

Aluminum Alloy Construction on Rubber Fender to Increase Energy Absorption Capability

Witono Hardi^{1,*} dan Tri Suyono¹

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun - Ternate

*Korespondensi: witonohardiunkhair@gmail.com

Abstract. Fender is a device mounted on the end wall of the dock or on the ship's body to protect the ship from the impact. Both collision with the dock or with the other ship at the time of leaning. Currently, fender is made and fabricated specifically with various shapes and sizes according to their needs. Fender material is an elastic material, i.e. natural rubber or synthetic rubber. When the fenders are impacted, the impact energy is absorbed by the elastically deformed fender. After the loading process is completed the energy absorbed in the fender will be reflected back fully on the ship. This certainly endangers the stability of the ship. In this study, the fender port it is designed in the form of the cone, which the material used is a combination of elastic material that is natural rubber and elastic-fully plastic material that is the aluminum alloy. Both materials are mounted in sequence with the rubber on the front and aluminum alloys in the back with limited space emptiness. In a small impact, only the elastic material of the fender works. In the event of a major impact, the fender will be deformed elastically until it reaches the aluminum surface behind it. Aluminum will be deformed elastic and plastic. The energy absorbed by the plastic deformation of aluminum has not reflected the ship and is completely absorbed. Designed fender using CAD (Computer Aided Design) and simulation using Finite Element Analysis ANSYS 17.2 student version. By this simulation, we get the most optimum design that can absorb impact energy in various levels of velocities. By using the optimum data from simulation will be made the prototype of laboratory scale that will be tested further its ability of energy absorption

Abstrak. Fender merupakan sebuah perangkat yang dipasang pada dinding ujung dermaga atau pada badan kapal untuk melindungi kapal dari benturan. Baik benturan dengan dermaga maupun dengan sesama kapal pada saat bersandar. Saat ini fender sudah dibuat dan difabrikasi secara khusus dengan berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan keperluannya. Material fender merupakan bahan yang elastis, yaitu karet alam atau karet sintesis. Pada saat fender terkena benturan, energi impact diserap oleh fender dengan terdeformasi elastis. Setelah proses pembebanan selesai maka energi yang terserap pada fender akan dipantulkan kembali sepenuhnya pada kapal. Hal ini tentu membahayakan stabilitas kapal. Pada penelitian ini dirancang sebuah fender pelabuhan (*port fender*) berbentuk cone yang mana material yang dipakai merupakan gabungan dari material elastis yaitu karet alam dan material elastis-fully plastis yaitu *aluminum alloy*. Kedua material ini dipasang secara berurutan dengan karet di bagian depan dan *aluminum alloy* di belakangnya dengan dibatasi ruang kosong. Pada saat benturan kecil, maka hanya material elastis fender yang bekerja. Pada saat terjadi benturan besar, maka fender akan terdeformasi elastis sampai mencapai permukaan aluminum di belakangnya. Aluminum akan terdeformasi secara elastis sekaligus plastis. Energi yang diserap akibat deformasi plastis dari aluminum ini tidak dipantulkan ke kapal dan sepenuhnya terserap. Dilakukan perancangan fender memakai CAD (*Computer Aided Design*) dan simulasi memakai Analisa Elemen Hingga ANSYS 17.2 versi *student*. Dengan simulasi ini didapatkan desain yang paling optimum yang bisa menyerap energi impak dalam berbagai tingkatan kecepatan. Dari data optimum yang dihasilkan akan dilakukan pembuatan purwarupa skala laboratorium yang akan diuji lebih jauh kemampuan daya serap energinya.

Kata kunci: fender, energi impak, aluminum alloy, deformasi plastis, analisa elemen hingga

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

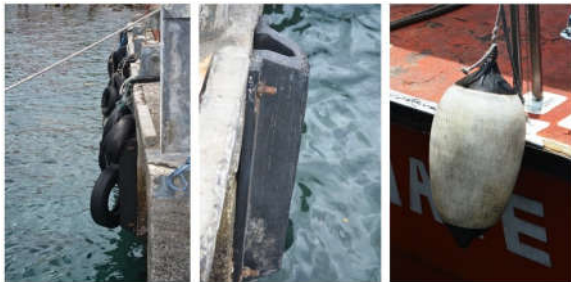
Sebagian besar wilayah Indonesia adalah laut oleh karena itu transportasi laut memegang peran sangat penting. Walaupun transportasi udara sudah semakin banyak dan semakin murah, namun kapal memiliki ke-mampuan untuk mengangkut barang dalam jumlah besar. Oleh karena itu sampai saat

ini kapal laut merupakan suatu moda transportasi pengangkut barang yang paling murah efektif dan efisien.

Pada saat kapal bersandar di pelabuhan, sifat air yang *viscous* menyebabkan kapal tidak bisa dengan cepat berhenti secara tepat di posisi yang sudah ditentukan. Walaupun kapal sudah melakukan

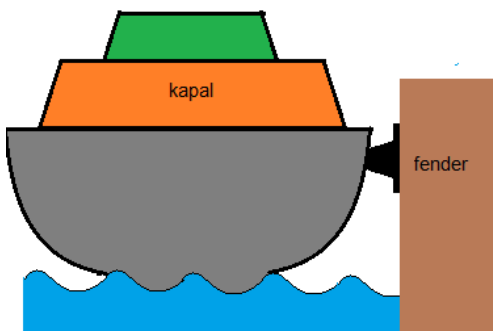
pengereman namun kapal masih sering bergerak karena sifat inersianya. Benturan kecil antar kapal maupun benturan kapal dengan sisi bangunan dermaga merupakan hal yang sering terjadi walaupun kapal sudah diikat dan menurunkan jangkar. Untuk itulah diperlukan fender untuk menjaga saat terjadi benturan antar kapal.

Ada dua jenis fender berdasarkan tempat pemasangannya. Pertama adalah fender yang dipasang di sisi kapal kemudian yang kedua fender yang dipasang secara tetap di sisi dermaga. Pada penelitian ini hanya dibahas fender yang dipasang di sisi dermaga (gambar 1).



Gambar 1. Fender ban bekas, fender buatan pabrik, fender pada kapal

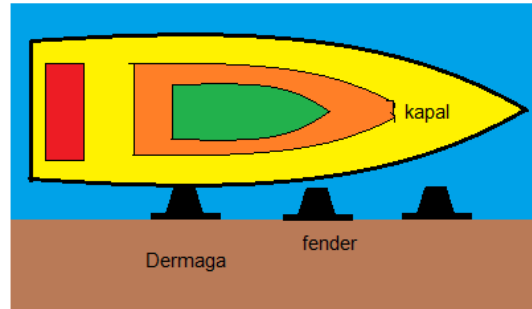
Fender yang dipasang di pelabuhan biasanya dibuat dari karet, baik karet alam maupun karet sintetis. Energi impact yang diterima fender dari benturan kapal diserap berupa energi potensial ditandai dengan adanya deformasi elastis pada bahan. Deformasi elastis ini bersifat *reversibel* atau akan kembali ke posisi semula saat gaya yang bekerja dihilangkan. Pada saat gaya berhenti bekerja, karet akan melepaskan energi kembali ke kapal. Jika benturan yang terjadi cukup kecil, sebagai contohnya disebabkan gelombang di sekitar pelabuhan atau arus laut yang kecil, hal ini tidak akan menjadi masalah.



Gambar 2. Posisi fender terhadap kapal (tampak depan)

Energi pantulan balik yang diterima kapal cukup kecil dan tidak berefek yang membahayakan kapal. Akan tetapi pada saat kondisi khusus, seperti kesalahan manusia hingga terjadi tabrakan antara kapal dengan dermaga, maka energi yang diserap fender cukup besar. Energi ini akan

dikembalikan ke kapal sehingga bisa menyebabkan kapal kehilangan stabilitasnya. Bagian kapal yang membentur akan mengalami kerusakan yang cukup serius. Penggunaan material tambahan pada desain fender yang memiliki sifat deformasi elastis sekaligus plastis diharapkan bisa memperbaiki kondisi ini.



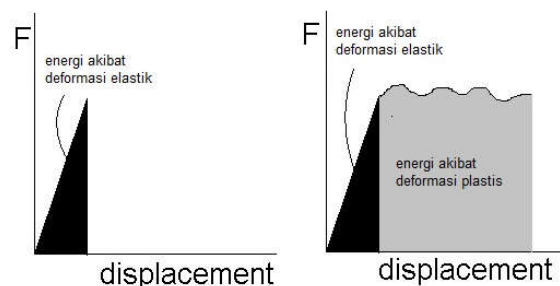
Gambar 3. Posisi fender terhadap kapal (tampak atas)

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi yang akurat mengenai pengaruh penambahan konstruksi *aluminum alloy* pada fender dalam hubungannya dengan kemampuan menyerap energi impact akibat benturan kapal. Selain itu penelitian dimaksudkan untuk mendapatkan desain optimum fender yang sebanyak mungkin menyerap energi impact dan tidak memantulkan kembali ke kapal.

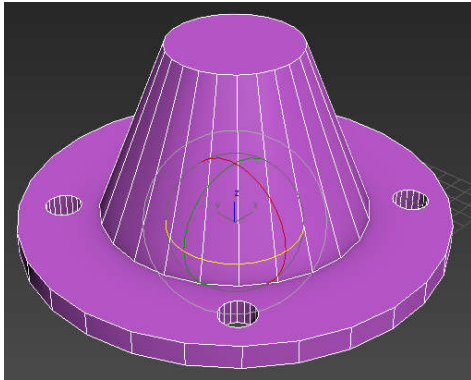
Deformasi Elastis dan Plastis

Deformasi Elastis adalah perubahan bentuk pada material akibat pembebanan yang mana perubahan bentuk itu akan hilang atau benda kembali ke bentuk semula saat beban dihilangkan. Sedangkan deformasi plastis merupakan deformasi yang tidak kembali ke bentuk semula ketika beban dihilangkan. Pada material logam, dengan melihat kurva uji tarik dapat disimpulkan bahwa daerah plastis lebih banyak menyerap energi daripada daerah elastis. Selain itu dengan terdeformasi plastis maka energi yang terserap fender tidak akan dipantulkan ke kapal karena telah habis terserap pada proses deformasi plastis tadi. Fender menjadi rusak permanen namun kerusakan dan kerugian yang lebih besar dapat dihindarkan.



Gambar 4. Deformasi Elastis dan Plastis

Dengan tetap memakai material karet yang elastis maka fender ini tetap bisa awet dan tidak rusak pada saat pembebanan normal karena deformasi elastis yang terjadi tidak merubah bentuk fender secara permanen.



Gambar 5. Cone Fender

Gregory Nagel dalam tesisnya telah meneliti tabung segi empat dari baja dengan dimensi lurus dan taper mendapatkan hasil bahwa pada kondisi tapered lebih menguntungkan jika ada benturan yang tidak lurus dari depan. Ahmad Zaini dalam penelitiannya menyatakan bahwa kombinasi bentuk cone dan foam yang diisikan memberikan penambahan kemampuan menyerap energi yang signifikan.

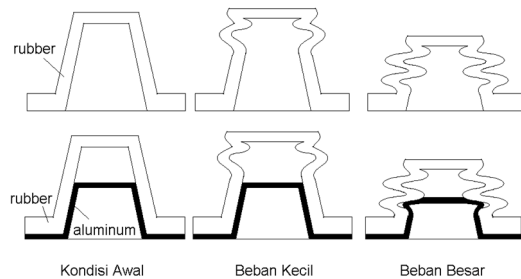
Pada penelitian ini dipilih bentuk cone yang terpotong di atasnya atau kerucut yang terpancung, untuk mengantisipasi arah benturan yang tidak selalu dari depan. Namun demikian dibuat variasi sudut kerucut dan juga ketebalan benda contoh agar didapatkan desain yang optimum menyerap energi impact.

Metode Penelitian

Dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan fender. Yaitu meliputi dimensi, bentuk, material pembuatnya dan pembebanan maksimum yang bisa diterima. Pada penelitian ini dipilih cone fender yang terbuat dari natural rubber. Density 0,9 g/cm³, Modulus Young 2 Mpa dengan poisson ratio 0.49. Dibuat pemodelan fender dengan ketebalan 2 cm. Dari sekian banyak perangkat lunak berbasis metode elemen hingga, pada penelitian ini dipakai ANSYS Workbench 17.2 versi student yang merupakan versi resmi berlisensi dari ANSYS. Setelah pemodelan selesai, dilakukan diskritisasi atau meshing. Meshing ini membagi bentuk kontinum menjadi elemen elemen yang berhingga. Dipilih elemen solid dengan dimasukkan parameter material properties yang telah didefinisikan sebelumnya.

Tumpuan jepit diberlakukan di ujung fender dan pembebanan secara impak dinamik dengan

kecepatan impact 20m/s dikenakan pada model dengan arah tegak lurus dari depan. Hasil yang didapat dari simulasi adalah displacement, tegangan dan regangan. Selain itu didapatkan pola wrinkle akibat beban dinamis itu. Dilakukan simulasi yang sama dengan menggunakan kontruksi aluminum. Aluminum yang dipakai adalah aluminum Alloy dengan density 2.5 g/cm³ dan modulus young 68 Gpa, poisson ration 0.32. Penggunaan aluminum karena aluminum merupakan logam yang memiliki sifat elastis – fully plastis. Aluminum tidak mengalami strain hardening yang besar sebagaimana besi baja. Pada tahap akhir dilakukan desain baru yang menggabungkan aluminum dengan natural rubber untuk mendapatkan desain yang paling optimum.



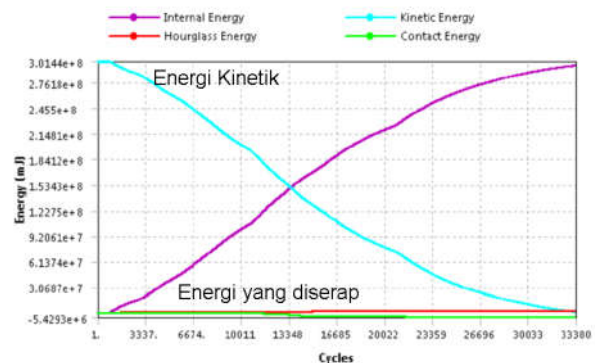
Gambar 6. Deformasi pada Fender

Hasil Penelitian

Impactor yang dimodelkan dengan kubus baja diberikan kecepatan 20 m/s menumbuk fender. Energi kinetik yang dimiliki oleh impactor dinyatakan dalam persamaan

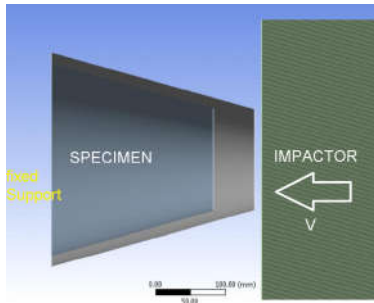
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \tag{1}$$

Dengan m adalah massa impactor dan v adalah kecepatan impactor. Pada saat tumbukan terjadi, energi kinetik diserap oleh spesimen dalam bentuk deformasi (gambar 7). Ini disebut energi internal yang diserap oleh spesimen.



Gambar 7. Proses penyerapan energi

Dari simulasi yang telah dilakukan terdapat model yang telah dibuat didapatkan kondisi sebagai berikut.



Gambar 8. Kondisi Awal Simulasi

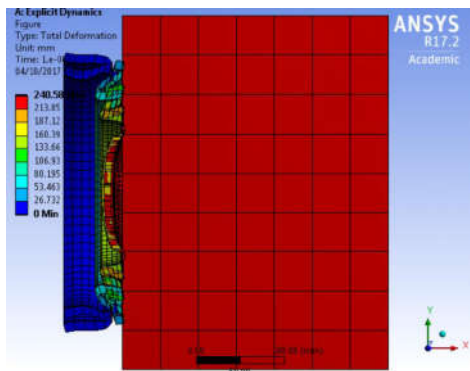
Gambar 8 merupakan kondisi awal pembebanan. Impactor dikenakan kecepatan awal secara konstan 20m/s tegak lurus menuju specimen.

Dari gambar 9 (a), (b) dan (c) fender mengalami deformasi akibat pembebanan yang diterimanya. Pada deformasi elastis, benda akan kembali ke posisi semula setelah beban dihilangkan. Sedangkan pada deformasi plastis benda tetap pada posisi semula walaupun beban dihilangkan.

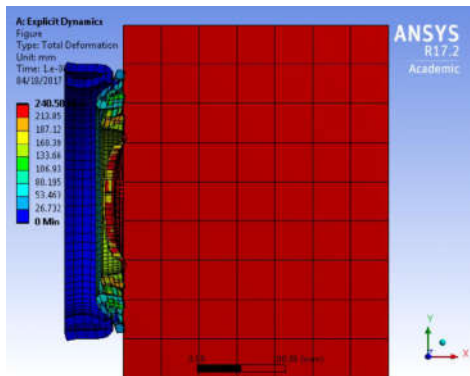
Pada gambar 10 terlihat pada fender karet mengalami displacement paling besar. Pada Fender dari bahan gabungan pergerakan displacement tidak mulus namun ada sedikit belokan disebabkan oleh kondisi bahan gabungan saat mendapat pembebanan.

Gambar 11 menunjukkan strain dari aluminum yang sangat rendah hal ini disebabkan deformasi yang terjadi pada aluminum memang relatif kecil dibandingkan dengan karet maupun gabungan.

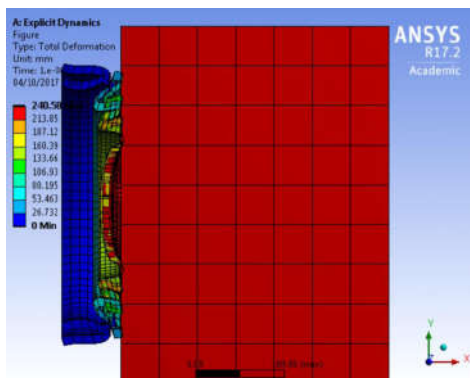
Gambar 12 menunjukkan tegangan pada fender gabungan relatif rendah jika dibandingkan dengan aluminum. Sedangkan pada karet tegangan yang timbul sangat kecil.



(a)

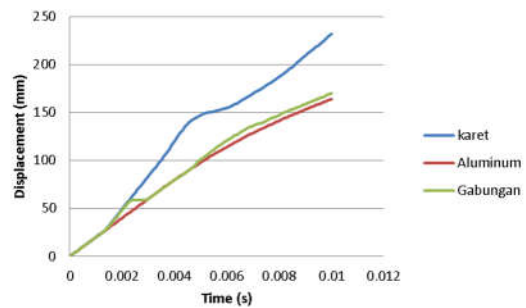


(b)

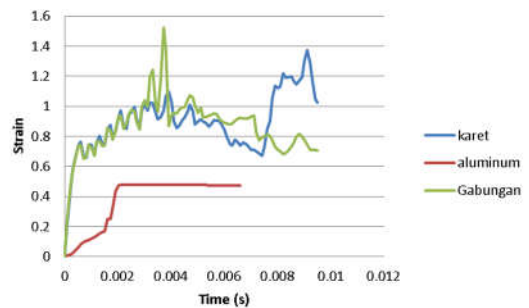


(c)

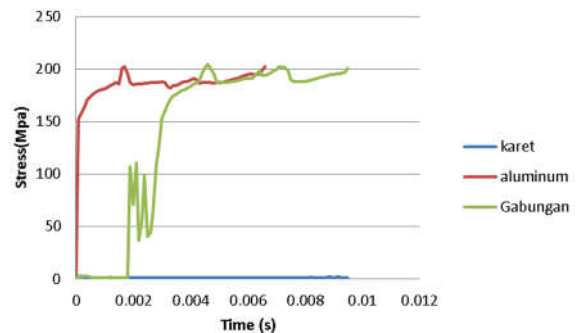
Gambar 9. Kondisi akhir setelah pembebanan impact:
a) Fender Karet, b) Fender Aluminum, c) Fender Gabungan



Gambar 10. Time history displacement



Gambar 11. Time history strain



Gambar 12. Time history stress

Kesimpulan

Penggunaan aluminum sebagai material tambahan pada desain fender meningkatkan kemampuan daya serap terhadap energi benturan. Peningkatan daya serap energi itu disebabkan pada proses deformasi plastis aluminum menyerap energi. Selain itu, setelah beban hilang, energi benturan itu tidak dikembalikan lagi ke kapal sehingga tidak membahayakan stabilitas kapal.

Referensi

- [1]. Jones, N., 1989. Structural Impact, The University of Liverpool, Published by Cambridge University Press.
- [2]. Ahmad, Z., 2009. Impact of energy absorption of empty and foam-filled conical tube, Queensland University of Technology.
- [3]. Karagiozova, D., Alves, M. and Jones, N., 2000. Inertia effects in axisymmetrically deformed cylindrical shells under axial impact, International Journal of Impact Engineering, Vol. 24, 1083-1115.
- [4]. Karagiozova, D. and Jones, N., 2000. Dynamic elastic-plastic buckling of circular cylindrical shells under axial impact, International Journal of Solids and Structures, Vol. 37, 2005-2034.
- [5]. Informasi pada <https://www.marineinsight.com/ports/what-are-marine-fenders/> (dibaca pada 4 Oktober 2017)
- [6]. Tutorial ANSYS Workbench, University of Alberta