

# Finite Element Analysis Of Foam Filled Double Circular Tubes Under Three Bending Point By Different Loading Conditions

Ilyas Renreng<sup>1</sup>, Fauzan Djameluddin<sup>1</sup>, Aulia Abdi Nurhadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Prodi Sarjana Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

\*Corresponding author: fauzanman\_77@yahoo.com

**Abstract.** Foam material is a type of lightweight material and has excellent energy absorption properties. On the other hand, modern vehicle design is expected to be light weighted and the level of safety for passengers will increase. One part of the focus in passenger safety is the vehicle door to the side impact on other vehicles. Beam doors are designed from tubes filled with aluminum foam. This study aims to determine the stress and shape of the deformation in a round tube containing foam under three-point loading. Tensile testing is carried out to determine the mechanical properties of the tube material, while compressive testing is carried out to determine the mechanical properties of the foam. Mechanical properties data are used as input data for computer simulations using finite element method software. The results of the study showed that the maximum value of the flexural stresses in thin-walled tubes filled with foam with variations in laying loads.

**Abstrak.** Material foam merupakan jenis material ringan dan memiliki sifat penyerapan energi yang sangat baik. Disisi lain, desain kendaraan modern diharapkan berbobot ringan dan tingkat keamanan terhadap penumpang meningkat. Salah satu bagian yang menjadi fokus dalam keselamatan penumpang adalah pintu kendaraan terhadap impak samping pada kendaraan lain. Beam pintu didesain dari tabung berisi foam berbahan aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tegangan dan bentuk deformasi pada tabung bulat berisi foam dibawah pembebanan tiga titik. Pengujian tarik dilakukan untuk menentukan sifat mekanik dari material tabung, sedangkan pengujian tekan dilakukan untuk menentukan sifat mekanik dari foam. Data sifat mekanik digunakan sebagai data input untuk simulasi komputer menggunakan software metode elemen hingga. Hasil penelitian diperoleh menunjukkan bahwa nilai tegangan lentur maksimum pada tabung berdinding tipis berisi foam dengan variasi peletakan beban.

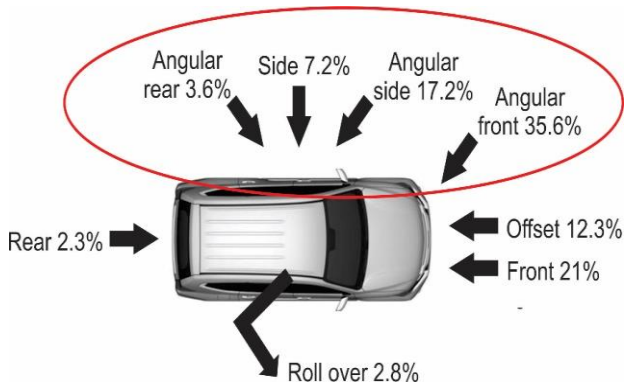
**Kata kunci:** foam, tabung, metode elemen hingga, pembebanan tiga titik

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Jumlah kendaraan di jalan sekarang ini semakin meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun, demikian pula perkembangan teknologi industri mobil dan transportasi. Disisi lain, dampak dari kecelakaan lalu lintas menjadi masalah yang utama bagi kesehatan dunia. Hal ini menarik perhatian dari para peneliti dan pabrikan otomotif untuk mempelajari dan untuk mengatasi masalah kesehatan tersebut. Kecenderungan peningkatan jumlah kendaraan dapat dilihat dari tabel dibawah memperlihatkan jumlah kendaraan di Indonesia berfariatif dari tahun 2012 sampai 2016. Kendaraan penumpang seperti sedan meningkat secara signifikan dan mencapai puncak di tahun 2016 sekitar 285.304 unit. [1]

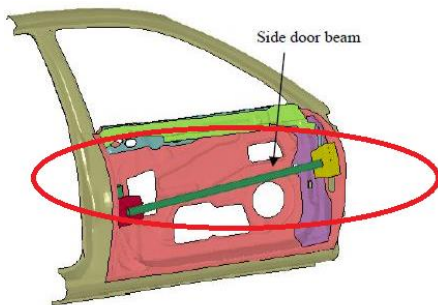
Secara global, tabrakan samping merupakan salah satu kecelakaan sangat berbahaya dan kondisi ini menyebabkan kematian dan cedera parah setiap tahun. Beberapa penelitian yang fokus pada kemampuan struktur kendaraan untuk menyerap energi benturan atau impak samping. Gambar 1 memperlihatkan probabilitas tabrakan atau impak pada kendaraan dalam kehidupan nyata. Dapat dilihat bahwa statistik tabrakan samping merupakan terbesar kedua setelah impak frontal. Dengan ditemukan material maju seperti komposit dan pemahaman yang lebih baik dari teori *crashworthiness*, perlindungan keselamatan penumpang dan pengurangan berat struktural telah dikembangkan pada kendaraan.



**Gambar 1.** Probabilistik impact atau tabrakan pada kendaraan (mobil)[4]

Material *beam* berupa material ringan yaitu material paduan A6061 dan foam alporas. Material ini memiliki daya serap energi yang tinggi dengan berat jenis rendah. Penggunaan bahan ini sangat sesuai untuk otomotif yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar, disini lain melindungi penumpang dari tabrakan. Salah satu penumpang dari tim peneliti telah mempunyai pengalaman pengembangan struktur bulat multi (*multi wall circular tube*) diisi *foam* sebagai bagian dari system perlindungan pintu pada otomotif. Struktur ini mempunyai kelebihan dibandingkan stuktur lain dengan memiliki kemampuan menyerap energi yang disebabkan tabrakan.

Hal terpenting adalah memperkuat bagian dari pintu. Penerapan *beam* dapat menjadi kekuatan eksternal dan menyerap energy benturan samping dengan menolak lentur akibat fenomena impact. Karena itu peningkatan *crasgworthiness* memiliki prestasi impact yang lebih baik pada pintu mobil. Struktur tabung dinding tipis seperti *beam* dengan bagian yang agak panjang, logam untuk menghasilkan tegangan akibat beban lentur pada *beam* harus memiliki kekakuan yang cukup untuk menahan momen lentur



**Gambar 2.** Model pintu denan *beam* [6]

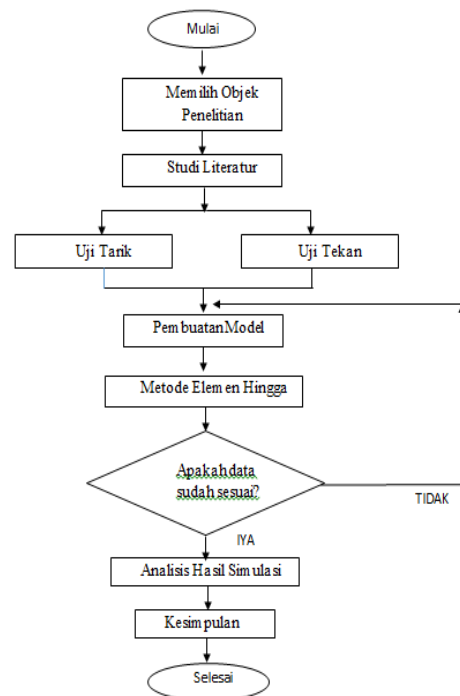
Kecenderungan saat ini di industri transportasi adalah untuk meningkatkan penggunaan bahan ringan dan mengintegrasikan mereka ke dalam desain kendaraan dalam rangka meningkatkan

efisiensi ekonomi bahan bakar dan mengurangi berat kendaraan, tanpa terdiri atribut lain seperti biaya, kinerja, kenyamanan, keamanan, korosi dan daur ulang. Aluminium paduan adalah beberapa bahan banyak digunakan untuk mencapai konstruksi ringan dan meningkatkan *crashworthiness* kendaraan. Selain itu, bahan-bahan ini memiliki kekakuan tinggi untuk rasio berat, baik sifat mampu bentuk, ketahanan korosi yang baik, apa yang membuat mereka ideal untuk menggantikan bahan yang lebih berat / kepadatan tinggi (misalnya, baja atau tembaga), menyusul permintaan penurunan berat konstan dari industri otomotif. Telah menunjukkan bahwa penggunaan aluminium dan paduan menawarkan potensi besar untuk mengurangi berat dari bodi kendaraan. [2]

Karakteristik impact dari *beam* dilakukan dengan pengujian impact secara statik menggunakan pengujian (*three bending point*)[3]. Parameter karakteristik bending di tentukan berupa jarak tumpuan, jarak beban, sudut tekuk, beban maksimum. Komponen *beam* yang aman terhadap pada benturan untuk mencapai tujuan ini maka dilakukan pengujian untuk menentukan karakteristik tabung silinder multi dinding berbahan aluminium paduan 6061 berisi aluminium foam di bawah beban tiga titik (*three bending point*).

**Metode Penelitian**

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



**Gambar 3.** Diagram alir penelitian

Uji tarik merupakan jenis pengujian bahan yang paling banyak dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan teknik. Dalam prakteknya masih sedikit para praktisi pengujian bahan yang memperhatikan aspek dan pengaruh laju regangan terhadap data hasil uji tarik. Untuk itu penelitian ini dilaksanakan dengan mempelajari pengaruh variasi laju regangan linier pada pengujian Tarik, Spesimen disiapkan mengikuti standar ASTM E8M.



(a)



(b)

**Gambar 4.** (a) Spesimen sebelum dan (b) setelah uji tarik

Sehingga dari data tersebut di dapatkan tegangan proporsional dari spesimen sebesar 72,405 N/mm<sup>2</sup> tegangan ulur sebesar 268,705 N/mm<sup>2</sup>, tegangan maksimum sebesar 331,456 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan patah sebesar 320,19 N/mm<sup>2</sup> dengan presentase regangan 10,4 % dan pengurangan luas penampang sebesar 51,25

Uji tekan adalah suatu alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan. Uji tekan ini memiliki kinerja yang bagus dan berkualitas untuk mengetahui kekuatan benda. Pada umumnya uji tekan ini digunakan pada logam yang bersifat getas, karena alat uji tekan ini memiliki titik hancur yang terlihat jelas di saat melakukan pengujian benda tersebut. Uji tekan memberikan hasil pengukuran kekuatan benda tersebut mengenai besar pengukuran yang di uji terhadap bahan yang akan di uji sehingga standarisasi yang di inginkan akan tercapai sempurna. Sebesar apa benda yang akan di uji maka akan di stabilkan juga dengan alat uji tekan

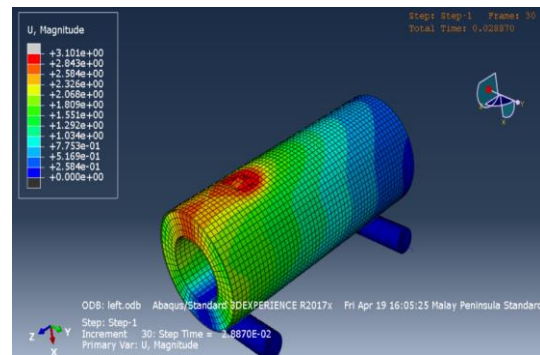
yang akan memberikan hasil dan kinerja yang baik dan hasilnya akan lebih bagus.



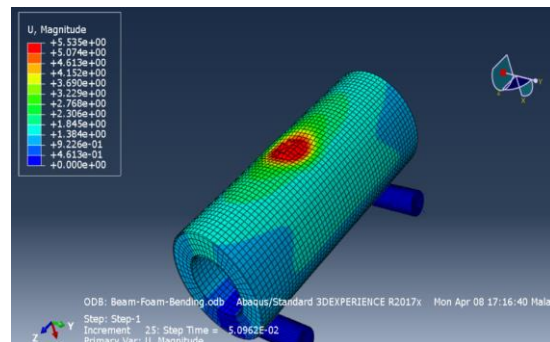
**Gambar 5.** Pengujian tekan aluminium foam

**Hasil Simulasi Defleksi**

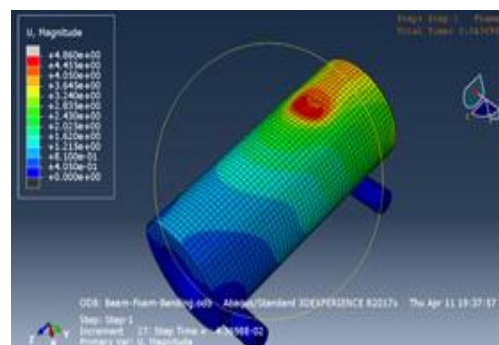
Pada titik a = 52,5



Pada Titik a = b = 105



Pada Titik a = 157,5



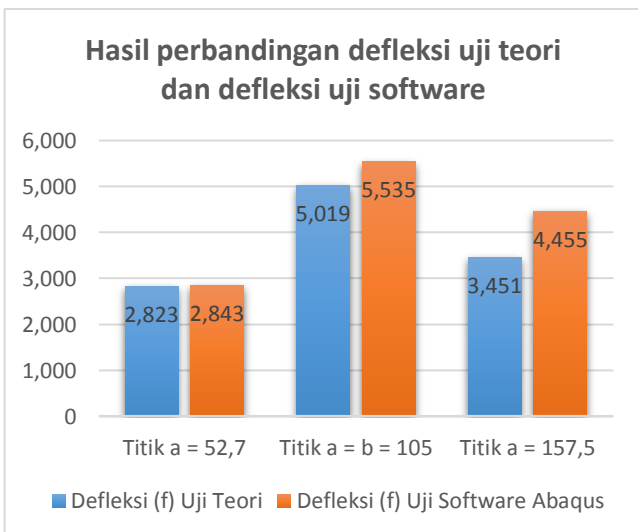
**Gambar 6.** Deformasi dengan variasi jarak pembebanan

Variasi Titik	Momen Maksimum	Defleksi (f)
Titik a = 157,5	5.250 kgmm	3,451 mm

Variasi Titik	Momen Maksimum	Defleksi
Titik a = 52,2	15.750 kgmm	2,823 mm

Variasi Titik	Momen Maksimum	Defleksi
Titik a = b = 105	10.500 kgmm	5,019 mm

Dari hasil penelitian dapat kita simpulkan bahwa selisih nilai defleksi antara hasil uji teori dan uji software tidak jauh berbeda dikarenakan selisih tidak melebihi 50%, dengan selisih terbesar yaitu 29%, sedangkan selisih terkecil yaitu 0,7%.



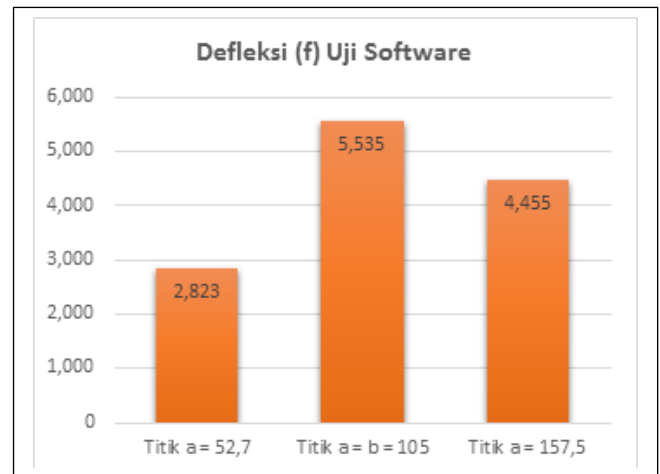
Gambar 7. Perbandingan hasil defleksi eksperimen dan simulasi

Dari Gambar 8 dapat kita katakan bahwa nilai momen lentur dititik a pada variasi 1 lebih besar disbanding variasi lainnya. Sedangkan pada defleksi memiliki nilai yang lebih rendah diantara semua variasi. dikarenakan jarak pembebanan pada variasi 1 lebih dekat dengan titik a dengan tumpuan yang mendominasi yaitu sendi.

Pada variasi 2 nilai momen lentur lebih kecil dibanding variasi 1, namun lebih besar dari nilai momen pada variasi 3. Sedangkan nilai

defleksinya lebih besar dibanding variasi lainnya. Hal ini dikarenakan jarak titik a ke titik pembebanan sedikit lebih jauh dari variasi 1 dengan tumpuan sendi dan rol.

Pada variasi 3 nilai momen lentur lebih yang paling kecil dibanding variasi lainnya, sedangkan nilai defleksinya lebih besar dibanding variasi 1 namun lebih kecil dibanding variasi 2. Hal ini dikarenakan jarak titik a ke titik pembebanan lebih jauh dari variasi 1 dan 2 dengan tumpuan yang mendominasi yaitu rol.



Gambar 9. Hasil defleksi dengan simulasi metode elemen hingga

### Kesimpulan

Titik pembebanan mempengaruhi nilai defleksi pada pengujian *three bending point*. Nilai defleksi uji teori sedikit lebih kecil dibandingkan dengan uji menggunakan software elemen hingga. Nilai defleksi terbesar terletak pada titik 2 dikarenakan letak pembebanan berada tepat di tengah bentang. Hasil diperoleh bahwa semakin kecil nilai defleksi maka semakin kuat dan kaku pula beam tersebut. Sedangkan persentase selisih defleksi uji teori dan uji software tidak lebih dari 15%.

### Daftar Pustaka

[1] Husin Raja Sharmi R, Lile Nur Liyana Tajul, 2008. "Optimization of Circular Side Door Beam for Crashworthiness Analysis". Mechanical Engineering Department, Polytechnic Sultan Abdul Halim Muadzam Shah

[2] Li Zhibin, Yu Jilin, Gua Liuwei, 2011. "Deformation and Energy Absorption of Aluminium Foam-Filled Tube Subjected to

Oblique Loading” CAS Key Laboratory of Mechanical Behavior and Design of Materials, University of Science and Technology of China

[3] Zaki Ahmad, 2003. “The Properties and Application of Scandium-Reinforced Aluminum”. Journal of Electronic Materials, and Metallurgical and Materials

[4] Zhang Xiong, Zhang Hui, Wang Zang, 2015. “Collapse of Square Tube With Variable Thickness”. Department of Mechanics, Huazhong University of Science and Technology