

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah diberikan pada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul, “**Analisis Penyerapan Energi dan Pola Deformasi Crash Box dengan Variasi Sudut Tirus Dinding Crash Box pada Uji Simulasi Tabrakan Arah Frontal**” ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan bantuan, petunjuk, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan yang baik ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak tersebut, antata lain:

1. Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
2. Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
3. Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin
4. Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konstruksi sekaligus dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
5. Dr.Eng. Moch Agus Choiron, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi banyak pengetahuan, bimbingan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
6. Ir. Erwin Sulistyo, MT. selaku dosen wali yang tiada henti memberikan bimbingan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh dosen pengajar serta staf Jurusan Teknik Mesin.
8. Kedua orang tua, Khairul Anwar dan Prihatin Amandarini yang tiada henti mendoakan, memberi bimbingan, dan motivasi.
9. Adik Bayu Chandra Sukma Anwari.
10. Keluarga Besar Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Dr.Eng. Moch Agus Choiron, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium. Rekan-rekan asisten: Redy, Ilman, Wahyu, Subhan, Izum, Stefanus, dan Udin terima kasih atas masukan-masukan yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi.

11. Keluarga Besar Aerokreasi: Arbi, Irvan, Yoga, Icha, Oddy, Dio, Wigung, Tanjung, Rofi, Wawan, Zainal, Kharisma, Elga, Fauzi, Luthfan, Annisa, Mirrah, Endang, dkk. atas kerjasamanya di Aerokreasi dan selama masa kuliah.
12. Saudara, sahabat, dan rekan seperjuangan “*Immortal*” M’10, terima kasih atas doa, kebersamaan dan solidaritas selama masa kuliah.
13. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya
14. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang baik.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna khusunya bagi penulis dan bagi para pembaca pada umumnya sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut untuk kemajuan bersama.

Malang, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 <i>Crash Box</i>	4
2.3 Tekuk (<i>Buckling</i>)	5
2.4 Tinjauan Umum Pengujian <i>Crash Box</i>	7
2.4.1 <i>Quasi-Static Test</i>	7
2.4.2 Energi Regangan	8
2.5 Teori Tegangan dan Regangan	10
2.5.1 Prinsip Analisis Tegangan	10
2.5.2 Konsep Tegangan dan Regangan	11
2.5.3 Hubungan Tegangan dan Regangan Plastis	15
2.6 Metode Elemen Hingga	17
2.6.1 Sistem Koordinat	17
2.6.2 Prosedur Perhitungan Metode Elemen Hingga	18
2.6.3 Tipe Elemen untuk Analisis Tiga Dimensi	21
2.7 <i>Software</i> Berbasis Metode Elemen Hingga	24
2.8 Hipotesis	25



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	26
3.2 Variabel Penelitian.....	26
3.3 Data Material	27
3.4 <i>Meshing</i>	28
3.5 Simulasi dan Pembebanan	29
3.6 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.7 Verifikasi Penelitian	30
3.8 Diagram Alir Penelitian	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil.....	31
4.1.1 Pola Deformasi <i>Crash Box</i>	31
4.1.2 Penyerapan Energi <i>Crash Box</i>	33
4.2 Pembahasan	34
4.2.1 Pola Deformasi <i>Crash Box</i>	34
4.2.2 Grafik Hubungan Gaya Reaksi – Deformasi.....	35
4.2.3 Penyerapan Energi Spesifik <i>Crash Box</i>	38
4.2.4 Besar Penyerapan Energi <i>Crash Box</i> dari Ketinggian Tertentu	39

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA.....	46
----------------------------	----

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Variasi sudut tirus dinding <i>crash box</i>	26
Tabel 3.2	<i>Material properties crash box</i>	28
Tabel 4.1	Data penyerapan energi <i>crash box</i>	33
Tabel 4.2	Mode deformasi yang terbentuk	34
Tabel 4.3	Hasil pengukuran luasan grafik gaya-perpindahan	37
Tabel 4.4	Penyerapan energi spesifik	38
Tabel 4.5	Penyerapan energi dari setiap <i>surface</i> analisa	44



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>Crash box</i> pada struktur rangka kendaraan	5
Gambar 2.2	<i>Buckling</i> pada struktur kolom	5
Gambar 2.3	Teori dasar <i>buckling</i>	6
Gambar 2.4	Silinder berdinding tebal	7
Gambar 2.5	<i>Quasi-static test machine</i>	7
Gambar 2.6	Diagram beban-perpindahan	8
Gambar 2.7	Energi regangan elastis dan plastis	9
Gambar 2.8	Diagram beban-perpindahan elastis	10
Gambar 2.9	Tegangan akibat gaya pada material	11
Gambar 2.10	Tegangan geser pada material	12
Gambar 2.11	Regangan akibat pembebahan	13
Gambar 2.12	Regangan geser pada elemen material	13
Gambar 2.13	Grafik hubungan tegangan dan regangan	14
Gambar 2.14	Kurva tegangan-regangan pemodelan material	16
Gambar 2.15	Hubungan sistem koordinat global dengan koordinat elemen	17
Gambar 2.16	Hubungan sistem koordinat lokal dengan koordinat natural elemen	18
Gambar 2.17	Elemen <i>tetrahedral</i>	22
Gambar 2.18	Elemen <i>heksahedron</i>	23
Gambar 3.1	Dimensi <i>crash box</i>	27
Gambar 3.2	<i>Meshing</i> pada <i>software</i>	28
Gambar 3.3	Pemodelan pada <i>software</i>	29
Gambar 3.4	<i>Crash box</i> (verifikasi)	30
Gambar 3.5	Diagram alir penelitian	30
Gambar 4.1	Pola deformasi <i>crash box</i> dengan ta 1,6 mm dan variasi sudut tirus (α) (a) 0° ; (b) $0,2^\circ$; (c) $0,4^\circ$; (d) $0,6^\circ$; (e) $0,8^\circ$; (f) $1,0^\circ$	31
Gambar 4.2	Grafik hubungan penyerapan energi <i>crash box</i> dan besar sudut tirus	33
Gambar 4.3	Grafik gaya reaksi - deformasi <i>crash box</i> dengan variasi	36

Gambar 4.4	sudut tirus dinding	
Gambar 4.5	Grafik hubungan penyerapan energi spesifik terhadap sudut tirus	39
Gambar 4.6	<i>Surface</i> analisa pada ketinggian tertentu pada suatu <i>crash box</i>	40
Gambar 4.7	Deformasi yang terjadi dan letak <i>surface</i> analisa sebelum deformasi pada <i>crash box</i> $t_a = 1,6$ dengan sudut tirus (a) $\alpha = 0,0^\circ$ (b) $\alpha = 0,6^\circ$	40
Gambar 4.8	Gaya-gaya reaksi yang terjadi dari setiap <i>surface</i> analisa	41
Gambar 4.9	Deformasi yang terjadi dari setiap <i>surface</i> analisa	42
	Kurva gaya reaksi – deformasi dari setiap <i>surface</i> analisa	43



RINGKASAN

Bintang Rahmaddian Anwari, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Analisis Penyerapan Energi dan Pola Deformasi Crash Box dengan Variasi Sudut Tirus Dinding Crash Box pada Uji Simulasi Tabrakan Arah Frontal*, Dosen Pembimbing: Moch. Agus Choiron dan Djarot B. Darmadi

Sistem transportasi merupakan salah satu kebutuhan yang penting untuk dipenuhi dalam mempermudah kehidupan pada zaman modern ini. Di sisi lain, meningkatnya kebutuhan akan hal tersebut juga akan ikut meningkatkan produksi kendaraan yang secara tidak langsung turut meningkatkan jumlah kecelakaan. Meninjau hal tersebut, standar keselamatan kendaraan yang lebih baik sangat dibutuhkan, salah satunya adalah *crash box*. *Crash box* merupakan sistem keamanan pasif yang digunakan untuk mengurangi tingkat keparahan kecelakaan yang dialami penumpang atau bagian kendaraan yang vital akibat tabrakan. Penelitian ini meninjau pengaruh variasi sudut tirus dinding *crash box* berpenampang lingkaran (*circular*) terhadap pola deformasi dan penyerapan energi pada uji simulasi tabrakan arah frontal.

Penelitian dilakukan dengan *software* berbasis metode elemen hingga (MEH). Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *crash box* dengan sudut tirus (α) $0,2^\circ$; $0,4^\circ$; $0,6^\circ$; $0,8^\circ$; dan $1,0^\circ$ dengan material *crash box* baja AISI 1340. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pola deformasi yang terbentuk adalah pola aksial dengan mode *concertina* dan campuran (*concertina + diamond*). Deformasi mode campuran terjadi pada *crash box* t_a $1,6^\circ$ α $0,0^\circ$; α $0,8^\circ$; α $1,0^\circ$. Penyerapan energi meningkat seiring bertambah besarnya sudut tirus dinding *crash box*, dengan kemampuan menyerap energi terbesar pada *crash box* dengan sudut tirus (α) $1,0^\circ$ sebesar 10823 J. Semakin besarnya sudut tirus dinding *crash box* juga menunjukkan peningkatan penyerapan energi spesifik *crash box*.

Kata Kunci: *crash box*, sudut tirus, tabrakan frontal, pola deformasi, penyerapan energi



ABSTRACT

Bintang Rahmaddian Anwari, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Analisis Penyerapan Energi dan Pola Deformasi Crash Box dengan Variasi Sudut Tirus Dinding Crash Box pada Uji Simulasi Tabrakan Arah Frontal*, Dosen Pembimbing: Moch. Agus Choiron dan Djarot B. Darmadi

Transportation system is one of the main needs that has to be fulfilled in order to make life easier in this modern era. On the other hand, the increasing of such needs would also increase the vehicle production which indirectly can cause an increase in car crash. Therefore, better vehicle safety standards is necessary, one of them is *crash box*. *Crash box* is a passive safety system used for decreasing crash severity experienced by passengers or the vital parts of the vehicle. This research focusing on the effect of the tapered wall variation of circular crash box towards the deformation pattern and the energy absorption in frontal crash simulation.

Finite element method – based software is used in this research. The angle variation of the tapered wall (α) is $0,2^\circ$; $0,4^\circ$; $0,6^\circ$; $0,8^\circ$; and $1,0^\circ$. The crash box material is modeled to AISI 1340. The results obtained from the research is that the deformation pattern formed in the simulation is axial pattern with concertina and mixed (*concertina + diamond*) mode. Mixed mode formed on *crash box* t_a $1,6$ α $0,0^\circ$; α $0,8^\circ$; α $1,0^\circ$. Energy absorption increase as the angle of the crash box tapered wall increase. *Crash box* with tapered wall angle (α) $1,0^\circ$ absorbs energy more than other models in the amount of 10823 Joule. The bigger the value of the tapered wall angle shows that the specific energy absorption of the crash box is increasing.

Keyword: *crash box*, tapered wall, frontal crash, deformation pattern, energy absorption

