

PERILAKU *CONE* ALUMINUM TIPIS DENGAN SUDUT YANG BERBEDA DALAM MENYERAP ENERGI IMPAK

Witono Hardi*

Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

Article history

Received

15 September 2018

Received in revised form

10 Oktober 2018

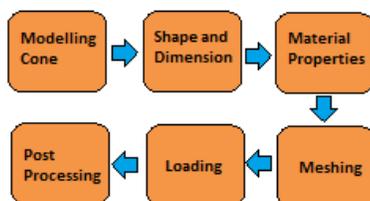
Accepted

15 Oktober 2018

*Corresponding author

witono@unkhair.ac.id

Graphical abstract



Abstract

The use of thin-walled structures as energy absorbers has been widely known and applied in various fields. Thin-walled structures have the ability to absorb energy very well at various levels of impact speed.

In this study, an analysis of the behavior of thin-walled structures with aluminum cone-shaped was carried out. This structure has a length of 200 mm thickness of 2 mm with one end whose diameter is left to remain 50 mm and the other end is made varied; 50 mm, 64 mm, 84 mm, 104 mm and 124 mm. A pounder made of cube-shaped steel measuring 15 cm x 15 cm x 15 cm weighing 26.49 kg pounding the specimen at a speed of 10 m / s so that the kinetic energy is received is 1324.7 Joules. Deformation with certain patterns in thin-walled structures and the results of the simulation obtained are total deformation, bending pattern, and energy per unit length. From the five specimens, it was found that the thin tube had a longer deformation than the cone shape. But the cone's ability to absorb more energy is indicated by the amount of energy per unit length.

Keywords: Thin-walled structure, impact speed, absorbed energy, cone

Abstrak

Penggunaan struktur berdinding tipis sebagai penyerap energi telah dikenal luas dan diterapkan pada berbagai bidang. Struktur berdinding tipis memiliki kemampuan menyerap energi yang sangat baik pada berbagai tingkat kecepatan impact. Pada penelitian ini dilakukan analisa perilaku struktur berdinding tipis dengan bahan aluminium yang berbentuk cone. Struktur ini memiliki panjang 200 mm ketebalan 2 mm dengan satu ujung yang berdiameter dibiarkan tetap 50 mm dan ujung yang lain dibuat bervariasi ; 50 mm, 64 mm, 84 mm, 104 mm dan 124 mm. Sebuah penumbuk yang terbuat dari baja berbentuk kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan berat 26.49 kg menumbuk specimen dengan kecepatan 10 m/s sehingga energi kinetik yang diterima adalah sebesar 1324,7 Joule. Terjadi deformasi dengan pola tertentu pada struktur berdinding tipis dan hasil simulasi yang didapatkan adalah total deformasi, pola tekukan dan energi per satuan panjang. Dari kelima specimen itu didapatkan hasil bahwa pada tabung tipis memiliki deformasi yang lebih panjang daripada bentuk cone. Tetapi kemampuan cone untuk menyerap energi lebih besar ditandai dengan besarnya energi per satuan panjang.

Kata Kunci: Struktur berdinding tipis, Kecepatan impact, energi diserap, cone

© 2018 Penerbit Fakultas Teknik Unkhair. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Penggunaan tabung tipis sebagai penyerap energi telah dikenal luas. Berbagai bentuk bangun *prismatic* telah diusulkan sebagai peralatan penyerap energi. (Alghamdi, 2000) menjelaskan tentang berbagai metode penyerapan energi yang diantaranya adalah struktur berdinding tipis. Selain bentuk *prismatic*, bentuk *tapered tube* juga

digunakan untuk menambah kemampuan daya serap energi. (Yu Cheng LIU, 2008) membuat pemodelan *tapered thin walled tube* berbentuk *circular* dan *rectangular* yang lebih mudah dan akurat untuk analisa pembebanan *axial*. (Ali Ghamarian, 2011) meneliti tentang penambahan tutup pada tabung *circular* dan mendapatkan adanya penurunan puncak beban dibandingkan tabung tanpa tutup.

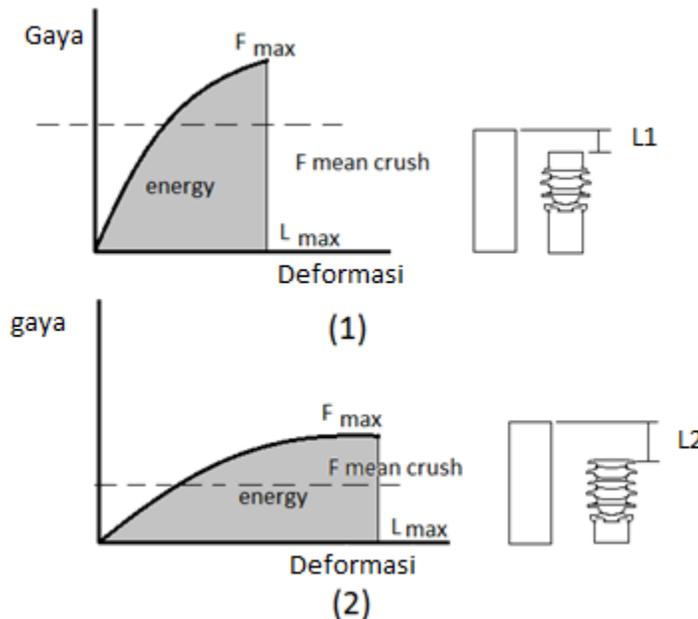
Pada penelitian sebelumnya ditambahkan *ribs* pada tabung aluminum tipis. *Ribs* dibentuk saat proses manufaktur dengan jarak tertentu pada tabung tipis. Keberadaan *ribs* pada tabung tipis telah mengontrol karakteristik penyerapan energi. Ini disebabkan keberadaan *ribs* menentukan jenis tekukan *axisymmetric* (*concertina*) atau *non axisymmetric*. Gaya tumbukan rata-rata dari mode *axisymmetric* secara kasar 1.3 kali dibandingkan *non axisymmetric* (Tadaharu Adachi, 2007).

Penelitian tentang tabung kotak, lurus dan *tapered* terhadap kemampuannya menyerap energi impact telah dilakukan dan menghasilkan kesimpulan bahwa respon penyerapan energi pada tabung lurus dan tabung kotak *tapered* pada pembebanan impact aksial dipengaruhi ketebalan dinding, sudut *taper* dan jumlah sisi *taper* (Nagel, 2005).

Pada penelitian ini dilakukan pengujian atas perilaku tabung lurus dan tabung *taper* tanpa tutup akibat tumbukan pada arah aksial.

1.1 Prinsip Dasar Penyerapan Energi

Energi yang diserap oleh sistem pada penelitian ini adalah sama karena berasal dari tumbukan benda penumbuk yang sama dengan kecepatan konstan yang sama. Namun demikian, energi itu diserap oleh *cone* dengan perilaku yang berbeda.



Gambar 1

- (1) Gaya Maksimum Besar, deformasi kecil
- (2) Gaya Maksimum kecil, deformasi besar

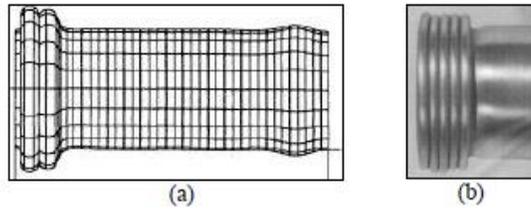
Pada gambar (1) terlihat material memiliki gaya rerata dan gaya maksimum yang lebih tinggi daripada gambar (2). Karena energi yang diterima sama, maka penurunan gaya maksimum pada gambar (2) diikuti oleh penambahan panjang deformasi. Gaya yang diterima oleh struktur pada gambar 2 lebih kecil akan tetapi karena deformasi lebih besar, perlu difikirkan pengaruhnya terhadap keselamatan ketika struktur itu diterapkan pada suatu sistem.

1.2 Pola deformasi pada dinding tipis akibat tumbukan *axial*

Pada saat bentuk *prismatic* mendapat tumbukan dari depan maka akan terjadi *local bucling* pada dindingnya. Ada tiga jenis pola tekukan yang terjadi yaitu :

1. *Axisymmetric* atau *Concertina*

Merupakan bentuk deformasi dengan terjadi tekukan secara menyeluruh pada dinding tabung tipis. Dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 2
Model concertina sebagai mana hasil simulasi dan hasil percobaan (Jones, 1989)

2. Diamond

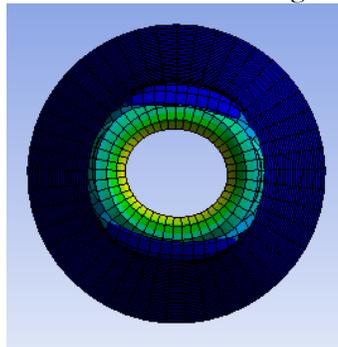
Merupakan pola tekukan dengan membentuk diamond segitiga, empat, lima dan seterusnya (Ahmad, 2009)



Gambar 3
Pola perpatahan diamond (Ahmad, 2009)

3. Gabungan antara keduanya.

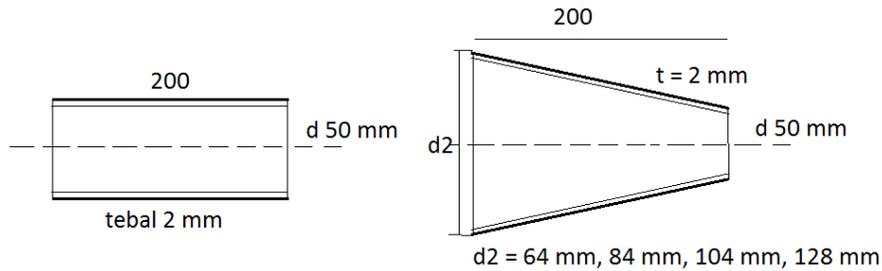
Gabungan terjadi pada awalnya Concertina kemudian diiringi dengan diamond dan sebaliknya



Gambar 4
Pola campuran

2. METODOLOGI

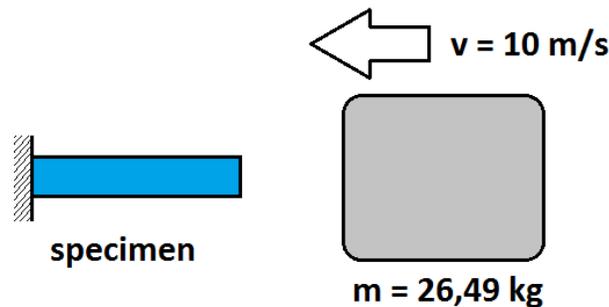
Penelitian dilakukan dengan menggunakan ANSYS WORKBENCH 2019 versi student and academic staff. Dibuat benda kerja dengan bentuk cone sebagai berikut.



Gambar 5
Specimen

Table 1
Sifat material specimen dan impactor

	<i>Specimen (Aluminum)</i>	<i>Impactor (Baja)</i>
Density (kg/m³)	2770	7850
Young Modulus (Pa)	7×10^{10}	2×10^{11}
Poisson ratio	0.33	0.33
Yield Strength (Pa)	$1,5 \times 10^8$	3×10^8
Massa (kg)	-	26,49



Gambar 6
Specimen mendapat benturan

Pemodelan dilakukan dengan memasukkan material aluminum pada specimen dan *steel* pada *impactor*. Terdapat 5 buah specimen dengan ukuran yang berbeda. *Impactor* diarahkan pada ujung specimen dengan kecepatan konstan 10 m/s. Maka akan didapatkan hasil tumbukan ditandai dengan kerusakan pada ujung specimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

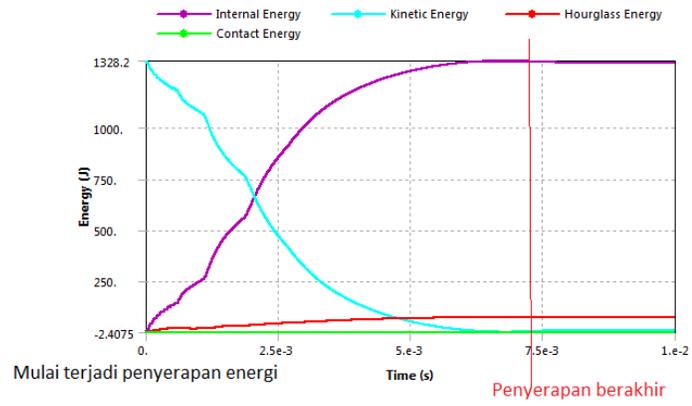
Energi Impak dinyatakan dengan energi kinetik yang dimiliki *impactor* saat melakukan tumbukan adalah

$$E = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \dots \dots \dots (1)$$

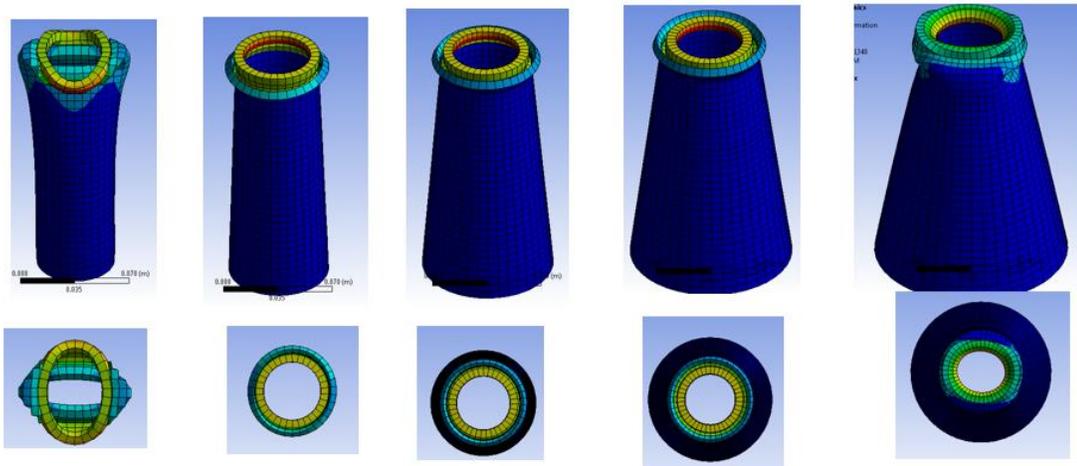
$$E = \frac{1}{2} \times 26,49 \text{ kg} \times 100 \left(\frac{m}{s}\right)^2$$

$$E = 1324 \text{ Joule}$$

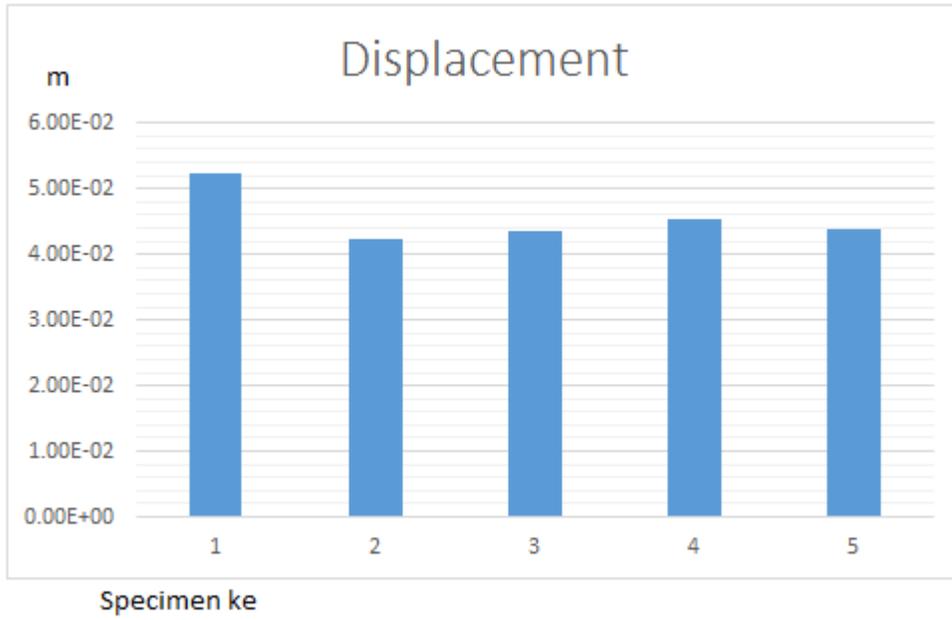
Energi kinetik ini diterima dan diserap oleh specimen. Penyerapan terjadi dengan terjadinya deformasi baik elastis maupun plastis pada specimen.



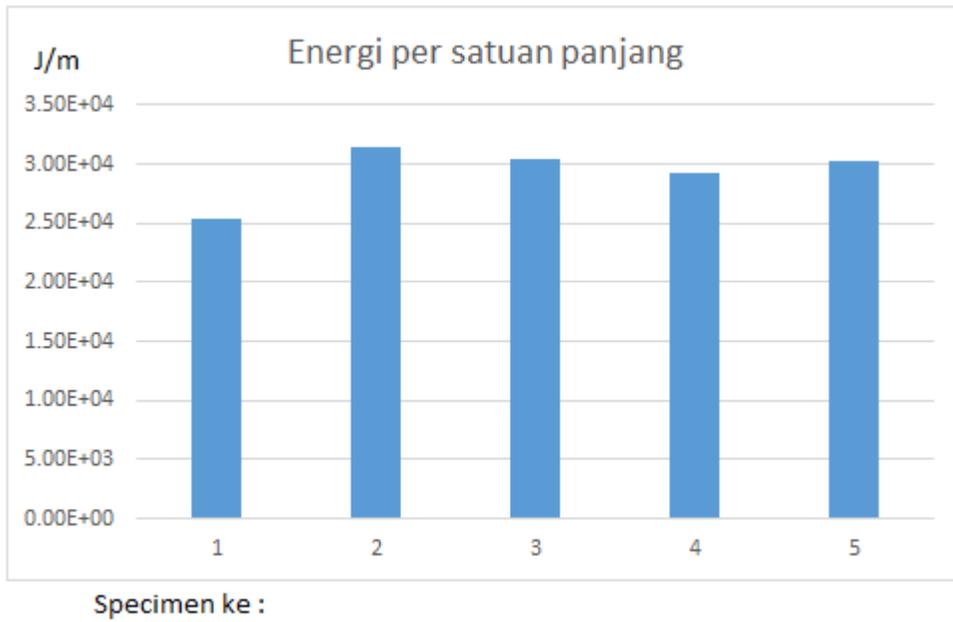
Gambar 7
Penyerapan Energi



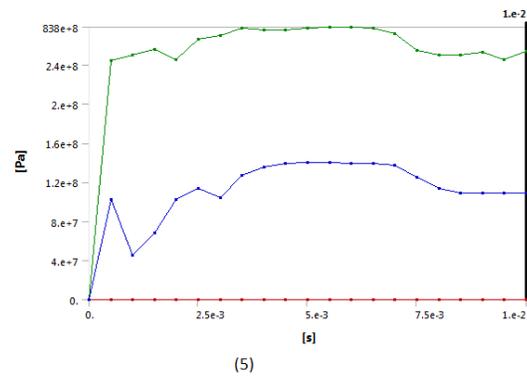
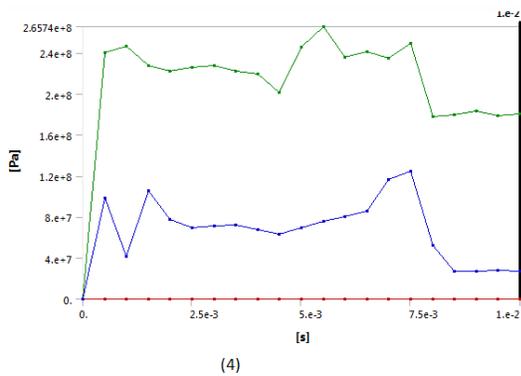
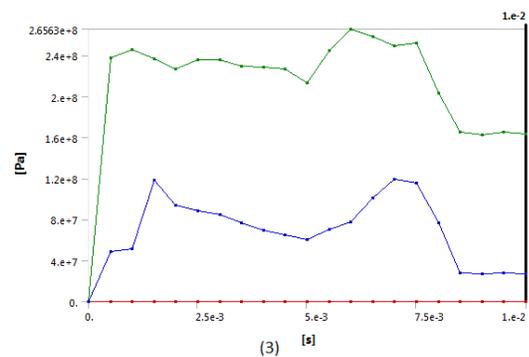
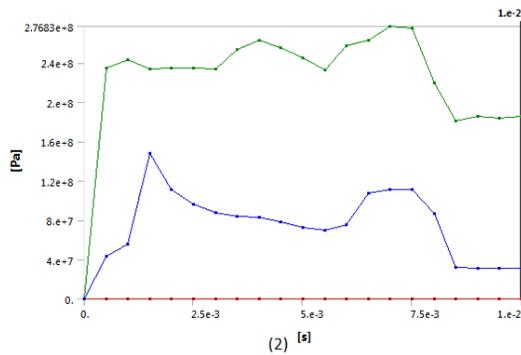
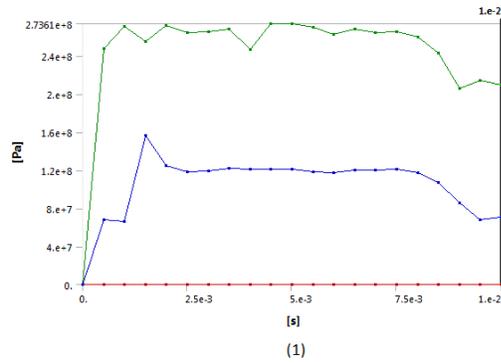
Gambar 8
Setelah tumbukan berat 26.49 kg dikenakan pada specimen



Gambar 9
Grafik Perbandingan displacement



Gambar 10
Energi per satuan panjang



Gambar 11
Grafik Tegangan Ekuivalen Von Mises pada specimen 1,2,3,4 dan 5

Gambar 9 menunjukkan displacement yang terjadi pada semua specimen. Terlihat pada specimen no 1 yaitu tabung lurus memiliki displacement yang paling besar. Berarti nilai dari energi per unit panjang adalah paling kecil dari semua specimen. Sedangkan pada cone menunjukkan hasil yang mirip.

Kemampuan menyerap energi pada cone lebih besar dari pada tabung lurus hal itu ditunjukkan energi per satuan panjang yang diserap paling besar. Namun demikian gaya rerata pada saat proses juga lebih besar. Gambar 10 menunjukkan energi per satuan panjang. Specimen 2 memiliki nilai paling besar yaitu $3,14 \times 10^4$ J/m.

Grafik tegangan von Mises ditunjukkan pada gambar 11 meliputi tegangan yang terjadi pada saat pembebanan pada specimen 1 sampai dengan 5.

Dari pengamatan modulus deformasi terlihat pada cone terjadi pola concertina sedangkan pada tabung lurus terjadi bentuk diamond. Gaya rerata pada bentuk diamond lebih kecil daripada bentuk concertina.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian itu adalah bentuk cone memiliki kemampuan menyerap energi persatuan panjang yang lebih baik dari pada bentuk tabung lurus hal ini terjadi karena pada dimensi dan kondisi pembebanan seperti pada analisa di atas semua cone memiliki pola deformasi concertina sedangkan pada tabung terjadi pola diamond. Selain itu, dari bentuknya, specimen cone memiliki volume dan massa yang semakin besar sehingga secara umum akan lebih besar membutuhkan gaya aksial yang semakin besar.

Untuk penelitian selanjutnya ,perlu dilakukan percobaan dengan variasi kecepatan maupun variasi ketebalan specimen. Dengan demikian akan didapatkan perilaku specimen ini dalam berbagai tingkat kecepatan.

References

- [1] Ahmad, Z. (2009). *Impact and energy absorption of Empty and Foam - Filled Conical Tube*. Queensland: Queensland University of Technology.
- [2] Ali Ghamarian, M. T. (2011). Axial Crushing Analysis of End Capped Circular Tubes. *Thin Walled Structure, ELSEVIER*, 743-752.
- [3] Jones, N. (1989). *Structural Impact*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [4] Nagel, G. (2005). *Impact and Energy Absorption of Straight and Tapered Rectangular Tubes*. Queensland: Queensland University of Technology.
- [5] Tadaharu Adachi, A. T. (2007). Energy Absorption of a thin walled cylinder with ribs subjected to axial impact. *International Joirnal of IMPACT ENGINEERING*, 65-79.
- [6] Yu Cheng LIU, M. L. (2008). Concept Modelling of Tapered Thin - walled Tubes. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 44-53.