

ANALISIS NUMERIK EFEK TUMBUKAN DAN POLA DEFORMASI CRASH BOX BERBENTUK ORIGAMI

Romario Fransisco, Sahril Afandi, Bismil Rabeta*

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan,
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta

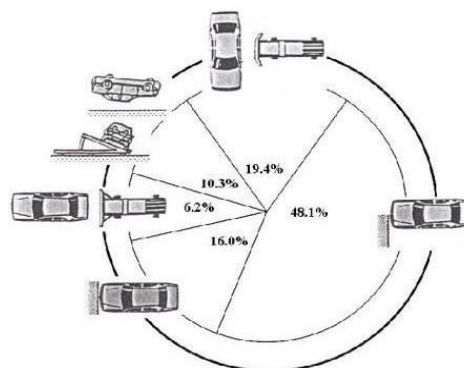
* Corresponding Author bismilrabeta@yahoo.co.id

Abstrak. *Crash Box* adalah batang *longitudinal* yang terintegrasi dengan *bumper* yang digunakan untuk menyerap energi tumbukan akibat tabrakan melalui proses deformasi (*progressive buckling*). Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui respon tabung *crash box* ketika dikenakan beban tumbukan dengan kecepatan rendah. Selain itu analisis ini juga untuk mengetahui besarnya P_{max} (*peak force*) terhadap variasi geometri yang menghasilkan *output* berupa nilai gaya terhadap perpindahan, sebagai acuan untuk menentukan nilai dari *mean crushing force* (P_{mean}) dan *crushing force efficiency* (CFE). Pada setiap model memiliki *mean crushing force* (P_{mean}) dan *crushing force efficiency* (CFE) yang berbeda-beda. Pada model 1 memiliki nilai *mean crushing force* (P_{mean}) sebesar 12.976 kN dan *crushing force efficiency* (CFE) sebesar 0.584, model 2 memiliki nilai *mean crushing force* (P_{mean}) sebesar 10.458 kN dan *crushing force efficiency* (CFE) sebesar 0.789, dan model 3 memiliki nilai *mean crushing force* (P_{mean}) sebesar 9.282 kN dan *crushing force efficiency* (CFE) sebesar 0.798.
Kata Kunci: *Crash box*, metode elemen hingga, *progressive buckling*, *crushing force efficiency* (CFE), deformasi.

Abstract. *Crash box* is a *longitudinal bar* integrated with a *bumper* of the car is used to absorb the energy due to collision through a process of deformation (*progressive buckling*). The purpose of this analysis is to determine the response of the *crash box* when the subject to collision load with low speed. In addition, this analysis is also to determine the value of P_{max} (*peak force*) against the geometry variations of the *crash box* that produce the value of the force on the displacement and as a reference to determine the value of *mean crushing force* (P_{mean}) and *crushing force efficiency* (CFE). Every models has a different the value of *mean crushing force* (P_{mean}) and *crushing force efficiency* (CFE). In model 1 has a P_{mean} value of 12.976 kN and a CFE value of 0.584, Model 2 has a P_{mean} value of 10.458 kN and a CFE value of 0.789, and Model 3 has a P_{mean} value of 9.282 kN and a CFE value of 0.798.
Keywords : *Crash Box*, finite element methods, *progressive buckling*, *crushing force efficiency* (CFE), deformation.

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi keamanan pada kendaraan banyak sekali sistem keamanan yang diterapkan oleh produsen kendaraan khususnya roda empat seperti *bumper*, *crash box*, *airbags*, *seat belt*, dan *ABS brakes*. Gambar 1 menunjukkan persentase dari tiap jenis tabrakan dimana jenis tabrakan ini sering terjadi karena kepadatan arus lalu lintas yang tinggi. Jenis tabrakan ini terjadi akibat tabrakan dengan mobil lain maupun tabrakan dengan benda-benda lain.^[1]



Gambar 1. Distribusi kecelakaan mobil di dunia berdasarkan tipe tabrakan [1]

Meninjau hal tersebut, standar keselamatan kendaraan yang lebih baik sangat dibutuhkan. *Bumper* dan *crash box* berguna untuk melindungi kabin penumpang dari tabrakan arah depan struktur mobil. Desain dan produksi dari sebuah *bumper* harus dilakukan secara teliti berguna untuk menghasilkan ketahanan bumper yang maksimal. *Bumper* memiliki peran penting dampat tabrakan pada mobil. Sistem ini bekerja dengan cara menyerap energi akibat tabrakan dan akan berdeformasi.



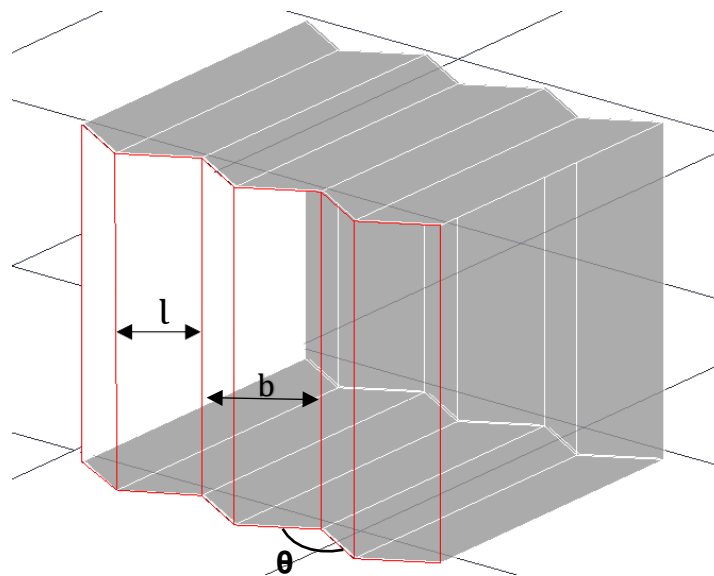
Gambar 2 Struktur *bumper* dan *crushing box*[6]

Crash box yang diletakan diantara *bumper* dan rangka pada bagian depan kendaraan merupakan bagian yang sangat penting sebagai penyerap energi tumbukan menjadi deformasi dari hal tabrakan. Apabila terjadi tumbukan dan *crash box* tidak terjadi deformasi maka, maka beban tumbukan tersebut akan langsung diteruskan ke dalam daerah kabin, dan penumpang akan langsung merasakan beban tumbukan tersebut. Oleh karena itu, seluruh energi tumbukan harus dapat diserap oleh *crash box* dan menjadi kerusakan plastis pada *crash box* tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Dimensi Pemodelan Geometri

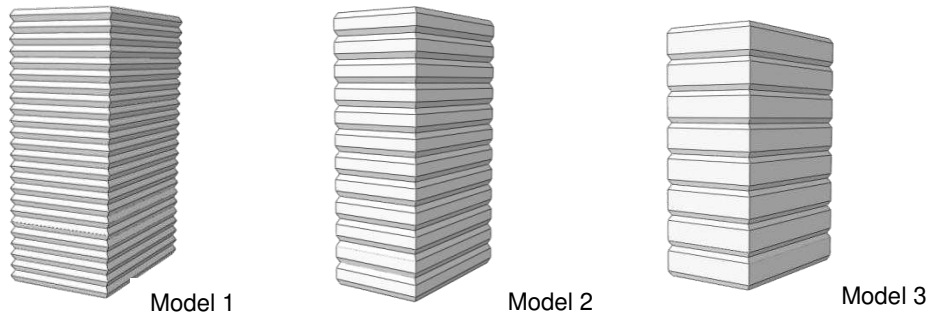
Pemodelan *crash box* menggunakan bahan Alluminium 6063-T1 dengan variasi pada jarak antar sudut untuk masing-masing model dari ke 3 model yang dianalisis.



Gambar 3. Penjelasan dimensi pada geometri *crash box* [11]

Tabel 1. Dimensi geometri *crash box*

Model	(mm)	$\theta(^{\circ})$	v(mm/s)	b(mm)	P(mm)	L(mm)	H(mm)
Ke 1	4.177	60	9800	4.177	64	39	100
Ke 2	4.177	60	9800	8.355	64	39	100
Ke 3	4.177	60	9800	12.533	64	39	100



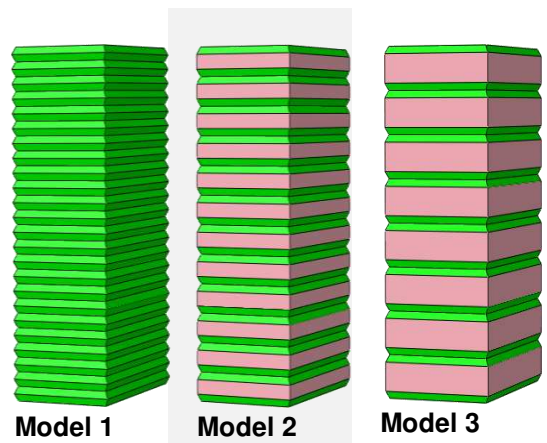
Gambar 4. Model 1, 2, dan 3

Pemodelan

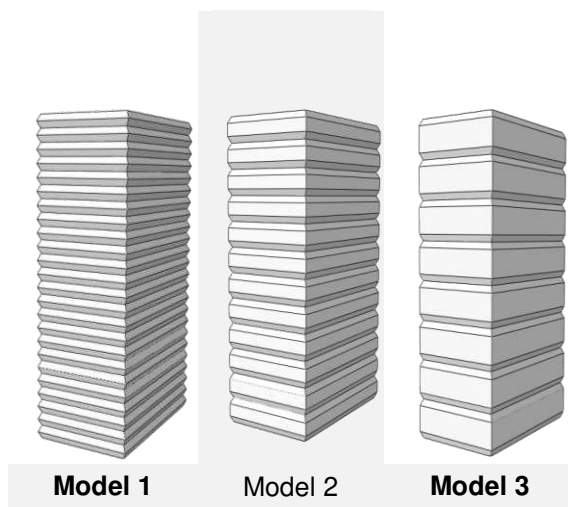
Pemodelan konstruksi *crash box* dilakukan dengan menggunakan *software* berbasis *modeling, analysis of mechanical components, assemblies and visualizing the finite element analysis result* yaitu *abaqus/CAE*. Menggunakan material Aluminium 6063-T1, pemilihan ini didasarkan karena kualitas material yang baik dan mudah didapat.

Meshing

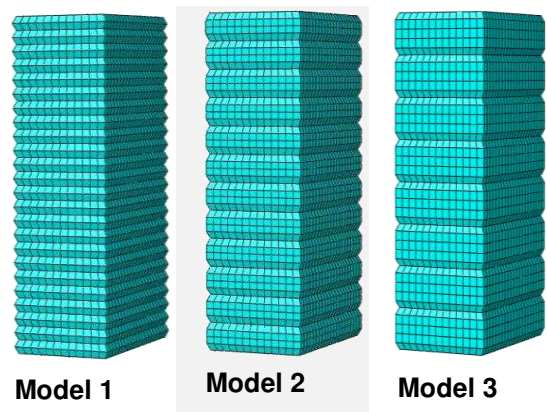
Proses *meshing* pada seluruh model dengan jenis *element meshing* adalah S4R dan jumlah *element meshing* yang berbeda-beda. *Meshing* dilakukan dalam beberapa tahap yaitu sebagai berikut :



Gambar 6. Proses Model Saat Mesh



Gambar 5. Model Sebelum Mesh

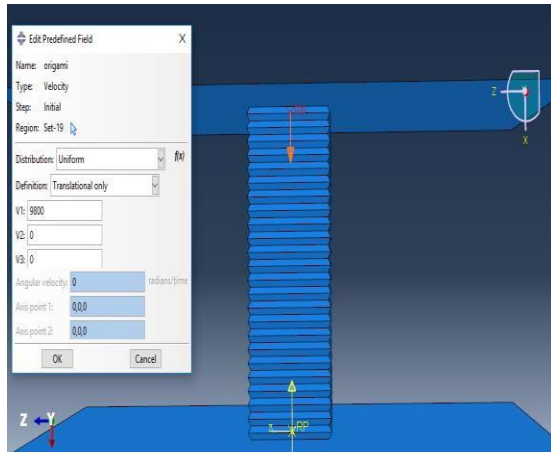


Gambar 7. Model Hasil *meshing*

Kondisi Pembebanan

Kondisi ini menjelaskan tentang kecepatan awal *impactor* (ditunjukkan di bagian *top*) terhadap objek titik tumbukan *predefined fields* pada tabung *crash box* dengan

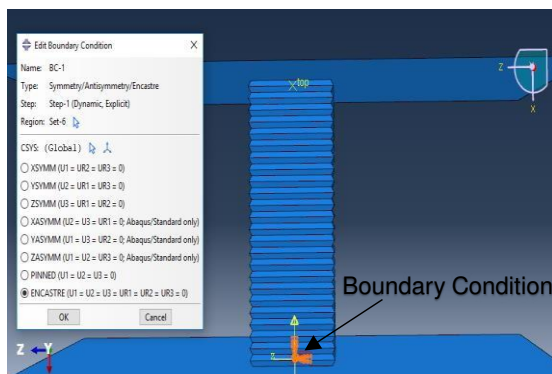
kecepatan 9.8 m/s.



Gambar 8. Menentukan kondisi awal kecepatan *impactor*

Kondisi Batas

Kondisi batas (*boundary condition*) menjelaskan batasan-batasan yang ditentukan oleh penulis pada model tabung *crash box*. Menentukan batas kondisi letak BC (*boundary condition*) dengan memilih *encastre* lalu menandakan bagian tumpu pada bagian bidang tabung *crash box* bertujuan untuk menentukan letak *fix* tumpuan material struktur yang menahan deformasi tumpuan tumbukan oleh *impactor* tersebut. Proses ini juga adalah menentukan komponen yang tetap tak bergerak.



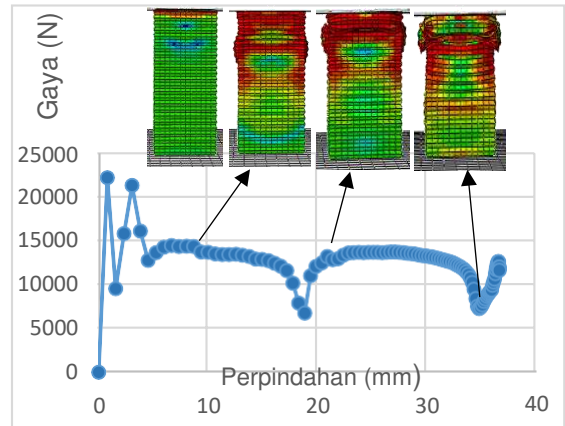
Gambar 9. Menentukan batas kondisi letak BC (*boundary condition*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

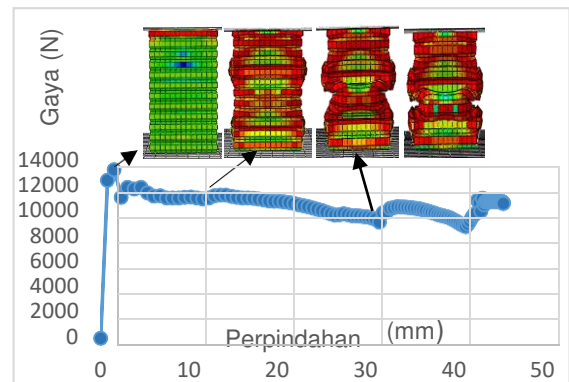
Hasil Analisis

Pada penelitian ini, simulasi analisis menggunakan 3 model *crash box* berbentuk

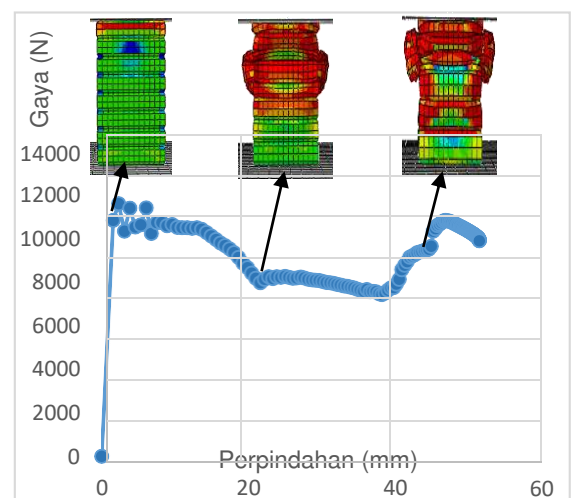
origami dengan tujuan untuk mengetahui model paling efisien untuk menerima *crushing force* akibat tumbukan yang terjadi.



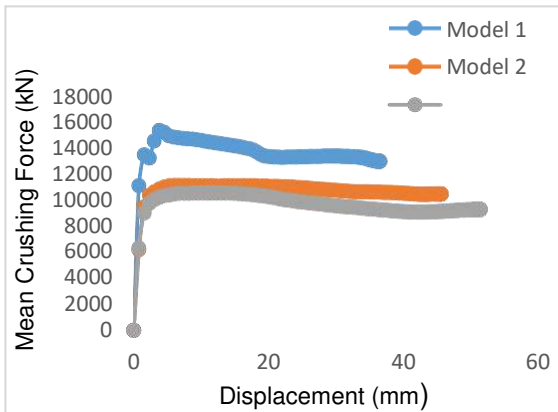
Gambar 10. Mode deformasi dan grafik gaya terhadap perpindahan *crash box* model 1



Gambar 11. Mode deformasi dan grafik gaya terhadap perpindahan *crash box* model 2



Gambar 12. Mode deformasi dan grafik gaya terhadap perpindahan *crash box* model 3



Gambar 13. Perbandingan grafik *mean crushing force* dari 3 model

Hasil analisis dari ketiga model *crash box* berbentuk origami ini memiliki pola deformasi lipatan yang berbeda dan nilai Pmax yang berbeda-beda. Pada Model 1 (Gambar 10) memiliki nilai Pmax sebesar 22.218 kN. Lalu pada Model 2 (Gambar 11) memiliki nilai Pmax sebesar 13.246 kN. Terakhir

pada Model 3 (Gambar 12) memiliki nilai Pmax sebesar 11.619 kN. Dan hasil perhitungan rata-rata dari grafik *mean crushing force* (kN) untuk model 1 bernilai 12.976 kN, untuk model 2 bernilai 10.458 kN, dan untuk model 3 bernilai 9.282 kN. Dari hasil analisis numerik pada pemodelan tersebut dapat dilihat perbedaannya pada Gambar 10 hingga Gambar 13.

Analisis Numerik

Pada sub bab ini akan membandingkan hasil pada setiap model yang telah dianalisis untuk mencari perbedaan-perbedaan yang signifikan.

Tabel 3.1 Tabel perbandingan signifikan *crash box*

Indikator	Model 1	Model 2	Model 3
Pmax (kN)	22.218	13.246	11.619
Pmean (kN)	12.976	10.458	9.282
CFE	0.584	0.789	0.798

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan uji simulasi dan analisa numerik untuk menentukan model *crash box* berbentuk origami yang paling efisien dalam menyerap energi saat menerima efek tumbukan. Berdasarkan hasil nilai uji simulasi dan analisa numerik yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Efek tumbukan pada model pertama hingga ketiga *crash box* memiliki pola deformasi yang makin banyak dalam hal lipatan, sehingga dapat diurutkan dari model yang memiliki pola lipatan sedikit hingga yang lebih banyak yaitu pertama adalah model 1, lalu model 2, dan terakhir adalah model 3. Dimana dengan makin banyaknya pola deformasi dalam hal lipatan menghasilkan nilai Pmax yang makin rendah.
2. Mendapatkan nilai maksimum dari *crushing force* atau disebut Pmax dari ke 3 model *crash box* berbentuk origami dengan kecepatan 9.8 m/s yaitu nilai Pmax terendah adalah model 3 sebesar 11.619 kN.
3. Mendapatkan nilai *crushing force efficiency* (CFE) terbesar dari ke 3 model *crash box* yaitu pada model 3 bernilai 79.8 %.

Sehingga dapat disimpulkan secara keseluruhan dari 3 faktor diatas bahwa penyerapan energi pada model 3 merupakan penyerapan paling ideal dari ke 3 model *crash box*.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Sitompul, Sahril Afandi, *Analisis Numerik dan Eksperimen Tumbukan Kuasi- Statik Pada Tabung Silinder Polyvinyl Chloride*, Skripsi Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung: Bandung. 2011.

2. David Roylance, *Mechanical Properties of Materials*. 2008.
<http://web.mit.edu/course/3/3.225/book.pdf>, diakses pada 6 Oktober 2019.
3. Bismil Rabeta, *Uji Parametrik Tabung Berpenampang Segi Empat dan Segi enam Terhadap Beban Tumbuk Kecepatan Rendah*, Tesis, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung: Bandung. 2011
4. _____, 2009, <http://www.infonumerik.com/konsep-dasar-finite-element-method>, diakses 7 Oktober 2019.
5. Carbodydesign. *Audi A8Space Frame* <http://www.carbodydesign.com/gallery/2009/12/audi-a8/31/>
6. Safety Book, *Vehicle Crashworthiness and Occupant Protection*, 2004.
7. Tarigopula, V., Langseth, M., Hopperstad, O.S. dan Clausen, A.H., *Axial Crushing of Thin-Walled High Strength Steel Sections*, *Int. Journal of Impact Engineering* 32, pp. 847- 882. 2006
8. Mora, Minda. *Low Velocity Impact Analysis of Double- Walled Prismatic Structures Filled With Foam Core*, Tesis, Department of Aeronautics and Astronautics Institut Teknologi Bandung : Bandung. 2008
9. Rizkitiawan, Januar. *Analisis Numerik Efek Diskontinuitas Tumbukan Kecepatan Rendah Pada Tabung Berpenampang Segienam*, Skripsi, Tidak diterbitkan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. Jakarta. 2018
10. Zhou, C., Wang, B., You, Z., *Dynamic Axial Crushing of Origami Crash Boxes*, *Int. Journal Of Mechanical Sciences* 118 Dessault System Simulia Corp, 2014, Abaqus 6.14 User's Guide Simulia Online Documentation. 2016