

IDENTIFIKASI FREKUENSI NATURAL SANDWICH PLATE DENGAN CORE BERBAHAN LIMBAH CANGKANG KERANG PADA GELADAK KAPAL

Natural Frequency Identification of Sandwich Plate with Core from Waste Clam Shell on Ship Deck

Kharis Abdullah^{1*}

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

*Corresponding author, e-mail: 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 used 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 modeling 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.

Keywords: *Natural Frequency, Ship, Sandwich Plate*

ABSTRAK

Perkembangan material pada saat ini sudah maju, banyak inovasi material maju dan modern telah dikembangkan. Salah satu material maju yaitu material *sandwich plate*, yang merupakan salah satu alternatif material maju yang digunakan pada konstruksi kapal, karena memiliki banyak kelebihan. Penggunaan material limbah cangkang kerang sebagai salah satu campuran bahan pengisi *core sandwich plate* merupakan salah satu inovasi untuk meningkatkan nilai material limbah. Karakteristik dinamik material *sandwich* perlu diketahui untuk menghindari terjadinya resonansi dan getaran yang berlebih pada struktur. Pengujian eksperimen dilakukan untuk mengetahui nilai frekuensi natural material *sandwich*, dan pemodelan secara numerik dilakukan sebagai verifikasi hasil pengujian eksperimen yang telah dilakukan. Diketahui nilai frekuensi natural dari material *sandwich plate* yaitu 536.4 Hz untuk material *sandwich* dengan core serbuk kerang sebesar 20%, sedangkan *sandwich plate* dengan presentase serbuk kerang 30% dari resin memiliki frekuensi natural 545.1 Hz.

Kata kunci: *Frekuensi Natural, Kapal, Sandwich Plate*

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*. (Momcilovic, 2009). 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 kerang. (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 atau *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.

METODE PENELITIAN

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 dibawah ini :

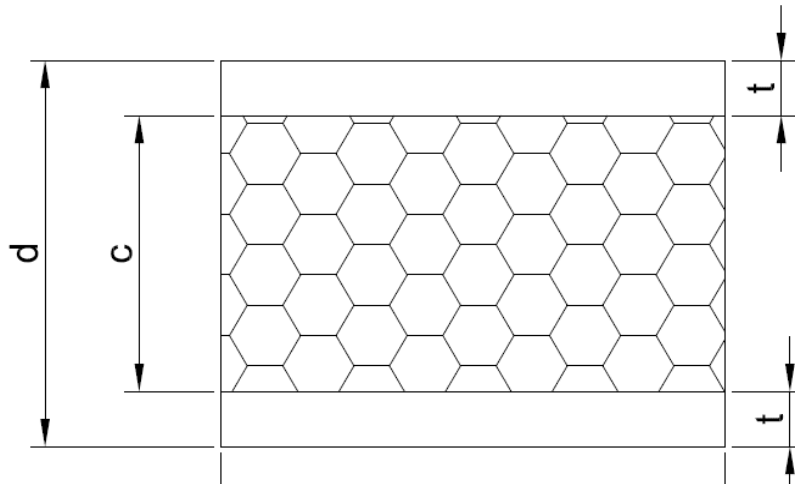
Tabel 1 Nilai numerik $(\beta_n l)^2$ untuk keadaan ujung tertentu (Thomson, 1980)

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

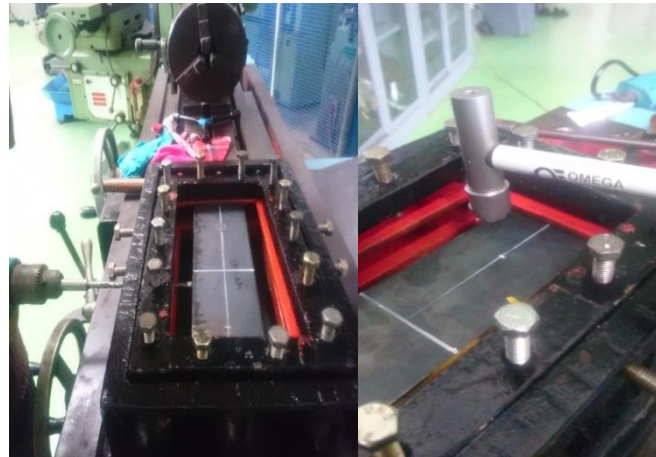
Presentase *filler* serbuk cangkang terhadap resin yaitu 20% dan 30%



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

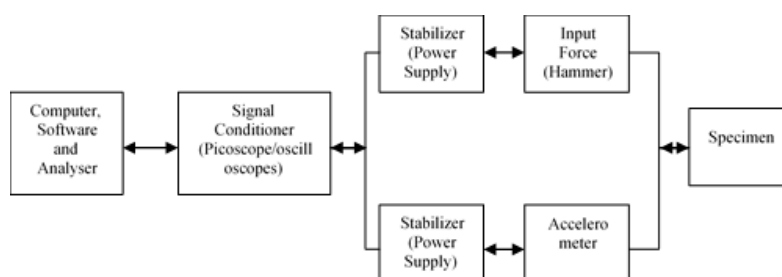


Gambar 3. Pengujian getaran

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*
- *Analyser* : *Software PicoScope 6 ver 6.11.12.1692*
- *Hammer* : *Omega IH 101-1K*

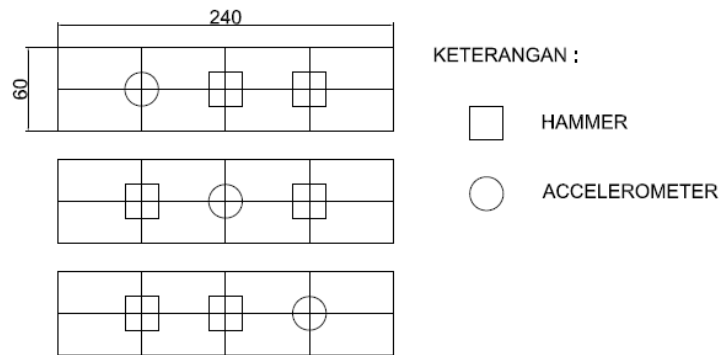
Pengujian ini menggunakan *Experiment Modal Analysis* dengan metode *impact input* dan *piezoelectric accelerometer*. Pada Gambar 4, **Error! Reference source not found.** menggambarkan bagan alur pengujian untuk mendapatkan karakteristik dinamis dari material *sandwich panel*.



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

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

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

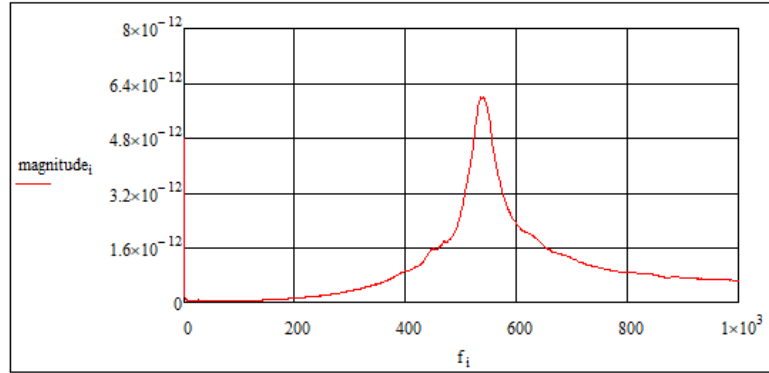
$$x = \frac{a}{2\pi^2 f^2}$$

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. *Jimin He and Zhi Fang* (2001) menyatakan bahwa secara teori, 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*.

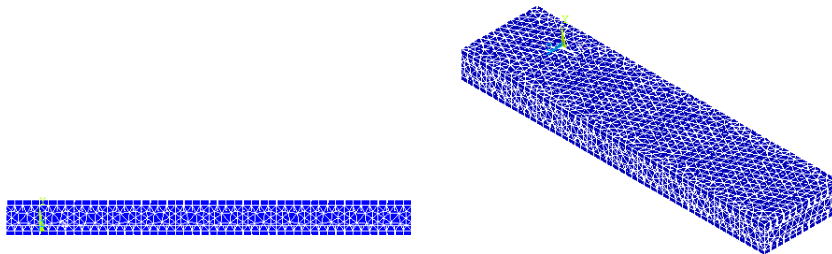
HASIL DAN PEMBAHASAN

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.



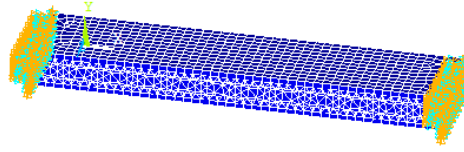
Gambar 6. Hasil pengujian getaran

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 konvergensi 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%

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*.

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
- Jimin, He and Fu Zhi Fang, (2001) Modal Analysis. Elsevier
- Momcilovic.N., Motok.M. (2009),Estimation of Ship Lightweight Reduction by Means of application of Sandwich Plate System”, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Serbia.
- Nugroho, Riagung Sigit, Susilo, Djoko., Wisnu (2015) Kaji Eksperimental Frekuensi Pribadi Dan Rasio Redaman Komposit Sandwich Aluminium Dengan Core Polyurethane, Jurnal Mekanika UNS
- PenttilKujala, Alan Klanac. (2005), *Steel Sandwich Panels in Marine Applications*, Ship Laboratory, Helsinki University of Technology. Brogdograndja. Finland.
- Ramakrishnan. K, Kumar, P. (2016).Application of Sandwich Plate System for Ship Structures, Aries Internasional Research Institute, UAE
- Wei, Sun. (2008). Output Only Modal Analysis-Scaled Mode Shape by Adding Small Masses on The Structure. Department of Mechanical Engineering Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden.