beta_n l)^2$ untuk keadaan ujung tertentu (Thomson, 1980)

Konfigurasi Batang	$(\beta_1 l)^2$ Mode 1	$(\beta_2 l)^2$ Mode 2	$(\beta_3 l)^2$ Mode 3
Ditopang sederhana	9.87	39.5	88.9
Konsol	3.52	22.0	61.7
Bebas-bebas	22.4	61.7	121.0
Jepit-jepit	22.4	61.7	121.0
Jepit-engsel	15.4	50.0	104
Engsel-bebas	0	15.4	50.0

Proses pengujian getaran untuk menentukan nilai frekuensi natural material sandwich plate dilakukan sesuai dengan kondisi konstruksi kapal yaitu sebagai geladak kapal, dimana pada geladak kapal material ini disimulasikan kedua ujungnya dilakukan pengelasan atau dijepit. Pengujian getaran dilakukan di laboratorium dengan ukuran sandwich plate yaitu:

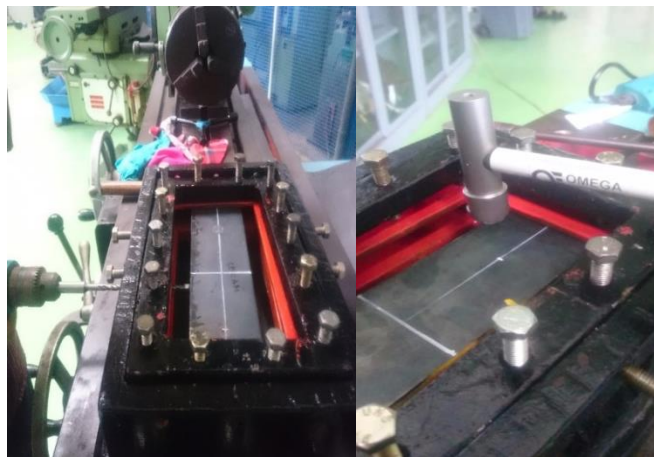
- Dimensi pelat = 240 mm x 60 mm
- c (tebal *core*) = 15 mm
- t (tebal *plate*) = 4 mm
- d (total tebal) = 23 mm

Presentase filler serbuk cangkang terhadap resin yaitu 20% dan 30%.



Gambar 2. Tebal spesimen uji

Pada pengujian laboratorium spesimen uji didudukan pada mesin fraise yang diikat dengan baut M16 sebanyak 6 buah yang sebelumnya telah diberikan dudukan khusus yang terbuat dari pelat baja tebal 25 mm untuk menahan spesimen, sehingga kondisi pengujian laboratorium dapat sesuai dengan kondisi lapangan yang ada, maka dibuat dudukan untuk spesimen uji yang terbuat dari baja dengan tebal 25 mm. Dapat dilihat pada **Gambar 3** di bawah ini proses pengujian getaran.



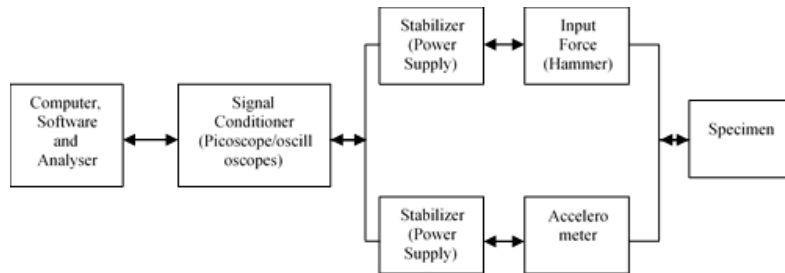
Gambar 3. Pengujian getaran

Proses untuk melakukan pengujian getaran diawali dengan pengaturan peralatan yang akan digunakan untuk identifikasi hasil pengujian getaran. Peralatan yang digunakan antara lain.

- Sumber daya : Laptop *Asus X550D*
- *Analysers* : *Software PicoScope 6 ver 6.11.12.1692*

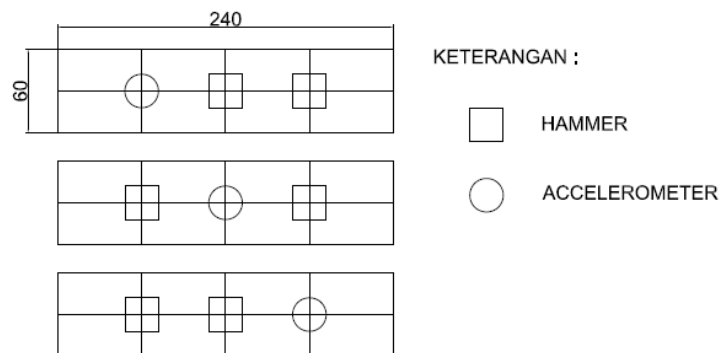
➤ *Hammer* : Omega IH 101-1K

Pengujian ini menggunakan Experiment Modal Analysis dengan metode impact input dan piezoelectric accelerometer. Pada **Gambar 4**, Error! Reference source not found. menggambarkan bagan alur pengujian untuk mendapatkan karakteristik dinamis dari material sandwich panel.



Gambar 4. Skema pengujian

Pengujian getaran panel ini adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dinamis dari material sandwich panel itu sendiri. Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data untuk setiap posisi hammer minimal sebanyak 16 kali. Pukulan pada hammer harus di setting sedemikian rupa, sehingga data dapat diolah oleh software.



Gambar 5. Ilustrasi pengambilan data

Pada **Gambar 5** adalah ilustrasi pengambilan data pada pengujian getaran ini. Pertama panel diberi garis pada tengah spesimen seperti diatas, persegi menunjukkan posisi eksitasi hammer pada panel sedangkan lingkaran menunjukkan posisi accelerometer. Posisi pengambilan data di atas diambil sebanyak mungkin agar mode getaran yang terjadi pada panel dapat diambil datanya pada pengujian ini.

Data yang didapat dari pengujian tidak bisa langsung digunakan sebagai bahan analisa. Pada penelitian kali ini penulis mengolah data dengan bantuan software matematis. Tahap pertama, yaitu data yang terekam pada analyser berupa dimensi signal listrik, untuk merubah terhadap dimensi yang lebih familiar maka perlu dilakukan konversi. Konversi pada tahap ini di dapat melalui data sensitifitas dari accelerometer dan hammer yang digunakan dalam penelitian. Adapun data sensitifitasnya adalah:

- *Accelerometer sensitivity* : $\frac{10,32}{9,8} mV/ms^2$
- *Hammer sensitivity* : $1,14877737 mV/N$

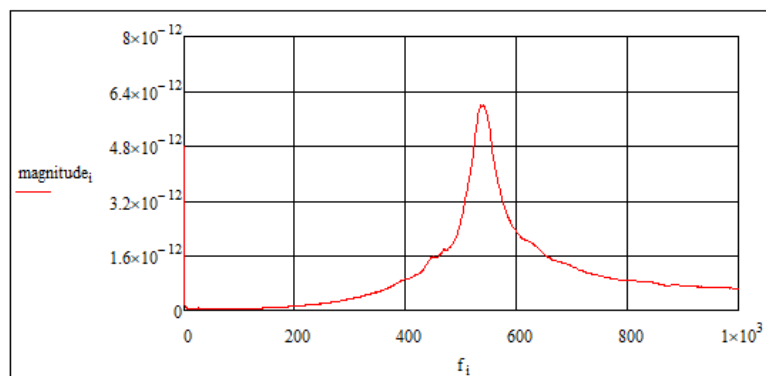
Untuk mempermudah analisa hasil, percepatan sebagai output pada accelerometer dikonversi menjadi displacement atau perubahan menggunakan formula berikut ini.

$$x = \frac{a}{2\pi^2 f^2}$$

Penggunaan FFT (Formula Fourier Transform) digunakan untuk mempermudah perhitungan, force yang digunakan harus memenuhi kriteria sehingga frekuensi yang akan diidentifikasi dapat memenuhi dan dapat dilakukan perhitungan. Kemudian spectrum displacement berdasarkan frekuensi domain dapat diidentifikasi dan dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan karakteristik dinamis dari material tersebut. Proses identifikasi frekuensi natural dilakukan setelah data dari frekuensi domain telah diketahui. Menggunakan grafik transfer function sebagai proses awal identifikasi karena merupakan perbandingan dari output dan input. Selanjutnya dapat diidentifikasi peak yang merupakan frekuensi natural berdasarkan perkiraan estimasi dari proses analisa pemodelan. Jumlah peak yang terdapat pada pengujian terkadang banyak dan sulit dibedakan, maka dilakukan proses verifikasi peak menggunakan sudut fase. Sudut fase pada sebuah mode getaran akan berubah sebanyak -180° . Ini menandakan perubahan drastis dari positif ke negative atau sebaliknya. Jika peak yang diestimasi menunjukkan perubahan sudut fase seperti diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa peak pada frekuensi tersebut merupakan frekuensi natural dari sandwich panel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

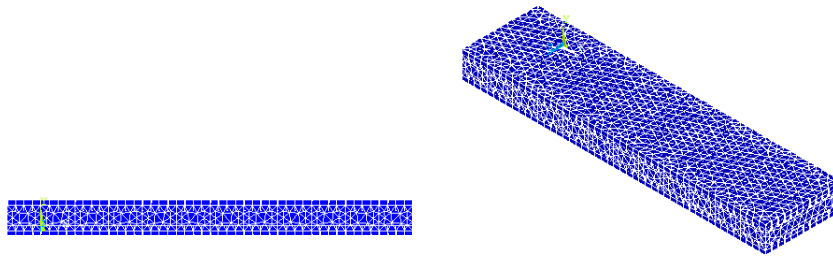
Pengambilan data pada saat pengujian getaran ini sesuai ilustrasi titik eksitasi pada material uji seperti yang diterangkan sebelumnya, dimana dilakukan tiga titik eksitasi (hammer) dan 6 titik accelerometer. Setiap titik pengambilan data dilakukan minimum 16 kali pemukulan sehingga menghasilkan 16 data spektrum getaran dalam time domain. Kemudian data hasil pemukulan dipilih lagi sebanyak 6 data yang terbaik untuk diolah dengan software Mathcad. Kategori data yang baik dalam proses pemilihan adalah jika sinyal yang diterima oleh software analyzer tidak mengalami overload baik dari hammer maupun accelerometer. **Gambar 6** merupakan contoh hasil pengolahan data pada pengujian getaran setelah diolah dengan Fourier Transform sehingga data yang diperoleh berupa frekuensi domain. Proses verifikasi hasil merupakan proses membandingkan kedua hasil pengujian antara analisa numerik dengan ekperimental. Hasil ekperimental merupakan variable control dari proses verifikasi ini, karena hasil ekperimental merupakan hasil yang berasal dari keadaan sesungguhnya, bukan keadaan ideal dari hasil analisa pemodelan.



Gambar 6. Hasil pengujian getaran

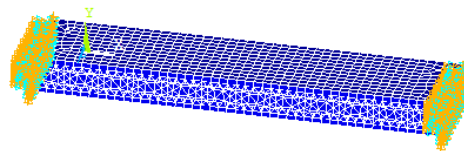
Analisa menggunakan analisa pemodelan dilakukan selain sebagai referensi dalam proses verifikasi hasil ekperimental. Pada percobaan ini, mode getaran yang diidentifikasi hanya mode ke-1, hal ini dilakukan sebagai pembantu dalam proses identifikasi frekuensi natural

dan sebagai verifikasi hasil frekuensi natural yang didapat dalam pengujian ekperimental sandwich panel. Bentuk mode getaran yang terjadi pada spesimen uji, pada mode ke-1 memiliki satu gelombang dengan arah memanjang pada benda. Pada **Gambar 7** merupakan pemodelan sandwich panel dengan dimensi 240 mm x 60 mm.



Gambar 7. Pemodelan spesimen uji getaran pada software

Kondisi pada pemodelan modal analysis yang dilakukan adalah kondisi jepit pada ujung dari spesimen panel. Hal ini diberikan karena disesuaikan dengan kondisi pada saat melakukan pengujian. Pada **Gambar 8** dapat dilihat kondisi batas pada kedua ujung spesimen.



Gambar 8. Kondisi batas pada model

Di dalam proses pemodelan terdapat satu langkah yang sangat penting dilakukan yaitu pengujian konvergensi. Dalam literatur disebutkan bahwa akurasi solusi elemen hingga semakin meningkat dengan semakin banyaknya elemen yang digunakan, akan tetapi dengan semakin banyaknya elemen yang digunakan maka waktu yang dibutuhkan untuk komputasi juga semakin besar. Terlihat pada **Tabel 2** hasil koonvergensi ukuran mesh, sesuai dengan ukuran mesh maka pada penelitian ini menggunakan ukuran mesh 0.005 meter.

Tabel 2. Konvergensi ukuran mesh

Mesh (m)	Frekuensi (Hz)
0.02	767.7
0.01	763.9
0.009	767.4
0.008	790.0
0.007	790.1
0.006	790.7
0.005	790.7

Pada **Tabel 3** dapat dilihat bahwa hasil eksperimen maupun numerik untuk sandwich dengan persentase 20% dan 30% memiliki perbedaan frekuensi natural. Pada persentase 20% frekuensi natural yang dimiliki yaitu 536.4 Hz dan pada frekuensi 30% memiliki frekuensi natural 545.1 Hz, ini menandakan bahwa dengan bertambahnya filler pada sandwich maka

membuat frekuensi natural menjadi meningkat. Peningkatan frekuensi natural ini disebabkan karena kekakuan dari material, ini membuktikan bahwa semakin besar nilai modulus elastisitas semakin besar pula nilai frekuensi natural yang dimiliki.

Tabel 3. Perbandingan numerik dan eksperimen pada sandwich panel

Persentase Campuran Serbuk Cangkang Kerang Terhadap Resin	20% (Hz)	30% (Hz)
Numerik	552.8	564.71
Experiment	536.4	545.1
Perbedaan	3%	2%

4. KESIMPULAN

Frekuensi natural pada sandwich panel berbahan core limbah cangkang kerang dengan presentase serbuk cangkang kerang sebanyak 20% yaitu 536.4 Hz, sedangkan sandwich panel dengan presentase 30% memiliki frekuensi natural 545.1 Hz. Pengujian eksperimen juga harus dilakukan validasi dengan menggunakan pengujian secara numerik dengan menggunakan software.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., Zubaydi, A., Budipriyanto, A. (2017) Development of Sandwich Panel with Core from Clamshell Powder for Ship Structure, Proceeding SENTA Faculty of Marine Technology, ITS, Surabaya, Indonesia.
- Abdullah, K., Zubaydi, A., Budipriyanto, A. (2018) Aplikasi Sandwich Plate System Berbahan Core Limbah Cangkang Kerang pada Geladak Kapal, Jurnal WAVE, Indonesia.
- Baidowi, A., Utomo, E. (2015), Penggunaan Sandwich Plate System (SPS) pada Konstruksi Double Bottom", e-journal.undip.ac.id, Vol.12, No.2. Indonesia
- Gopichand, A., Krishnaiah, G., Reddy, D., Shankar, N. V. S. (2013) Modal Analysis of a Steel Sandwich Plate System (SPS) Floor IJERT
- Momcilovic, N., Motok, M. (2009). Estimation of Ship Lightweight Reduction by Means of application of Sandwich Plate System. FME Transactions, 37, 123-128
- Nugroho, N., Sigit, R., Susilo, S., Djoko, W. (2015) Kaji Eksperimental Frekuensi Pribadi Dan Rasio Redaman Komposit Sandwich Aluminium Dengan Core Polyurethane. Jurnal Mekanika
- Kujala, P., Klanacudc, A. (2005). Steel Sandwich Panels in Marine Applications.
- Kumar, D.P. (2016). Applications of Sandwich Plate System for Ship Structures 1 KVRamakrishnan.
- Wei, Sun. (2008). Output Only Modal Analysis-Scaled Mode Shape by Adding Small Masses on The Structure.