

Pengaruh Variasi Geometri *Crash Box* 2 Segmen terhadap Kemampuan Menyerap Energi Impak dengan Simulasi Komputer

Jatmiko Awali, Moch. Agus Choiron, Yudy Surya Irawan
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono 167 Malang 65145
Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291
E-mail: jatmiko_awali@yahoo.com

Abstract

Crash box is a passive safety system placed on four wheeled vehicle, the purposes it to absorb the impact energy due to bumper no longer able hold the impact happened. There have been many studies done with the type of segment, so it needs development especially segment additional, and in this study of two segments of crash box is expected to absorb more energy, the additional of this segment purposes to increase the critical load so can be reduced the buckling. The method in this study used is ANSYS Workbench 14.5 finite element software. The variables used are the section type crash box geometry of circle, square, and hexagon, with cross section area of 1492 mm², 1771 mm², and 2045 mm² and uniform height of 100 mm, the material used is aluminum AA 7003-T7. Simulation process begins when the impactor collision with speed 16 km/hour. From the research result is that moment inertia of the cross section area were able an important role in the absorption of impact energy, the cross section area 2045 mm² were able to absorb the higher energy for each type of crash box, and the section of hexagon term that can absorb highest impact energy.

Keywords: *Crash Box, Simulation, Energy, Section, Two Segments*

PENDAHULUAN

Ditengah perkembangan teknologi otomotif yang semakin maju menuntut seseorang agar dapat berinovasi menciptakan atau mengembangkan sesuatu yang baru, hal ini mendorong pelaku usaha dibidang rancang bangun kendaraan bermotor terutama roda empat untuk menciptakan suatu pengaman yang efisien, ada beberapa jenis pengaman yang telah dibuat yang diharapkan dapat meminimalisir kerusakan yang timbul akibat kecelakaan terjadi, dimana biasa disebut dengan sistem keamanan pasif (*passive safety system*).

Dahulu jika *bumper* berfungsi hanya sebagai menahan benturan maka seiring dengan kemajuan teknologi maka dikembangkanlah suatu fungsi lebih pada *bumper*, agar dapat meredam benturan. Dalam perkembangan telah ditemukan solusi baru agar dapat menyerap benturan akibat *bumper* tidak sanggup lagi meredam pada saat kecelakaan tersebut terjadi. Salah satunya adalah *crash box*, perangkat ini

diciptakan agar dapat meminimalisir kerusakan rangka depan kendaraan dan melindungi ruang penumpang dari deformasi berlebihan akibat benturan.

Dari beberapa penelitian yang dilakukan pada *crash box* dengan jenis penampang lingkaran, persegi dan segi enam, dengan kecepatan tumbukan yang telah ditentukan dan perubahan deformasi elastis terjadi sehingga dapat menyerap energi, dan diperoleh penyerapan energi terbesar berpenampang segi enam [1,2]. Namun, semakin cepat perubahan deformasi elastis maka sisa kecepatan akibat tumbukan masih tinggi dan dapat membahayakan rangka utama kendaraan. Pada penelitian ini dikembangkan penambahan segmen dengan maksud mengurangi fenomena *buckling* yang terjadi. Dengan pembagian segmen diharapkan batas beban kritis pada *crash box* semakin besar sehingga dapat menerima beban tumbukan yang lebih besar dan energi yang diserap juga akan semakin tinggi.

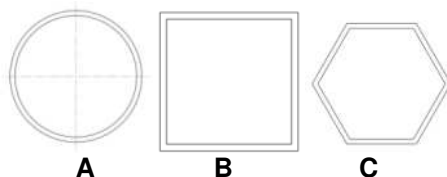
Dari latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *crash box* berpenampang lingkaran (*circle*), persegi (*square*), dan segi enam (*hexagon*) dengan menambahkan segmen pada masing – masing jenis *crash box* tersebut dengan ketentuan tebal, tinggi, luas penampang yang telah diseragamkan agar didapat penyerapan energi terbaik dari ketiga jenis kriteria tersebut.

METODE PENELITIAN

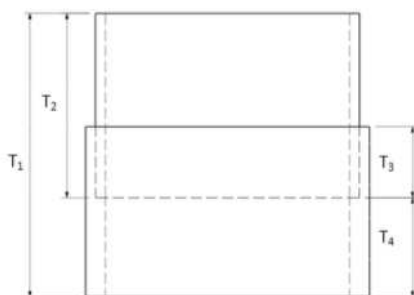
Crash box yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis dua segmen berpenampang lingkaran, persegi dan segi enam, besarnya luasan, tinggi dan bentuk dapat dilihat pada Gambar 2, penelitian ini sendiri menggunakan *software* ANSYS *workbench* 14.5, atau *experimental* semu.

Tabel 1. *Crash box* dan luas penampang

<i>Crash Box</i>	Luas Penampang (mm ²)		
	1492	1771	2045
Lingkaran	A1	A2	A3
Persegi	B1	B2	B3
Segi Enam	C1	C2	C3



Gambar 1. Jenis *crash box*



Gambar 2. Dimensi *crash box*

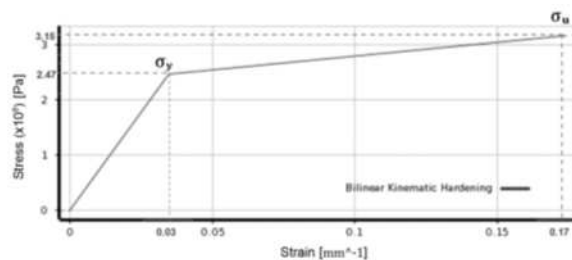
dimana:

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 100 \text{ mm} \\
 T_2 &= 65 \text{ mm} \\
 T_3 &= 25 \text{ mm} \\
 T_4 &= 35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium AA 7003-T7 [3,4], dimana merupakan jenis material yang telah dilakukan pada penelitian - penelitian sebelumnya, sifat mekanis pada material tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

- Densitas = 2770kg/m³
- *Poisson ratio* (ν) = 0,33
- Tegangan luluh (σ_y) = 247 Mpa
- *Tangent Modulus* (H) = 0,5Gpa
- *Modulus Young* = 71 Gpa

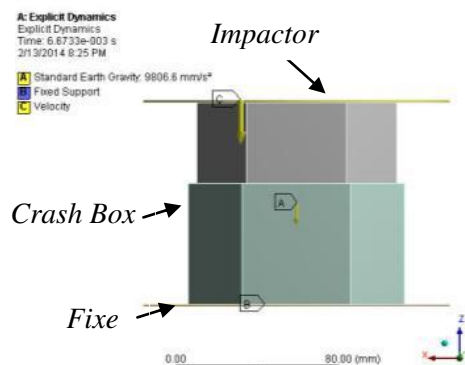
Material ini sendiri di modelkan sebagai *bilinear kinematik hardening*, yaitu material dimodelkan yang akan mengalami deformasi plastis seiring dengan penambahan beban. Kurva tegangan-regangan bilinear didapatkan dengan memasukkan nilai *yield strength* dan *tangent modulus*. Kemiringan segmen pertama dalam kurva setara dengan *Young modulus* sementara kemiringan segmen kedua setara dengan *tangent modulus*. Gambar 3 memperlihatkan hubungan model material dari Aluminium AA 7003 T7.



Gambar 3. Model material Aluminium AA 7003 T7

Analisa pemodelan *crash box* ini menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga. Pada bagian *impactor* dan *fixed* dianggap sebagai *rigid body*, sedangkan *crash box* diasumsikan sebagai *deformable*. Pemodelan dibuat dengan 3 dimensi, dimana perpindahan *impactor* searah dengan sumbu-Z kondisi ini sesuai dengan Gambar 4.

Pada penelitian ini dimodelkan dengan pergerakan *impactor* yang bergerak searah sumbu-Z dengan kecepatan 16 km/jam [5], pergerakan akan menghasilkan perubahan deformasi plastis, perubahan deformasi plastis inilah yang nantinya akan diolah sebagai penyerapan energi.

Gambar 4. Model pengujian *crash box*

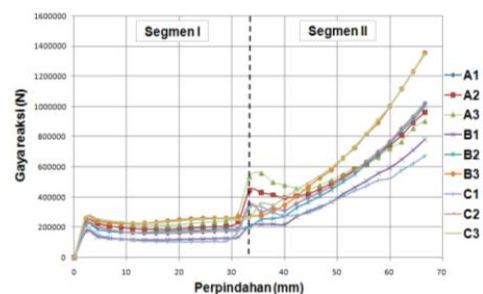
HASIL DAN PEMBAHASAN Energi yang diserap

Dari hasil perhitungan momen inersia dari luasan untuk masing – masing *crash box* didapatkan hasil yang berbeda antara segmen pertama dan kedua, perbedaan tersebut sesuai dengan Gambar 2, bagian atas adalah segmen pertama, besarnya nilai momen inersia dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh data diantaranya adalah gaya reaksi dan nilai penyerapan energi, gaya reaksi merupakan kondisi dimana pada saat *crash box* memberikan gaya ketika menerima beban impak untuk mencegah terjadinya deformasi. Seiring dengan bertambahnya beban impak yang melebihi batas kritis, maka perubahan deformasi akan terjadi, besarnya gaya reaksi yang terjadi berbeda dilihat dari momen inersia, panjang kolom, dan material yang digunakan. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui data gaya reaksi dengan perpindahan pada *impactor*, saat terjadi tumbukan pada Gambar 5.

Tabel 2. Momen inersia *crash box*

Model	Segmen I (mm ⁴)	Segmen II (mm ⁴)
A1	7.772E+05	1.687E+06
A2	9.046E+05	1.964E+06
A3	1.020E+06	2.222E+06
B1	6.372E+05	1.407E+06
B2	7.370E+05	1.628E+06
B3	8.196E+05	1.842E+06
C1	4.152E+05	1.579E+06
C2	8.162E+05	1.832E+06
C3	1.214E+06	2.071E+06

Gambar 5. Hubungan perpindahan dengan gaya reaksi pada *crash box*

Pada Gambar 5, gaya reaksi yang terjadi pada masing - masing jenis *crash box*, dapat dianalisa luasan dibawah kurva sebagai usaha yang dilakukan oleh *impactor*. Maka energi regangan dapat diasumsikan hasil konversi seluruh energi kinetik yang terjadi, maka dari perhitungan luas daerah dibawah kurva grafik gaya reaksi dengan menggunakan *software* CAD dengan menggunakan faktor skala, faktor skala didapatkan dari perbandingan luas grafik sebenarnya dengan luas grafik menggunakan CAD dan didapatkan sebesar 2,6055, hasil perhitungan luas dari grafik gaya reaksi dan perpindahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran luas daerah dibawah grafik perpindahan *crash box*

Model	Luas daerah dibawah grafik (J)
A1	11789,8
A2	19607,9
A3	27567,0
B1	17177,8
B2	23244,9
B3	29877,8
C1	18145,0
C2	24334,8
C3	31199,8

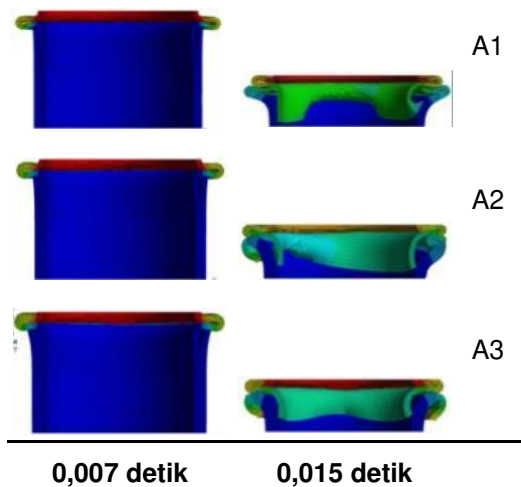
Dari hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh hasil penyerapan energi dan pada hasil penyerapan energi impak *crash box* dua segmen selama waktu yang telah ditetapkan yaitu 0,015 detik dengan perpindahan *impactor* sejauh 66,6 mm, didapatkan besaran penyerapan energi sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4 membedakan nilai penyerapan energi impak yang terjadi pada waktu yang berbeda antara 0,007 dan 0,015 detik, hal ini

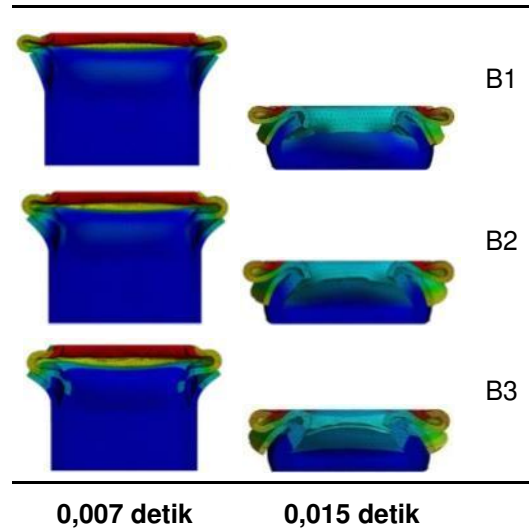
bertujuan untuk menjelaskan bahwa pada detik ke 0,007 merupakan total pergerakan *impactor* pada area segmen pertama dan 0,015 detik pada segmen kedua. Dengan mengacu pada Tabel tersebut dapat dilihat perubahan deformasi yang terjadi pada waktu 0,007 dan 0,015 detik, perubahan deformasi *crash box* yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 6-8.

Tabel 4.Penyerapanenergiimpak

Model	Energi yang diserap (J)	
	0.007 s	0.015 s
A1	3560,4	11960
A2	5361,4	19807
A3	7162,5	27654
B1	3990,1	17268
B2	5635,3	23349
B3	7607,0	29956
C1	3783,6	18152
C2	5487,2	24372
C3	7584,7	31267

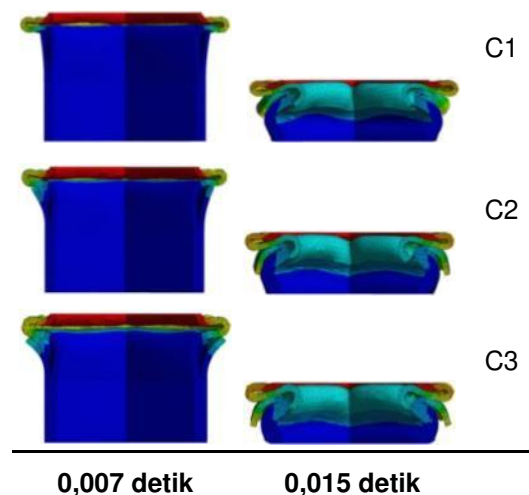


Gambar 6. Perubahan deformasi pada *crash box* dua segmen berpenampang lingkaran.



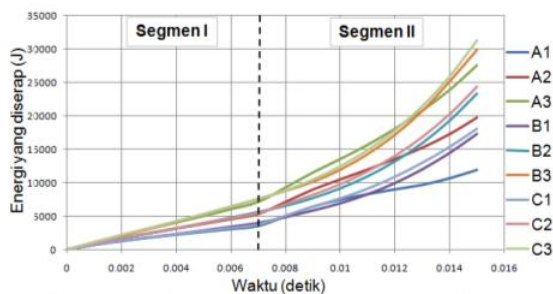
Gambar 7. Perubahan deformasi pada *crash box* dua segmen berpenampang persegi.

Pertumbuhan nilai penyerapan energi yang terjadi pada masing – masing segmen dapat dilihat pada Gambar 9. Dari hasil penyerapan energi impact yang terjadi, dapat dilihat bahwa terdapat batasan antar segmen dimana pada grafik menjelaskan pada detik ke 0,07, besarnya kenaikan nilai penyerapan energi impact memiliki kecenderungan yang sama untuk luasan yang sama pada setiap jenis *crash box*. Dan ketika memasuki wilayah segmen kedua, mulai mengalami kenaikan



Gambar 8. Perubahan deformasi pada *crash box* dua segmen berpenampang segi enam.

yang besar, nilai pada setiap jenis *crash box* untuk luasan 2045 mm^2 (A3, B3, C3) merupakan penyerapan energi terbesar untuk setiap jenis *crash box*, hal ini menjelaskan hubungan antara luas dan energi yang diserap, dan untuk *crash box* berpenampang segi enam merupakan jenis yang mengalami penyerapan energi terbesar yaitu sebesar 31267 Joule.



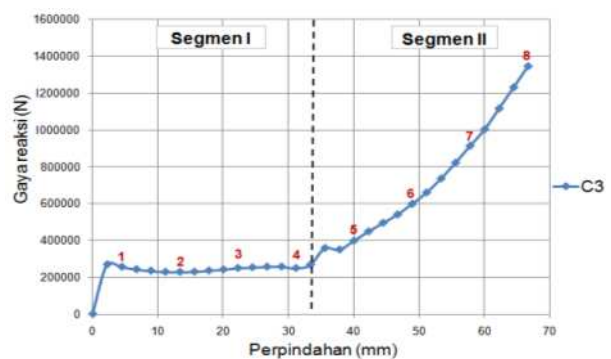
Gambar 9. Energi yang diserap *crash box* dua segmen

Besarnya penyerapan energi impact pada *crash box* terjadi peningkatan setelah melewati segmen pertama atau setelah 0,07 detik, hal ini dikarenakan perubahan segmen juga menyebabkan perubahan luas penampang, sehingga momen inersia juga mengalami peningkatan dari sebelumnya, hal ini berlaku untuk semua luas penampang.

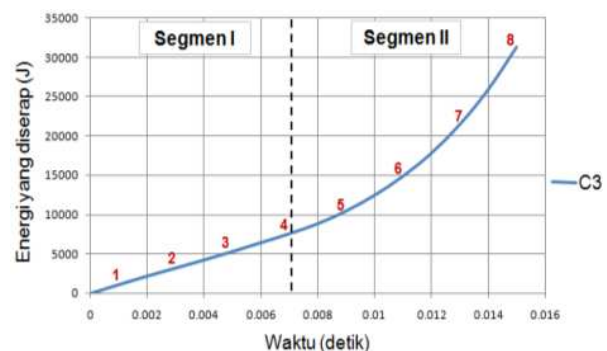
Perbedaan luas penampang antara segmen pertama dan kedua memberikan perbedaan momen inersia yang berakibat meningkatnya kekakuan *crash box*, perubahan ini dapat dilihat dengan adanya fenomena *buckling* pada Gambar 12 nomor 1 hingga 4, yang tetap muncul secara perlahan, dan kurva penyerapan energi menjadi linear, dan pada segmen kedua nomor 5 hingga 8, tidak lagi ditemukan perubahan deformasi yang dibandingkan dengan sebelumnya, dapat dilihat pada kurva mengalami peningkatan penyerapan energi yang sangat signifikan. Perbedaan luas penampang antara segmen pertama dan kedua *crash box* berpenampang segi enam dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampak atas segmen I dan II *crash box* berpenampang segi enam



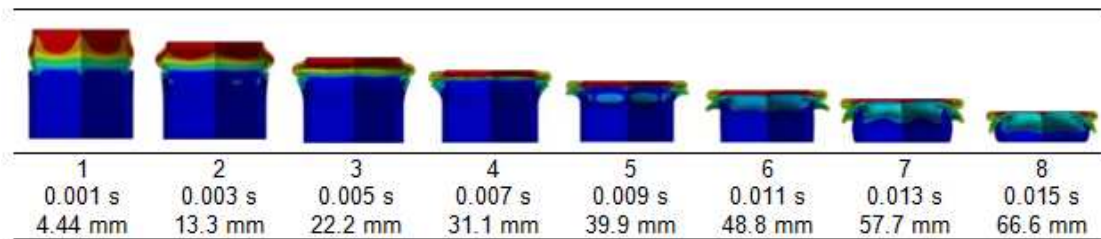
(a)



(b)

Gambar 11. Gaya reaksi (a) dan energi yang diserap (b) *crash box* berpenampang segi enam

Pada Gambar 11 dan 12 menjelaskan hubungan antara gaya reaksi, energi yang diserap dan plot perubahan deformasi yang terjadi pada *crash box* berpenampang segi enam dengan luas penampang 2045 mm^2 (C3) dengan waktu 0,015 detik atau perpindahan *impactor* sejauh 66,6 mm.



Gambar 12. Plot perubahan deformasi *crash box* berpenampang segi enam

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa besarnya luas penampang *crash box* mempengaruhi nilai penyerapan energi impact yang terjadi, pada kasus ini menggunakan *crash box* jenis lingkaran, persegi dan segi enam, nilai penyerapan energi impact yang terjadi untuk masing - masing jenis memiliki kecenderungan yang sama, namun untuk penyerapan energi terbesar terjadi pada *crash box* dengan luas penampang 2045mm^2 untuk tiap jenis, dan pada *crash box* berpenampang segi enam yang mengalami penyerapan energi terbesar dengan nilai 31267 Joule dalam waktu 0,015 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Velmurugan dan Muralikannan., 2009, Energy Absorption Characteristics of Annealed Steel Tubes of Various Cross Sections in Static and Dynamic Loading, *Latin American Journal of Solids and Structures*., Vol. 6, 385 - 412.
- [2] Yin, Hanfeng., 2011, Crushing Analysis and Multiobjective Crash Worthiness Optimization of Honeycomb-filled Single and Ditubular Polygonal Tubes, *Journal of Materials and Design*., Vol. 32, 2011, 4449-4460.
- [3] Kim, Lee and Yoo., 2008, Design of the Cross Section Shape of An Aluminium Crash Box for Crashworthiness Enhancement, Aerospace & System Engineering, Korea.
- [4] Kurniawan, Wahyu., 2012, Analisa Penyerapan Energi Dan Deformasi Crash Box Persegi Panjang Dengan Variasi Bentuk Penampang Pada Uji Pendulum Impact Bumper, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Unibraw, Malang.
- [5] U.S. Department of Transportation, 1990, Laboratory Test Procedure for Regulation Part 581, Bumper Standard, Washington.