

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul, “**Analisis Pola Deformasi dan Energi Penyerapan Pada Multi Segment Crash Box dan Variasi Diameter Menggunakan Metode Frontal Crash Test**” dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW.

Dalam penyusunan skripsi penulis telah mendapatkan bantuan, petunjuk, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut, antara lain :

1. Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan dan Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
2. Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
3. Ir. Djarot B. Darmadi, MT. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konstruksi.
4. Dr.Eng. Moch Agus Choiron, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi banyak pengetahuan, bimbingan, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
5. Dr.Eng. Sofyan Arief Setyabudi, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan arahan demi kesempurnaan penulisan skripsi.
6. Dr.Eng. Lilis Yuliaty, ST., M.T. selaku dosen wali yang tiada henti memberikan bimbingan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
7. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Mesin.
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Arejo dan Ibu Sulastri yang tiada henti mendoakan, memberi bimbingan, dan motivasi kepada penulis.
9. Kakak dan adik kandung, Atik Walidiyah dan Muslimah yang senantiasa mendoakan dan memotivasi penulis.
10. Kawan Konstruksi : Stefanus S., Zumrotul I., Happy H.K., Refqi K.H., Defani F., M. Jihad Z., Farhan F., Endang A., Rizki E., Ganesh W.M., Ghia A., Liborius W.,

Mahatir M.S., Dani T.S., Rega Y., dan Bagus M.R. terima kasih telah menemani berjuang di konsentrasi Teknik Konstruksi.

11. Teman Presentasi dan Simulasi : Stefanus S., Zumrotul I., Happy H.K., Refqi K.H., Defani F., M. Jihad Z., Farhan F., Fathi R., Daru K.J., M. Yasin Y., Punky A.R., M. dan Nanda P. terimakasih atas kebersamaan saat proses pengerjaan penelitian ini.
12. Keluarga Besar Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Dr.Eng. Moch Agus Choiron, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium, Fikrul Akbar Alamsyah, ST., dan Nafisah Arina Hidayati, ST., M.Eng. selaku *Member* Laboratorium, Asisten Laboratorium : Stefanus S., Zumrotul Ida, A. Syafi'udin, dan Kamaruddin, M. Ilyas, dan Isfan A.A.
13. Saudara seperjuangan “ADM12AL” M'12, terima kasih atas doa, kebersamaan, dan solidaritas selama masa kuliah.
14. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang baik karena penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi kita semua sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut untuk kemajuan kita bersama.

Malang, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

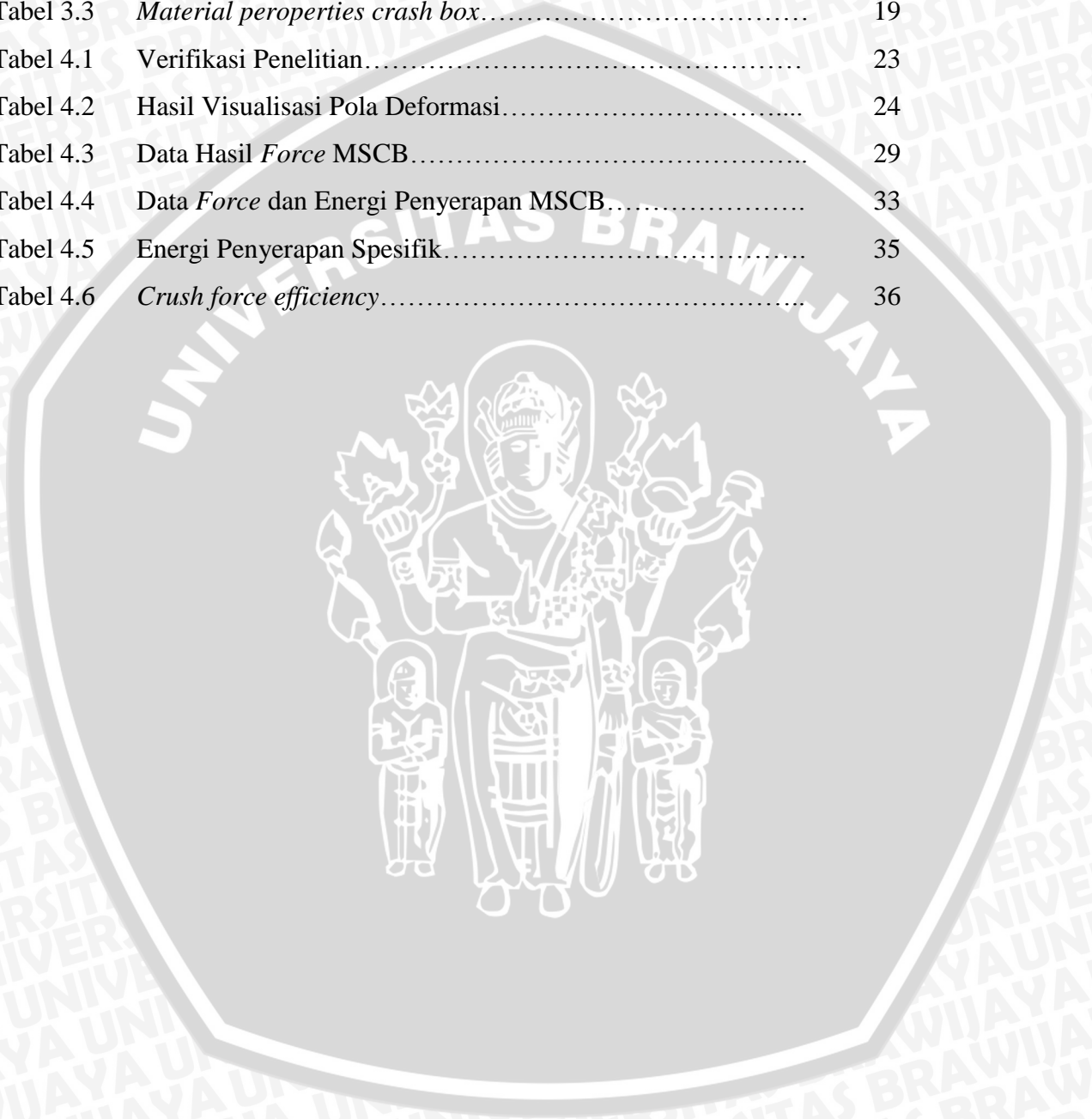
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Pengertian <i>Crash Box</i>	6
2.3 Energi Penyerapan	7
2.4 Pola Deformasi	8
2.5 Pengujian <i>Frontal Crash Test</i>	9
2.6 Beban <i>Impact</i>	10
2.7 Tekuk (<i>Buckling</i>)	11
2.8 <i>Software</i> Berbasis FEM	13
2.9 Hipotesis	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.3 Variabel Penelitian	15
3.4 Prosedur Penelitian	17
3.5 Data Material	18
3.6 Pemodelan	19
3.7 <i>Meshing</i>	20
3.8 Verifikasi Penelitian	21
3.9 Diagram Alir Penelitian	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Verifikasi Penelitian	23
4.2 Pola Deformasi pada <i>Multi Segment Crash Box</i>	24
4.3 Grafik Hubungan <i>Force</i> dan <i>Displacement</i> pada <i>Multi segment Crash Box</i>	28
4.4 Energi Penyerapan <i>Multi segment Crash Box</i>	32
4.5 <i>Specific Energy Absorption</i>	34
4.6 <i>Crash Force Efficiency</i>	35
4.7 Hubungan Waktu dan Pembebanan terhadap Pola Deformasi dan Energi Penyerapan	37
BAB V PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	x



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Spesifikasi Komputer yang Digunakan.....	15
Tabel 3.2	Variasi Pemodelan MSCB.....	16
Tabel 3.3	<i>Material peroperties crash box</i>	19
Tabel 4.1	Verifikasi Penelitian.....	23
Tabel 4.2	Hasil Visualisasi Pola Deformasi.....	24
Tabel 4.3	Data Hasil <i>Force</i> MSCB.....	29
Tabel 4.4	Data <i>Force</i> dan Energi Penyerapan MSCB.....	33
Tabel 4.5	Energi Penyerapan Spesifik.....	35
Tabel 4.6	<i>Crush force efficiency</i>	36



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 1.1	Posisi <i>Crash Box</i> pada Mobil Ford Modeo Tahun 2009.....	1
Gambar 2.1	Spesimen Uji <i>Crash Box</i> Velmurugan.....	4
Gambar 2.2	Spesimen Uji <i>Crash Box</i>	5
Gambar 2.3	Dimensi <i>Crash Box</i> dengan Variasi Sudut Tirus.....	5
Gambar 2.4	Deformasi pada <i>Crash Box</i> Berpenampang Lingkaran.....	6
Gambar 2.5	<i>Crash box</i>	7
Gambar 2.6	<i>Strain Energy</i>	7
Gambar 2.7	(a) <i>Concertina Mode</i> , (b) <i>Diamond Mode</i> , (c) <i>Mixed Mode</i> , dan (d) <i>Euler-type</i>	9
Gambar 2.8	Pengujian <i>Frontal crash</i> : (a) Euro-NCAP, (b) US-NCAP, dan (c) <i>Front Pole</i>	10
Gambar 2.9	Beban <i>Impact</i> pada Batang Vertikal.....	10
Gambar 2.10	<i>Buckling</i> pada Kolom karena Pembebanan Aksial.....	11
Gambar 2.11	<i>Buckling</i> pada Kolom karena Pembebanan Aksial.....	12
Gambar 3.1	Model MSCB Satu Segmen.....	16
Gambar 3.2	Model MSCB Dua Segmen.....	16
Gambar 3.3	Model MSCB Tiga Segmen.....	17
Gambar 3.4	Pemodelan Material AA 6061-T6 pada <i>Software ANSYS</i>	19
Gambar 3.5	Pemodelan <i>Crash Box</i>	20
Gambar 3.6	Lokasi Pengambilan Data.....	20
Gambar 3.7	Pemodelan <i>Meshing</i>	21
Gambar 3.8	Geometri Verifikasi Penelitian Velmurugan.....	21
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1	Verifikasi <i>Crash Box</i> Hasil (a) Eksperimental, (b) Simulasi...	23
Gambar 4.2	Langkah Deformasi pada Model 3.1.....	26
Gambar 4.3	Langkah Deformasi pada Model 3.2.....	27
Gambar 4.4	Langkah Deformasi pada Model 3.3.....	28
Gambar 4.5	Grafik Hubungan <i>Force</i> dan <i>Displacement</i> MSCB Semua Model.....	29

Gambar 4.6	Grafik Hubungan antara <i>Force</i> dan <i>Displacement</i> pada MSCB Satu Segmen.....	30
Gambar 4.7	Grafik Hubungan antara <i>Force</i> dan <i>Displacement</i> pada MSCB Dua Segmen.....	30
Gambar 4.8	<i>Vector</i> Tegangan pada Model 3.2 Berdasarkan <i>Force</i> pada Titik 5.....	31
Gambar 4.9	Grafik Hubungan antara <i>Force</i> dan <i>Displacement</i> pada MSCB Tiga Segmen.....	32
Gambar 4.10	<i>Vector</i> Tegangan pada Model 3.3 Berdasarkan <i>Force</i> pada Titik 3 Dan Titik 7.....	32
Gambar 4.11	Grafik Hubungan <i>Displacement</i> dan Energi Penyerapan pada Semua Model.....	33
Gambar 4.12	Grafik Energi Penyerapan pada MSCB.....	34
Gambar 4.13	Diagram Hubungan antara Energi Penyerapan Spesifik terhadap Diameter.....	35
Gambar 4.14	Diagram Variasi Model MSCB terhadap CFE.....	36
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Waktu dan Pembebanan terhadap Pola Deformasi dan Energi Penyerapan Model 3.1.....	38
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Waktu dan Pembebanan terhadap Pola Deformasi dan Energi Penyerapan Model 3.2.....	39
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Waktu dan Pembebanan terhadap Pola Deformasi dan Energi Penyerapan Model 3.3.....	39

RINGKASAN

Muhammad Subhan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2016, *Analisis Pola Deformasi dan Energi Penyerapan pada Multi Segment Crash Box dan Variasi Diameter Menggunakan Metode Frontal Crash Test*, Dosen Pembimbing : Moch. Agus Choiron dan Sofyan Arief Setyabudi.

Mobil *multi purpose vehicle (MPV)* merupakan mobil penumpang terlaris di Indonesia dengan total penjualan sebesar 43.3 % dari total 10.013.291 kendaraan (GAIKINDO, 2015). Namun sayangnya mobil MPV memiliki zona tabrak yang pendek, sehingga diperlukan *crash box*. *Crash box* merupakan salah satu komponen sistem keselamatan pasif yang digunakan untuk menyerap energi dampak akibat kecelakaan dengan cara diubah menjadi deformasi permanen.

Pada penelitian sebelumnya telah ditemukan bahwa besar diameter akan mempengaruhi nilai energi penyerapan untuk *crash box* berpenampang lingkaran dengan model satu segmen (Gupta & Venkatesh, 2006). Penelitian *multi segment crash box* masih terbatas. Perubahan desain *crash box* dengan menambah segmen akan memberikan peluang untuk menurunkan nilai P_{max} , sehingga akan mempengaruhi nilai penyerapan energi yang bisa dihasilkan karena perubahan volume. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengembangkan variasi diameter pada *multi segment crash box (MSCB)*.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga. Pemodelan MSCB menggunakan metode *frontal crash*, dengan keadaan awal *impactor* dan *crash box* tanpa ada jarak. *Impactor* dimodelkan sebagai *rigid body* dan *crash box* sebagai *flexible body*. Pada bagian bawah *crash box* diberi tumpuan berupa *fixed support*. *Impactor* akan menumbuk dengan kecepatan 7670 mm/s secara aksial terhadap sumbu *crash box*, sejauh 92 mm. Berdasarkan hasil pembahasan, diperoleh bahwa pola deformasi pada MSCB pada semua model memiliki pola deformasi *mixed mode*. Secara berturut-turut energi penyerapan terbesar adalah *crash box* satu segmen, tiga segmen, dan dua segmen.

Kata Kunci : Pola Deformasi, Energi Penyerapan, *Multi segment*, *Frontal Crash Test*

SUMMARY

Muhammad Subhan, Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Brawijaya University, June 2016, Analysis of Deformation Mode and Energy Absorption on Multi Segment Crash Box and Diameter Variation With Frontal Crash Test Method, Supervisor : Moch. Agus Choiron and Sofyan Arief Setyabudi.

The multi purpose vehicle (MPV) is most suitable passenger cars in Indonesia, with the total sales is 43.3 % of 10.013.291 (GAIKINDO, 2015). Unfortunately, the MPV car has short crush zone therefore the crash box is required. Crash box is one of the passive safety components used to absorb impact energy due to collisions result in deformation of the crash box itself to minimize human injuries.

The previous studies investigated that diameter affects energy absorption value on one segment circular crash box (Gupta and Venkatesh, 2006). The multi segments crash box study is still limited. Addition of crash box segment has chance to reduce maximum force (P_{max}) and it will affect the energy absorption value due to alteration of volume. In this study will develop the diameter variation on multi segment crash box (MSCB).

The method used in this study are simulation method by using finite element method software. The MSCB modeling uses frontal crash method, with initial condition no distance between impactor and crash box. Impactor modeled as rigid body and crash box modeled as flexible body. Fixed support is set at under crash box. The Impactor crash the crash box with axial velocity 7670 mm/s and 92 mm distance. From the result, it can be denoted that deformation mode on all model are mixed mode. The larger energy absorption in sequence is one segment crash box, then three segment crash box and the last is two segment crash box.

Keyword : Deformation Mode, Energy Absorption, Multi Segment, Frontal Crash Test