

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 Penyerapan Energi dan Pola Deformasi Crash Box Persegi Dengan Variasi Ketebalan dan Dinding Bergelombang Pada Uji Simulasi Tabrakan Arah Frontal**” 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 Setya Budi, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan arahan demi kesempurnaan penulisan skripsi.
6. Dr.Eng. Lilis Yuliati, 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, alm. Bapak Iksan Pribadi dan Ibu Sutami yang tiada henti mendoakan, memberi bimbingan, dan motivasi kepada penulis.
9. Kakak kandung Sutanto, Mahardiana yang senantiasa mendoakan dan memotivasi penulis.
10. Kiky Widyastuti yang senantiasa mendoakan, memotivasi, membantu, dan memberi dukungan penuh penulis.

11. Keluarga Besar Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Dr.Eng. Moch Agus Choiron, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium, Khairul Anam, ST., M.Sc., Fikrul Akbar Alamsyah, ST., dan Nafisah Arina Hidayati, ST., M.Eng. selaku *Member* Laboratorium, Asisten Laboratorium : Redyarsa D. B., A. Wahyu P., M. Subhan, Stefanus S., Zumrotul Ida, A. Syafi'udin, dan Kamaruddin.
12. Saudara seperjuangan "IMMORTAL" M'10, terima kasih atas doa, kebersamaan, dan solidaritas selama masa kuliah.
13. Keluarga Besar Permata Jingga, Awang Bagus, Nabila, Adi Sucipto, Praditya Alivia (wayan), Bintang Rahmaddian Anwari, Raden Lutfhi Pratama, Slamet Gepeng yang sangat banyak membantu penulis.
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, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

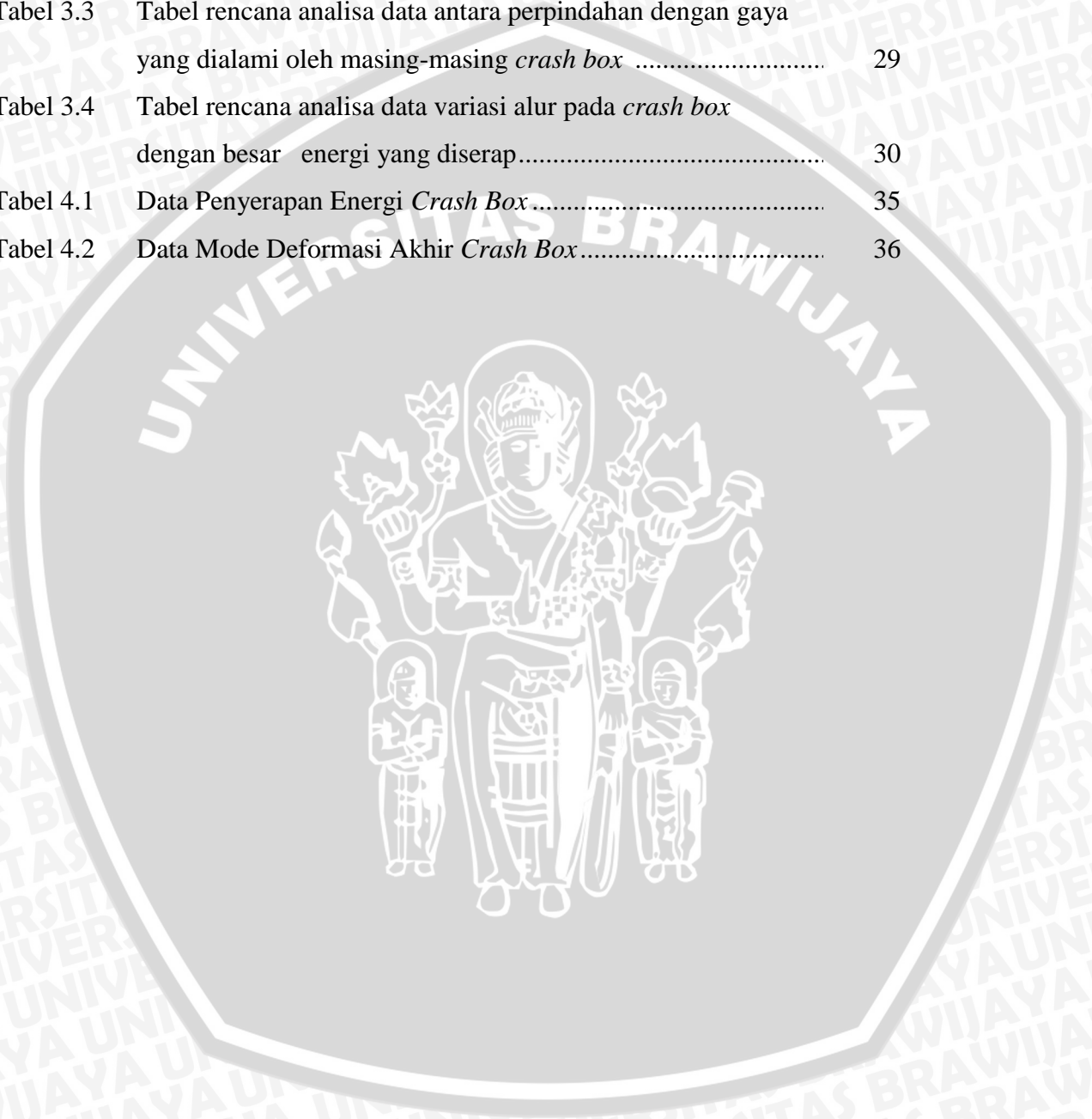
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 <i>Crash Box</i>	6
2.3 Macam – macam Deformasi	8
2.4 Pengujian <i>Crash Box</i> Skala Laboratorium	10
2.4.1 <i>Quasi-Static Test</i>	10
2.4.2 Pengujian Dinamis	11
2.4.3 <i>Software ANSYS</i>	11
2.5 Energi Regangan	12
2.6 Beban <i>Impact</i>	15
2.6.1 Impuls	16
2.6.2 Momentum	16
2.7 Analisis Tegangan dan Regangan	17
2.8 Tekuk (<i>Buckling</i>)	19
2.9 Metode Elemen Hingga	20
2.10 Hipotesis	24



BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Variabel Penelitian	25
3.3 Data Material	27
3.4 <i>Meshing</i>	27
3.5 Simulasi dan Pembebanan	28
3.6 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.7 Rancangan Penelitian	29
3.8 Validasi Penelitian	30
3.9 Diagram Alir Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil	32
4.1.1 Pola Deformasi <i>Crash Box</i>	32
4.1.2 Penyerapan Energi <i>Crash Box</i>	35
4.2 Pembahasan	36
4.2.1 Pola Deformasi <i>Crash Box</i>	36
4.2.2 Pengaruh Model Lekukan Terhadap Pola Deformasi <i>Crash Box</i>	36
4.2.3 Grafik Waktu Pembebanan Terhadap Pola Deformasi dan Penyerapan Energi	42
4.2.4 Grafik Hubungan Gaya Reaksi dan Perpindahan	44
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Variasi ketebalan dan penambahan lekukan <i>crash box</i>	25
Tabel 3.2	Material <i>properties crash box</i>	27
Tabel 3.3	Tabel rencana analisa data antara perpindahan dengan gaya yang dialami oleh masing-masing <i>crash box</i>	29
Tabel 3.4	Tabel rencana analisa data variasi alur pada <i>crash box</i> dengan besar energi yang diserap.....	30
Tabel 4.1	Data Penyerapan Energi <i>Crash Box</i>	35
Tabel 4.2	Data Mode Deformasi Akhir <i>Crash Box</i>	36



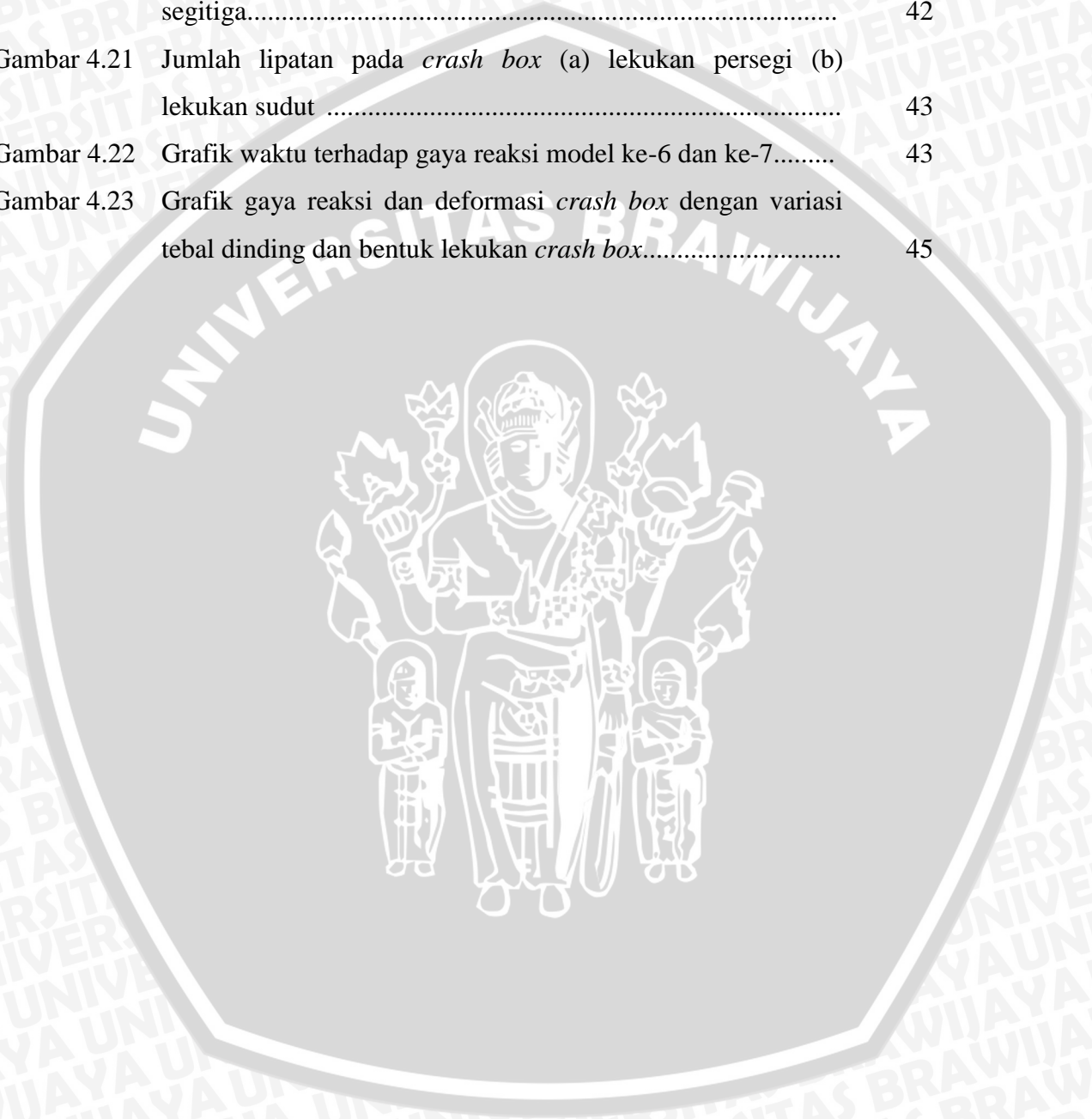
DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Hasil pengujian dinamik terhadap <i>crash box</i> berpenampang persegi	4
Gambar 2.2	Grafik <i>load - displacement crash box</i> berpenampang persegi dengan pengujian dinamik	5
Gambar 2.3	Hasil Pengujian Statik Terhadap <i>Crash Box</i> (a) Bergelombang (b) Tidak bergelombang	5
Gambar 2.4	<i>Crash box</i> pada struktur rangka kendaraan	7
Gambar 2.5	Jenis-jenis <i>Crash box</i>	7
Gambar 2.6	Macam-Macam Bentuk <i>Crush Initiator</i>	8
Gambar 2.7	Mode <i>Concertina</i>	9
Gambar 2.8	Mode <i>Diamond</i>	9
Gambar 2.9	<i>Mixed mode (axisymmetric-diamond)</i>	9
Gambar 2.10	Deformasi karena panjang	10
Gambar 2.11	<i>Quasi-Static Testmachine</i>	10
Gambar 2.12	Pengujian Dinamis melalui <i>Instrumented Drop Mass Setup</i>	11
Gambar 2.13	Diagram beban-perpindahan.....	13
Gambar 2.14	Energi regangan elastis dan plastis	14
Gambar 2.15	Diagram beban-perpindahan elastis.....	14
Gambar 2.16	Beban <i>impact</i> pada batang horizontal.....	15
Gambar 2.17	Tegangan Normal Pada Batang	17
Gambar 2.18	Regangan Pada Batang	18
Gambar 2.19	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan.....	18
Gambar 2.20	<i>Buckling</i> pada struktur kolom.....	19
Gambar 2.21	Teori dasar <i>buckling</i> pada <i>crash box</i>	20
Gambar 2.22	Hubungan sistem koordinat global dengan koordinat elemen...	21
Gambar 2.23	Hubungan sistem koordinat lokal dengan koordinat natural elemen.....	21
Gambar 3.1	Dimensi <i>crash box</i> (satuan mm)	26
Gambar 3.2	<i>Meshing</i> pada ANSYS	28
Gambar 3.3	Pemodelan pada ANSYS	28

Gambar 3.4	<i>Crash box</i> (Verifikasi)	30
Gambar 3.5	Diagram alir penelitian	31
Gambar 4.1	<i>Crash box</i> lekungan radius dan t 1,5 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	32
Gambar 4.2	<i>Crash box</i> lekungan radius dan t 2 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	32
Gambar 4.3	<i>Crash box</i> lekungan radius dan t 2,5 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	33
Gambar 4.4	<i>Crash box</i> lekungan persegi dan t 1,5 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	33
Gambar 4.5	<i>Crash box</i> lekungan persegi dan t 2 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	33
Gambar 4.6	<i>Crash box</i> lekungan persegi dan t 2,5 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	34
Gambar 4.7	<i>Crash box</i> lekungan sudut dan t 1.5 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	34
Gambar 4.8	<i>Crash box</i> lekungan sudut dan t 2 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	34
Gambar 4.9	<i>Crash box</i> lekungan sudut dan t 2,5 mm (a) Tampak isometri (b) Tampak potongan melintang.....	35
Gambar 4.10	Potongan melintang.....	37
Gambar 4.11	Proses deformasi <i>crash box</i> lekukan persegi.....	37
Gambar 4.12	Potongan sumbu A-A' lipatan pada <i>crash box</i> lekukan persegi tebal 1,5 (a) lekukan ke-3 (b) lekukan ke-1 (c) lekukan ke-2..	38
Gambar 4.13	Potongan sumbu B-B' Distribusi tegangan normal searah sumbu -y <i>crash box</i> lekukan persegi dengan tebal 1,5.....	38
Gambar 4.14	Proses deformasi pada <i>crash box</i> lekukan radius.....	39
Gambar 4.15	Potongan sumbu A-A' Lipatan pada <i>crash box</i> lekukan radius tebal 1,5 (a) lekukan ke-3 (b) lekukan ke-2 (c) lekukan ke-1...	39
Gambar 4.16	Potongan sumbu B-B' Distribusi tegangan normal searah sumbu -y pada <i>crash box</i> lekukan radius dengan tebal 1,5.....	40
Gambar 4.17	Proses deformasi pada <i>crash box</i> lekungan sudut.....	40
Gambar 4.18	Potongan sumbu A-A' Lipatan pada <i>crash box</i> lekukan sudut	



	tebal 1,5 (a) lekukan ke-3 (b) lekukan ke-2 (c) lekukan ke-1...	41
Gambar 4.19	Potongan sumbu B-B' Distribusi tegangan normal searah sumbu -y pada <i>crash box</i> lekukan sudut dengan tebal 1,5.....	41
Gambar 4.20	Proses deformasi <i>crash box</i> (a) Proses deformasi <i>crash box</i> cekungan persegi (b) proses deformasi <i>crash box</i> cekungan segitiga.....	42
Gambar 4.21	Jumlah lipatan pada <i>crash box</i> (a) lekukan persegi (b) lekukan sudut	43
Gambar 4.22	Grafik waktu terhadap gaya reaksi model ke-6 dan ke-7.....	43
Gambar 4.23	Grafik gaya reaksi dan deformasi <i>crash box</i> dengan variasi tebal dinding dan bentuk lekukan <i>crash box</i>	45



RINGKASAN

Ridwan Fauzi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2016, *Analisis Penyerapan Energi dan Pola Deformasi Crash Box Persegi Dengan Variasi Ketebalan dan Dinding Bergelombang Pada Uji Simulasi Tabrakan Arah Frontal*, Dosen Pembimbing : Moch. Agus Choiron dan Sofyan Arief Setya Budi.

Dalam perkembangan teknologi saat ini, alat transportasi sangat diperlukan dikarenakan semakin meningkatnya kebutuhan akan kendaraan untuk menunjang mobilitas masyarakat. Peningkatan jumlah kendaraan ternyata juga diiringi oleh meningkatnya jumlah kecelakaan lalu lintas. Pada tahun 2014 data Korlantas Polri mencatat jumlah kecelakaan sebanyak 85.765 kasus dengan jumlah korban meninggal mencapai 26.623 jiwa. Meninjau hal tersebut, standar keselamatan kendaraan yang lebih baik sangat dibutuhkan. *Crash box* merupakan sistem keamanan pasif (*passive safety system*) yang digunakan untuk mengurangi dampak kecelakaan yang dialami penumpang atau bagian kendaraan yang vital seperti mesin akibat *frontal crash*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis energi penyerapan yang terjadi pada *crash box*. *Crash box* didesain dengan dinding bergelombang dengan bentuk lekukan radius, persegi, dan sudut dengan harapan *crash box* membentuk *axial mode* yang dapat meningkatkan energi penyerapan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi komputer menggunakan *software ANSYS 14.5 Workbench* yang berbasis metode elemen hingga. Variabel bebas dari penelitian ini adalah dinding bergelombang dengan model lekukan radius, persegi, dan sudut dengan ketebalan 1,5 mm, 2 mm, dan 2,5 mm sehingga terdapat 9 model.

Berdasarkan hasil pemodelan, diperoleh pola deformasi dengan *axial mode* tipe *concertina* pada semua model. Energi penyerapan paling tinggi terdapat pada model ke-6 dengan nilai sebesar 13.932,46 J dan paling rendah terdapat pada model ke-7 dengan nilai sebesar 4.661,28 J.

Kata Kunci : Pola Deformasi, Energi Penyerapan, dinding bergelombang, ketebalan.

SUMMARY

Ridwan Fauzi, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, Juli 2016, Energy Absorption and Deformation Pattern Analysis of Square Tube Crash Box With Thickness and Corrugated Variation on Frontal Crash Test Simulation, Academic Supervisor : Moch. Agus Choiron and Sofyan Arief Setya Budi.*

In the current technological developments, transportation is very important because of the increasing requirement for mobility support. The number of vehicles have been increased, and in other side, number of traffic accidents is also increase. In 2014 the Korlantas Police noted that number of accidents is 85.765 cases with the number of dead reached 26.623 victim. Crash box as passive safety is used to reduce the effect of accidents on passenger or vehicle and vital component such as machine due to frontal crash.

The objective of this study is determined the energy absorption on crash box. Crash box is designed with corrugated walls with curvature radius shape, square, and the angle to enhance energy absorption performance due to deformation mode is produced as axial mode. The method used in this research is a computer simulation using ANSYS 14.5 Workbench based finite element method. The parameter design of this research is a corrugated wall with the model curvature radius, square, and a corner with a thickness of 1.5 mm, 2 mm, and 2.5 mm therefore 9 models is built.

Based on modeling results, axial deformation pattern is concertina-type mode on all models. Energy absorption is highest on the model number 6 with a value of 13932.46 J and the lowest is occurred on the model number 7 with a value of 4661.28 J.

Keywords: Deformation Pattern, Energy Absorption, corrugated, thickness.