

Pengaruh Cross Section pada Tabung Aluminum Alloy Dalam Penyerapan Energi Impact Kecepatan Tinggi

Witono Hardi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun

witono@unkhair.ac.id

Abstraks

Tabung tipis telah dikenal luas sebagai penyerap energi impact. Banyak peneliti sebelumnya merekomendasikan tabung tipis sebagai bentuk yang mampu menyerap energi secara optimum saat terjadi benturan.

Kondisi profil cross section sangat mempengaruhi kemampuan penyerapan energi. Bahkan pada bentuk cross section yang sama, namun berbeda parameter, akan memberikan dampak yang berbeda. Pada penelitian ini dilakukan studi simulasi pada profile cross section berbentuk liingkarann saat mendapat beban berkecepatan tinggi. Specimen dibuat dari bahan Aluminum Alloy berbentuk tabung yang berbeda diameter dengan ketebalan yang sama. Setelah diberikan tumpuan jepit pada satu ujung, maka sebuah penumbuk baja menabrak ujung specimen yang lain dengan kecepatan tinggi dengan arah aksial.

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa perbedaan cross section mempengaruhi kemampuan penyerapan energi. Gaya reaksi tumpuan terhadap sistem juga berbeda. Nilai dari energi terserap per massa yang rusak juga berbeda. Nilai yang didapat dari penelitian ini bisa sebagai rekomendasi atas berapa ukuran yang sesuai pada tabung aluminum tipis saat mendapat energi impact.

Kata kunci : Tabung tipis, cross section, tumbukan kecepatan tinggi, energi diserap, gaya reaksi

PENDAHULUAN

Ada berbagai bentuk yang direkomendasikan sebagai peralatan penyerap energi. Tabung tips merupakan salah satu yang sangat efektif untuk tujuan itu [1]. Berbagai bentuk dan orientasi pembebanan juga berpengaruh. Sebuah penelitian tentang tabung kotak dengan arah pembebanan berbeda memberikan hasil yang berbeda pula dalam penyerapan energi [2]. Strain rate dipengaruhi oleh kecepatan pembebanan. Pada kecepatan pembebanan yang tinggi terjadi deformasi yang ditandai dengan terbentuknya tekukan pada sepanjang tabung sementara pada pembebanan kecepatan rendah atau quasi statik pembentukan tekukan (wrinkle) terjadi satu persatu pada lokasi tertentu [3], [4].

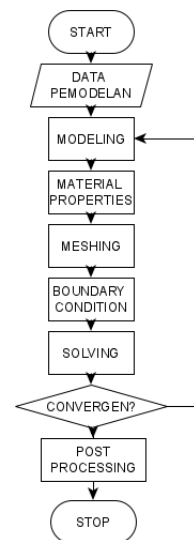
Perilaku tabung saat mendapat beban dinamik telah diteliti [5], demikian juga bukling dinamik tabung tipis saat mendapat beban kecepatan tinggi [6] [7] termasuk pada material aluminum [8]. Beberapa peneliti melakukan modifikasi dengan memasukkan foam ke dalam tabung tipis untuk menambah performance dari specimen saat mendapat beban impact [9]. Penggunaan bentuk honeycomb juga telah diusulkan sebagai peralatan penyerap energi yang handal [10].

Penelitian ini bertujuan melakukan studi pengaruh dari cross section dari tabung aluminum alloy saat mendapatkan beban impact kecepatan tinggi. Pemahaman atas kondisi ini

akan memberi manfaat pada saat melakukan desain yang berkaitan dengan tabung aluminum tipis. Akan bisa disusun sebuah sistem yang paling optimal dalam hubungannya dengan penyerapan energi impact.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan diagram alur seperti gambar di bawah.

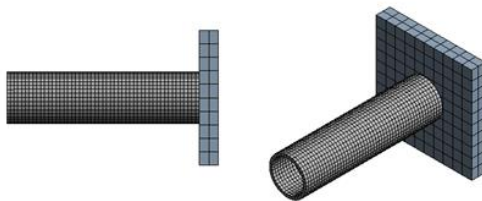


Gambar 1
Flowchart

Material specimen adalah Aluminum Alloy. Penumbuk dengan Steel. Material Property bisa dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1
Material Property

Property	Specimen <i>Aluminum Alloy</i>	Penumbuk <i>Steel</i>
Density (kg/m³)	2770	7850
Modulus Elastisitas (GPa)	71	200
Poisson ratio	0.33	0.33
Yield Point (MPa)	280	

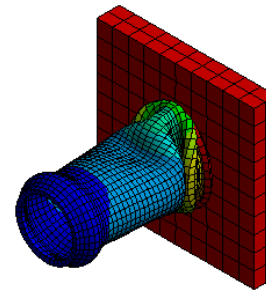


Gambar 2
Meshing

Ketebalan dinding diatur tetap 2 mm sedangkan diameter tabung bervariasi 25 mm, 30 mm, 35 mm, 40 mm, 45 mm dan 50 mm. ratio diameter dibagi ketebalan, D/t adalah 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5 dan 25.

Meshing dilakukan dengan ukuran berbeda antara specimen dan penumbuk. Pada specimen diatur dengan 2 mm dengan memperhatikan kemampuan komputer yang dipakai. Software ANSYS STUDENT 2020 dipakai pada pemodelan ini.

Setelah itu diberikan *boundary condition* pada struktur yaitu tumpuan jepit pada satu ujung specimen dan tabrakan berkecepatan tinggi pada ujung yang lain.



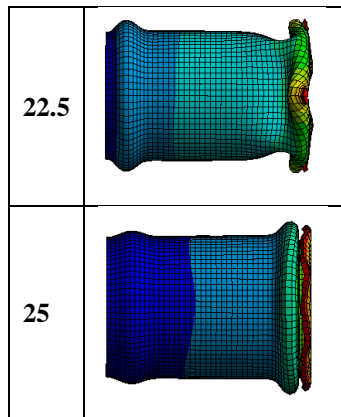
Gambar 3
Solving

Adakalanya pada saat solving tidak tercapai kondisi konvergen. Jika itu terjadi maka tidak didapatkan penyelesaian yang dimaksud. Perlu dilakukan pemeriksaan ulang pada material property, pemodelan, bentuk elemen serta parameter lain yang menyebabkan solusi tidak diperoleh. Oleh karena itu perlu adanya pemeriksaan yang detail sesuai dengan kaidah yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

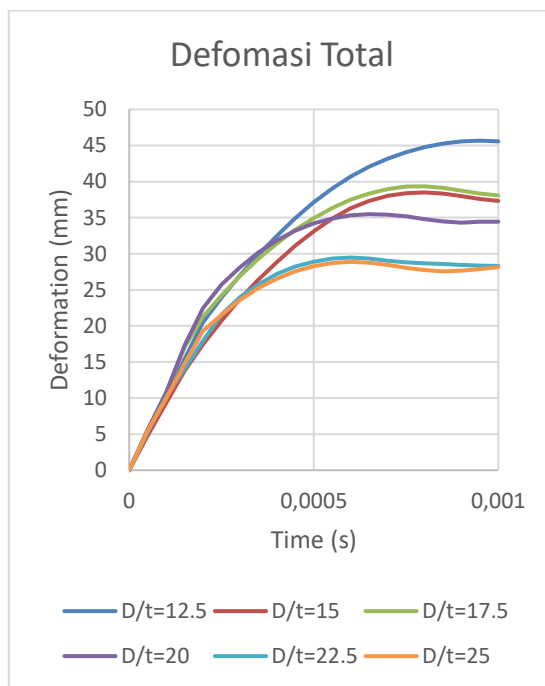
Setelah tumbukan terjadi maka hal pertama yang didapatkan adalah total deformasi specimen. Total deformasi yang terjadi dapat dilihat pada gambar di bawah.

D/t	Deformation
12.5	
15	
17.5	
20	

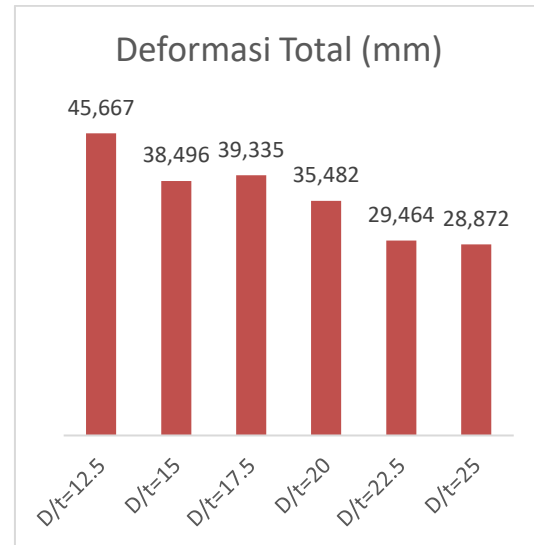


Gambar 4
Pola Deformasi

Dari pola deformasi didapatkan bahwa semakin besar nilai D/t maka pola semakin menuju ke axisymmetric. Pada nilai $D/t = 12.5$ terlihat pola non axisymmetric.

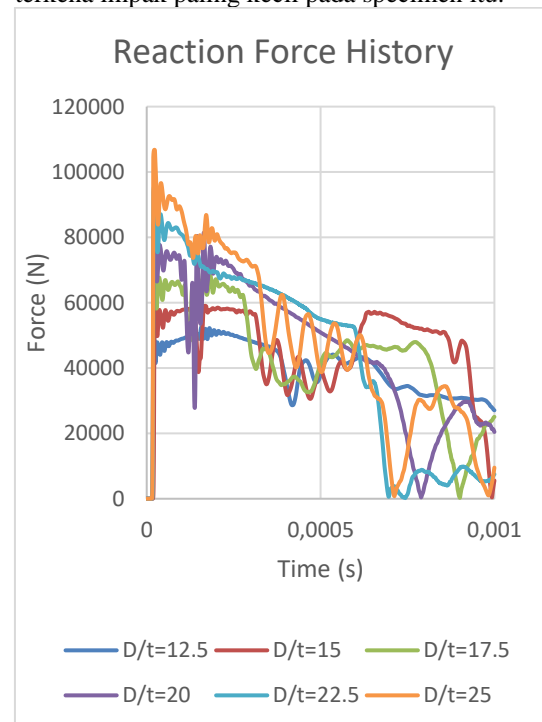


Gambar 5
Deformation History



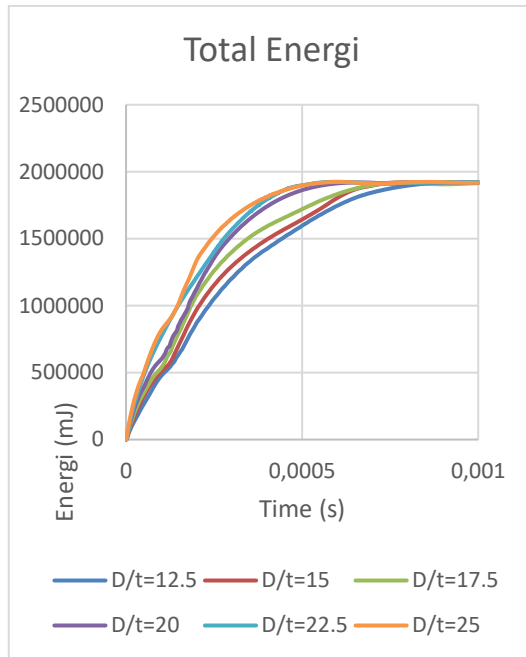
Gambar 6
Deformasi Total Setiap Specimen

Deformasi terbesar terjadi pada nilai D/t yang paling kecil yaitu pada $D/t=12.5$ terjadi deformasi 45.667 mm. Luasan permukaan yang terkena dampak paling kecil pada specimen itu.



Gambar 7
Reaction Force

Semakin besar nilai D/t maka akan semakin besar gaya reaksi maksimum yang diterima oleh specimen. Namun demikian, dengan membagi nilai gaya dengan luasan permukaan, maka didapat fakta bahwa tegangan puncak relatif tetap dengan nilai yang tertera pada property material.



Gambar 8
Total energi

Total Energi yang diserap adalah sama yaitu sebesar energi kinetik yang diterima akibat tabrakan dari penumbuk. Semua specimen menyerap energi sebagai fungsi dari waktu dan fungsi dari deformasi.

Dari gambar terlihat specimen dengan nilai D/t paling kecil akan menyerap energi paling kecil pada kurun waktu yang sama. Pada akhirnya semua specimen akan menyerap energi yang sama.

KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa makin besar nilai D/t pada ketebalan tetap 2 mm, deformasi maksimum akan makin kecil, energi terserap total sama akan tetapi pada kurun waktu sebelum berakhir, energi yang terserap paling besar.

Gaya Reaksi pada specimen dengan ratio besar adalah lebih tinggi daripada yang rasionya kecil. Gaya reaksi yang besar sangat berbahaya untuk obyek yang akan dilindungi karena akan menyebabkan kerusakan.

Namun demikian deformasi maksimumnya paling kecil sehingga bagian yang rusak akibat tumbukan paling kecil.

Pengambilan dimensi optimum perlu dilakukan agar komponen penyerap energi yang diinginkan bisa bekerja dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. A. Alghamdi, "Collapsible impact energy absorbers: An overview," *Thin-Walled Struct.*, vol. 39, no. 2, pp. 189–213, 2001.
- [2] G. Nagel, "(TEZ) Impact and Energy Absorption of Straight and Tapered Rectangular Tubes," no. February, p. 324, 2005.
- [3] Guoxing Lu and Tongxi Yu, *Energy absorption of structures and materials*. Cambridge: CRC Press LLC, 2003.
- [4] N. Jones, *Structural Impact*. Cambridge, 1989.
- [5] M. Higuchi, Y. Hamaguchi, S. Suzuki, and T. Adachi, "Dynamic Behavior of a Circular Tube Subjected to High Impact Loading," *6th Int. Symp. Adv. Sci. Technol. Exp. Mech.*, pp. 3–5, 2011.
- [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] W. Hardi, "The effect of impact velocity to the reaction force, the deformation length and the deformation mode on a thin aluminum tube," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1569, no. 4, 2020.
- [8] 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.
- [9] Z. Ahmad, "Impact and Energy Absorption of Empty and Foam-filled Conical Tubes," *Proc. COBEM*, no. December, 2009.
- [10] H. Nakamoto, T. Adachi, and W. Araki, "In-plane impact behavior of honeycomb structures filled with linearly arranged inclusions," *Int. J. Impact Eng.*, vol. 36, no. 8, pp. 1019–1026, 2009.