

Pengaruh Panjang Tabung Aluminum dengan Deformasi Maksimum, Gaya Reaksi Maksimum dan Energi Plastis pada Pembebanan Impact Kecepatan Tinggi

Witono Hardi
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun
witono@unkhair.ac.id

Abstraks

Penggunaan tabung tipis sebagai piranti penyerap energi impak telah dikenal sangat luas dalam berbagai aplikasi. Banyak peneliti yang mengungkap berbagai keuntungan dari bentuk tabung tipis ini. Pada penelitian ini akan dibahas masalah pengaruh panjang tabung dalam hubungannya dengan deformasi maksimum, gaya reaksi maksimum dan energi plastis yang diserap saat mengalami gaya impak dalam kecepatan tinggi.

Sebuah tabung dengan diameter 50 mm tebal 1 mm dan panjang bervariasi ditumbuk dengan sebuah baja berbentuk balok berat 0.38 kg dengan kecepatan 75 m/s. Pemodelan dilakukan dengan ANSYS WORKBENCH Explicit Dynamic. Dilakukan pencatatan data hasil simulasi yaitu deformasi maksimum setelah impak, gaya reaksi maksimum dan penyerapan energi plastis yang terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan semakin panjang specimen maka deformasi yang terjadi semakin kecil. Gaya reaksi juga semakin kecil. Energi akibat deformasi plastis tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Kata kunci : Tabung tipis, penyerap energi, energi plastis, gaya reaksi, impak kecepatan tinggi

PENDAHULUAN

Tabung tipis merupakan salah satu struktur penyerap energi yang sangat banyak digunakan [1] [2]. Penelitian yang melibatkan tabung diisi foam dan kosong dengan variasi *end cap* telah dilakukan untuk melihat pengaruh pengisian foam dan pengaruh *end cap* [3].

Penelitian yang melibatkan kondisi dinamik dan quasi statik pada tabung tipis baik secara numerical maupun eksperimen untuk melihat pengaruh ketidaksempurnaan geometri maupun efek dari strain rate [4].

Penelitian dengan melibatkan cross section yang berbeda dilakukan dengan membandingkan bentuk kotak, bulat dan ellips dan menghasilkan kesimpulan bahwa bentuk ellips memiliki daya serap energi yang lebih baik [5].

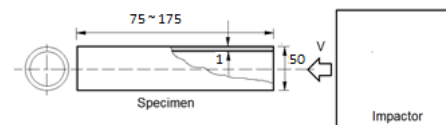
Pada peristiwa tabung tipis yang mendapat gaya aksial akan mengalami *mode buckling axisymmetric* maupun *non axisymmetric* [6]. Mode deformasi ini akan mempengaruhi gaya reaksi maksimum maupun deformasi akibat gaya impak.

Panjang specimen sangat mempengaruhi gaya kritis bukling pada batang yang mengalami eigenvalue buckling. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi untuk menentukan pengaruh panjang specimen terhadap deformasi, gaya maksimum dan energi yang diserap.

Penelitian ini membatasi pada dimensi yang telah ditetapkan dalam rancangan percobaan dan memakai material aluminum dengan kondisi yang ada.

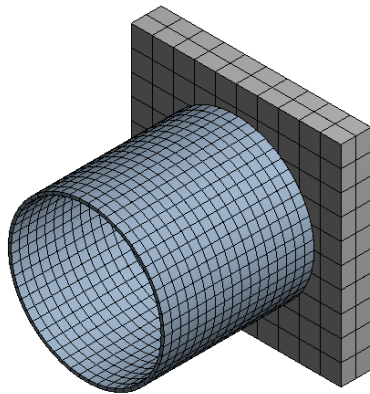
METODOLOGI

Pemodelan dilakukan dengan software ansys yaitu mengkondisikan simulasi dengan eksperimen yang ada.



Gambar 1
Pelaksanaan Simulasi

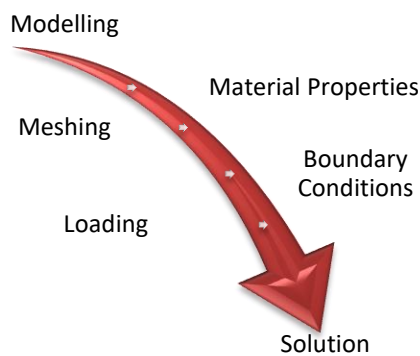
Sebuah specimen yang terbuat dari aluminum ditabrak oleh sebuah impactor sampai terdeformasi. Pada penelitian ini peralatan pengujian dimodelkan dengan ANSYS sebagai berikut.



Gambar 2
Pemodelan dengan ANSYS WORKBENCH

Gambar 2 merupakan pemodelan ANSYS yang sudah dilakukan meshing. Meshing adalah proses membagi continuum menjadi elemen-elemen yang berhingga.

Adapun diagram alur penelitian adalah sebagai berikut



Gambar 3
Proses Pemodelan

Pemodelan dengan menggunakan DesignModeler yang ada pada ANSYS kemudian dimasukkan material properties yaitu aluminum pada specimen dan steel pada impactor.

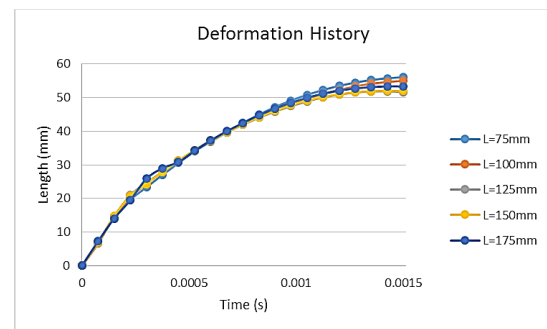
Meshing dilakukan dengan ukuran yang moderat, yaitu 1 mm. Semakin kecil elemen semakin teliti perhitungan namun akan membutuhkan waktu lama [7]. Kemudian *boundary condition* ditentukan, yaitu kecepatan impact dan *fixed support*. Setelah pembebanan dan penyelesaian maka hasilnya bisa diambil dari *post processing*.

Table 1. Material properties dari Specimen dan impactor

| | Specimen | Impactor |
|------------------------------|----------|----------|
| Material | Aluminum | Steel |
| Density (kg/m ²) | 2770 | 7850 |
| Poisson ratio | 0.33 | 0.33 |
| Modulus of elasticity (Pa) | 7.1 E 10 | 2 E 11 |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh panjang specimen terhadap besarnya deformasi dapat dilihat pada gambar di bawah.



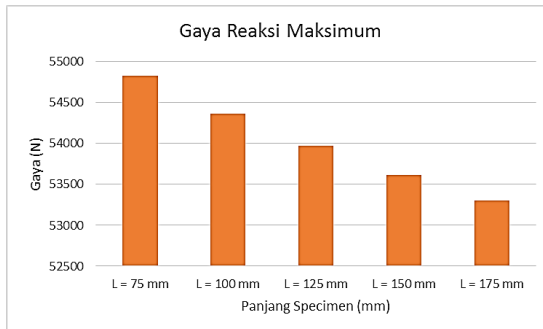
Gambar 4
Deformation History



Gambar 5
Deformasi Maksimum

Dari gambar 4 dan 5 terlihat bahwa pada penambahan panjang antara 75 mm sampai 125 mm terjadi penurunan deformasi total. Kemudian naik sedikit pada 150 mm ke 175 mm. Semakin panjang specimen pada kecepatan tinggi, terjadi deformasi pada seluruh dinding tabung. Hal ini akan memperkecil deformasi karena pada setiap area proses pembentukan wrinkle belum selesai. Berbeda pada benda kerja yang pendek yang mana proses pembentukan wrinkle terjadi secara sempurna.

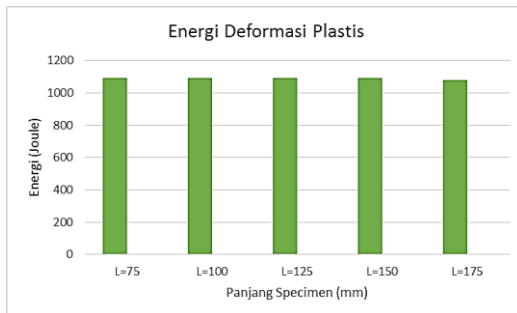
Pengaruh panjang specimen terhadap gaya reaksi adalah sebagai berikut



Gambar 6
Gaya Reaksi Maksimum

Pada gambar 6, semakin besar panjang specimen maka semakin kecil gaya reaksi maksimum. Hal ini disebabkan pengaruh eigen value bucling yang sangat sensitif dengan penambahan panjang specimen. Dengan penambahan panjang maka gaya kritis akan semakin turun.

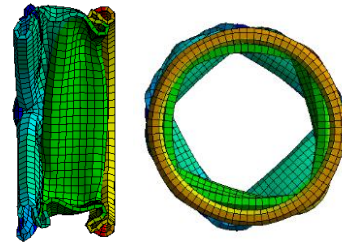
Adapun pengaruh panjang specimen terhadap energi deformasi plastis



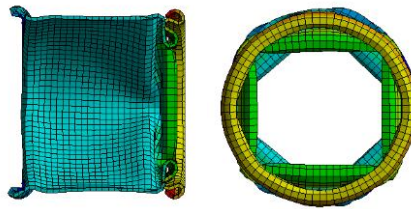
Gambar 7
Energi Deformasi Plastis

Pada simulasi ini dihitung energi yang merupakan akibat dari deformasi plastis specimen. Penghitungan dimulai saat terjadi yielding. Tidak ada perbedaan yang berarti dalam hal penyerapan energi.

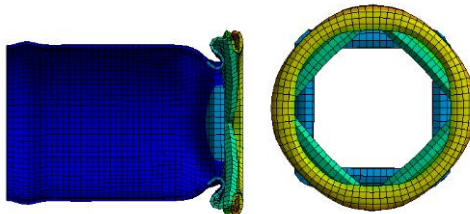
Pola deformasi specimen saat menerima beban yang sama dengan perbedaan panjang adalah sebagai berikut.



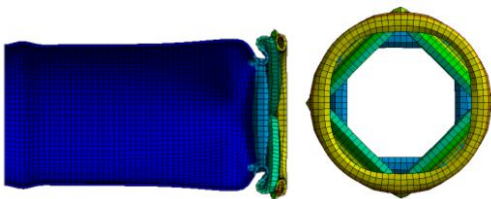
Gambar 8
Pola deformasi pada L = 75 mm



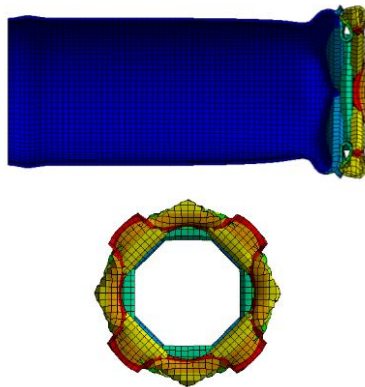
Gambar 9
Pola deformasi pada L = 100 mm



Gambar 10
Pola deformasi pada L = 125 mm



Gambar 11
Pola deformasi pada L = 150 mm



Gambar 12

Pola deformasi pada $L = 175$ mm

Dari gambar 8 sampai dengan 11 terlihat terjadinya perbedaan pola deformasi yang terjadi walaupun sama sama berpola campuran antara yang axisymmetric dengan yang non axisymmetric.

Pola diamond pada gambar 8 berbeda dengan dengan gambar 9, 10, 11 dan 12.

Perbedaan pola ini mempengaruhi gaya maksimum yang terjadi pada saat terjadi tumbukan pada kecepatan tinggi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

Semakin panjang specimen maka deformasi yang terjadi akan semakin kecil dari 75 mm ke 125 mm kemudian berangsur naik.

Gaya reaksi maksimum mengalami penurunan yang cukup significant. Semakin panjang specimen maka ada pengaruh eigen value buckling sehingga terjadi kebengkokan pada bagian specimen.

Energi yang diperoleh dari deformasi plastis relatif tidak ada perubahan.

Terjadi pola deformasi yang berbeda seiring dengan perubahan panjang specimen.

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] Guoxing Lu and Tongxi Yu, *Energy absorption of structures and materials*. Cambridge: CRC Press LLC, 2003.

[3] A. Ghamarian and M. Tahaye Abadi, "Axial crushing analysis of end-capped circular

tubes," *Thin-Walled Struct.*, vol. 49, no. 6, pp. 743–752, 2011.

[4] 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.

[5] J. Marzbanrad, M. Mehdikhanlo, and A. Saeedi Pour, "An energy absorption comparison of square, circular, and elliptic steel and aluminum tubes under impact loading," *Turkish J. Eng. Environ. Sci.*, 2009.

[6] N. Jones, *Structural Impact*. Cambridge, 1989.

[7] O. C. Zienkiewicz and F. Emeritus, "The Finite Element Method Fifth edition Volume 3 : Fluid Dynamics," vol. 3.