

Analisis Kemampuan Daya Serap Energi Impak pada Tabung Aluminium Berdinding Tipis Kosong dan Diisi Karet

Witono Hardi¹, Muh Muzni Harbelubun²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Khairun, Jl. Pertamina, Gambesi, Kota Ternate
witono@unkhair.ac.id

Abstraks

Penggunaan struktur berdinding tipis sebagai penyerap energi impak telah dilakukan pada berbagai bidang. Diantaranya adalah transportasi yaitu dengan menciptakan struktur kendaraan yang mampu menyerap energi impak. Pada penelitian ini akan analisis kemampuan serap energi impak pada tabung aluminium tipis yang diisi dengan karet di dalamnya. Penelitian dilakukan metode elemen hingga, yaitu simulasi dengan menggunakan ANSYS WORKBENCH explicit. Specimen yang dipakai adalah tabung aluminium berdiameter 50 mm ketebalan 2 mm dengan panjang 200 mm. Pemodelan dengan ANSYS dilakukan dengan memberikan tumbukan pada specimen menggunakan baja pejal 10 kg dengan kecepatan bervariasi sesuai dengan ketinggian jatuhnya. Data yang didapat dari simulasi adalah panjang deformasi, mode deformasi, energi yang terserap maupun tegangan regangan. Pengisian tabung aluminium tipis dengan karet diharapkan akan menambah performa tabung tipis dalam menyerap energi impak yaitu dengan memperbesar area plastic hinge pada dinding tabung. Selain itu keberadaan karet akan membuat kecenderungan pola tekukan membentuk axisymmetric daripada pola non axisymmetric.

Kata kunci : Struktur berdinding tipis, energi impak, energi terserap, axisymmetric, non axisymmetric

PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya dunia transportasi maka pada saat ini jumlah mobil yang digunakan oleh manusia semakin banyak. Di samping itu kemajuan teknologi mobil dalam hal kemampuan mesin sudah sangat pesat. Kecepatan maksimum yang dicapai semakin hari semakin meningkat. Efisiensi bahan bakar maupun mesin juga semakin baik. Ini merupakan pencapaian yang sangat berarti dalam teknologi kendaraan.

Namun demikian, dengan semakin meningkatnya performa mobil, angka kecelakaan juga semakin meningkat. Penumpang yang terluka maupun meninggal dunia semakin besar. Yang mana salah satu penyebabnya adalah adanya benturan penumpang akibat energi yang tidak terserap dengan baik oleh bodi kendaraan saat tabrakan terjadi. Pada tabrakan dengan deceleration yang besar, penumpang bisa mengalami tabrakan kedua yaitu dengan interior kendaraan [1]

Penggunaan tabung tipis sebagai komponen penyerap energi merupakan salah satu yang cukup dikenal dalam berbagai bentuk dan metode penyerapan energi [2] [3] [4]. Struktur berdinding tipis ini cukup kuat menahan berbagai gaya yang terjadi saat kendaraan berjalan. Analisis yang mendalam pada struktur ini diharapkan akan mampu membentuk sebuah

sistem bodi kendaraan yang tidak hanya kuat dalam hal pemakaian normal tetapi juga harus mampu menyerap sebagian besar energi saat terjadi tabrakan.

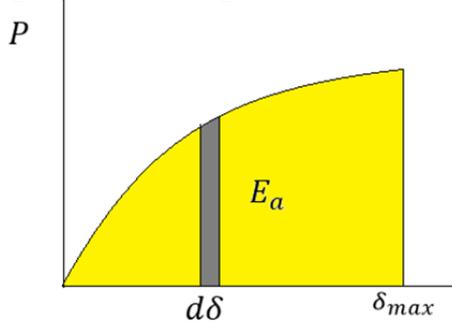
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh karet pengisi tabung berdinding tipis dalam menyerap energi impak dibandingkan dengan tabung tanpa isi. Selain itu menentukan kontruksi optimum agar diperoleh penyerapan energi yang paling baik.

Hasil dari penelitian merupakan rekomendasi bagi industri automobil dalam membuat desain rangka kendaraan yang memberikan daya serap energi terbaik. Berkontribusi dalam menciptakan mobil yang memberi perlindungan keselamatan yang lebih baik bagi penumpang dan pengendara.

Pengujian impak tabung berdinding tipis secara numerik dan eksperimen telah dilakukan Al Galib, D. memperoleh hasil bahwa simulasi numerik telah memprediksi dengan baik pengujian aktual. Pola axisymmetric dan non axisymmetric didapatkan pada penelitian ini [5]. Demikian juga bentuk cross section tabung yang berbeda dengan keliling yang sama memberikan efek yang berbeda pada simulasi test impak [4]. Pola deformasi axisymmetric (concertina) memberikan ratio energi per satuan panjang yang lebih besar daripada non axisymmetric (diamond) [3]. Kecepatan tumbuk juga

mempengaruhi terbentuknya wrinkle pada dinding tipis. Jika kecepatan rendah maka wrinkle cenderung terjadi pada tempat tertentu sedangkan jika kecepatan tinggi, wrinkle terjadi pada hampir seluruh panjang specimen [6].

Pada saat sebuah batang mendapat gaya maka terjadi deformasi. Terjadi penyerapan energi yang dapat dilihat dari gambar 1 di bawah



Gambar 1
Energi terserap

Yang bisa dituliskan

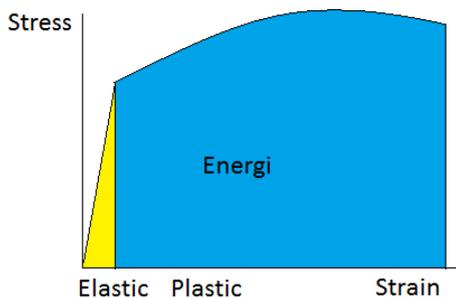
$$E_a = \int_0^{\delta_{max}} P \delta d\delta \dots \dots \dots (1)$$

$E_a = \text{Energy absorbed (J)}$

$P = \text{Load}$

$\delta = \text{Deformation}$

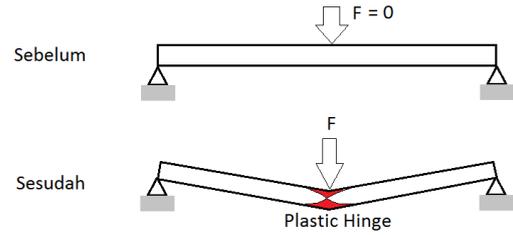
Ketika gaya semakin besar maka akan mencapai batas elastisitas sehingga deformasi plastis terjadi. Energi yang digunakan untuk proses deformasi plastis jauh lebih besar daripada deformasi elastis. Bisa dilihat pada gambar 2 di bawah.



Gambar 2

Energi akibat deformasi plastis dan elastis

Proses deformasi yang terjadi pada sebuah batang yang mendapat gaya tegak lurus mulai dari awal terjadinya deformasi sampai terjadi patah dapat dilihat pada gambar 3 di bawah.

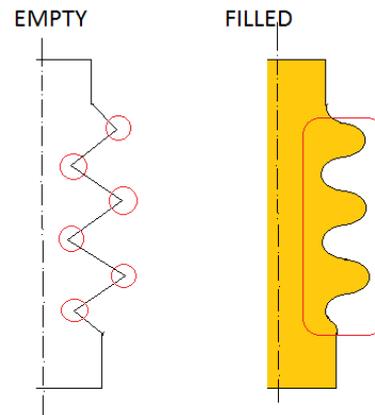


Gambar 3
Plastic Hinge

Mula-mula gaya nol, tidak terjadi deformasi. Setelah gaya diperbesar maka terjadilah deformasi elastis. Ketika tegangan melebihi batas yielding maka terjadilah deformasi plastis. Terbentuk daerah plastis pada bagian tengah batang. Daerah plastis ini semakin membesar sampai suatu saat terjadilah plastic hinge. Yaitu pada titik itu seolah – olah berfungsi sebagai hinge (engsel). Pada saat itu proses penyerapan energi berakhir.

Dengan melihat gambar (2) bahwa luasan di bawah kurva pada plastis lebih besar daripada elastis maka kemampuan menyerap energi sebuah struktur bisa ditingkatkan dengan memperbesar luasan di bawah kurva plastis. Artinya memperbesar wilayah plastis saat terjadi plastic hinge.

Pada penelitian sebelumnya [7] didapat efek pengisian foam pada tapered tube. Pengisian rubber pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 4

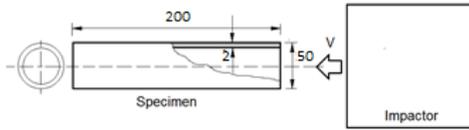
Plastic Hinge pada Tabung Kosong dan Tabung isi

Pada gambar 4, tabung kosong yang dikenakan gaya aksial terjadi plastic hinge pada sudut tekukan. Sedangkan pada tabung yang berisi karet pada saat terkena gaya aksial maka akan ada gaya reaksi dari rubber dari dalam. Diharapkan akan terjadi daerah plastis yang lebih besar daripada tabung kosong. Sepanjang daerah yang ditandai merah pada tabung berisi

diharapkan terjadi daerah plastis di situ. Peningkatan luasan plastis ini diharapkan akan meningkatkan kemampuan penyerapan energi impact.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan simulasi ANSYS.



Gambar 5

Pemodelan ANSYS

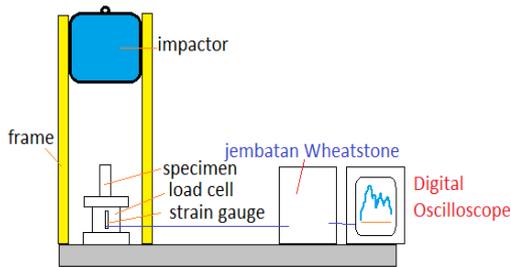
Pemodelan dengan ANSYS dapat dijelaskan dalam alur sebagai berikut



Gambar 6

Diagram alur Pemodelan ANSYS

Simulasi di atas untuk memodelkan percobaan seperti di bawah ini.



Gambar 7

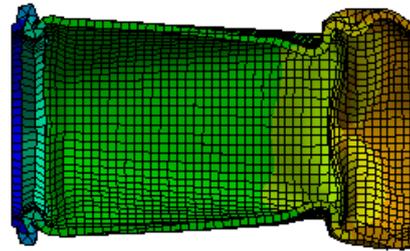
Peralatan eksperimen yang disimulasikan

Table 1. Material properties Specimen dan impactor

	Specimen		
Material	Aluminum	Steel	Rubber
Density (kg/m ³)	2770	7850	920
Poisson ratio	0.33	0.33	0.48
Modulus of elasticity (Pa)	7.1 E 10	2 E 11	2 E 6

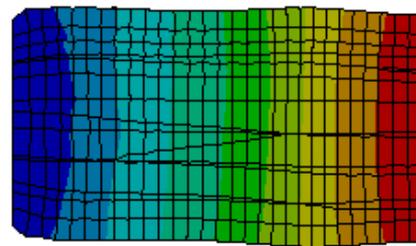
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi dengan FEA dengan diberikan tumbukan kecepatan 100 m/s didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 8
Tumbukan Tabung Aluminium

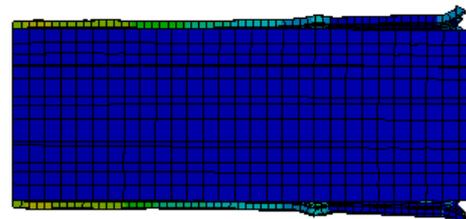
Terlihat terjadi wrinkle pada dinding tabung. Pada tumbukan ini mode deformasi yang terjadi adalah non-axisymmetric. Plastic hinge yang terjadi hanya pada bagian yang tertekuk akibat tumbukan. Ini menyebabkan energi terserap oleh deformasi plastis kecil.



Gambar 9

Tumbukan pada karet

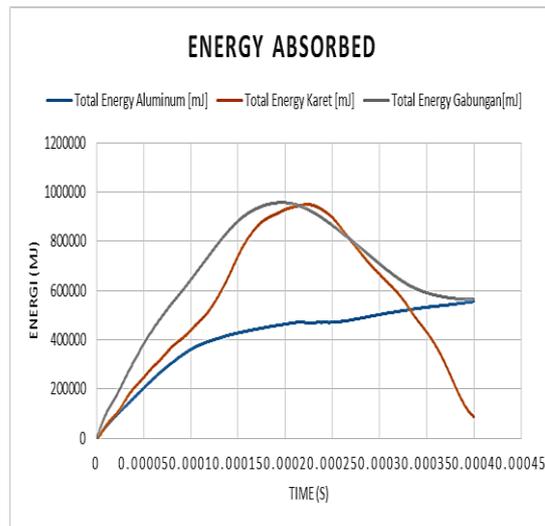
Pada karet tumbukan yang terjadi direspon dengan deformasi elastis. Deformasi sangat panjang. Sampai akhir tumbukan tidak terjadi perubahan permanen pada karet.



Gambar 10

Tumbukan pada tabung aluminium terjadi karet. Pada tabung aluminium yang tertisi karet, deformasi lebih stabil. Dinding aluminium akan tetap berbentuk axis-symmetric. Bentuk ini akan menyebabkan terjadi deformasi plastic terjadi

sepanjang dinding tabung. Tidak berpusat pada plastic hinge.



Gambar 11
Energi Terserap pada selang waktu yang sama

Energi terserap pada jangka waktu yang sama terlihat seperti gambar 11. Pada aluminum, selang waktu 0.0004 detik belum menyerap energi sampai jumlah maksimum. Sedangkan pada karet terjadi penyerapan energi yang besar. Tetapi pada selang waktu itu karet kembali ke bentuk asalnya sehingga energi dibuang kembali dengan perubahan bentuk elastis.

Total energi gabungan terserap pada aluminum diisi karet memberikan hasil yang lebih baik daripada tabung yang tidak diisi. Deformasi plastis pada aluminum menyebabkan energi tidak memantul kembali ke impaktor.

KESIMPULAN

Karet terbukti telah memberikan penambahan performance pada tabung aluminum tipis. Keberadaan karet menyebabkan deformasi menjadi lebih stabil. Pola deformasi yang terjadi terjaga axis-symmetric sehingga membuat kemampuan daya serap energi impact menjadi lebih baik dibandingkan tabung kosong.

Gabungan antara aluminum dan karet diharapkan dapat memberikan sebuah struktur penyerap energi impact yang handal pada automotive maupun peralatan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guoxing Lu and Tongxi Yu, *Energy absorption of structures and materials*. Cambridge: CRC Press LLC, 2003.
- [2] A. A. A. Alghamdi, "Collapsible impact

energy absorbers: An overview," *Thin-Walled Struct.*, vol. 39, no. 2, pp. 189–213, 2001.

- [3] N. Jones, *Structural Impact*. Cambridge, 1989.
- [4] W. Hardi, "The behavior of various thin-walled aluminum prisms subjected by axial impact loading in relation to the energy absorption abilities," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 508, no. 1.
- [5] D. Al Galib and A. Limam, "Experimental and numerical investigation of static and dynamic axial crushing of circular aluminum tubes," *Thin-Walled Struct.*, vol. 42, no. 8, pp. 1103–1137, 2004.
- [6] Z. G. Wei, J. L. Yu, and R. C. Batra, "Dynamic buckling of thin cylindrical shells under axial impact," *Int. J. Impact Eng.*, vol. 32, no. 1–4, pp. 575–592, 2006.
- [7] Z. Ahmad, "Impact and Energy Absorption of Empty and Foam-filled Conical Tubes," *Proc. COBEM*, no. December, 2009.