

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis jatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Analisis Pola Deformasi Dan Penyerapan Energi Dengan Variasi Rasio Peletakan Dan Sudut *Initial Fold* Pada *Crash Box* Menggunakan Metode *Oblique Crash Test*” ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyelesaian skripsi ini tidak luput dari bantuan banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantudalam menyelesaikan skripsi ini:

1. Ayahanda Ir. Agus Supriyanto MM., dan Ibunda Tjatur Suratiningrum SH., sebagai kedua orang tua penulis yang selalumemberikan kasih sayang yang tulus serta motivasi dan dukungan penuh selama penulis menuntut ilmu. Dan Adik Lucky Hanifah Puspaningrum yang banyak membantu, menemani, dan memotivasi selamapengerjaan skripsi ini.
2. Dr. Eng Moch. Agus Choiron. ST., MT. sebagai dosen pembimbing I skripsi yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan memotivasi selamapenyusunan laporan skripsi.
3. Dr. Eng. Anindito Purnowidodo. ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan memotivasi selamapenyusunan laporan skripsi.
4. Dr. Eng Nurkholis Hamidi, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
5. Purnami S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Dr. Eng Widya Wijayanti, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Dr. Eng. Shofyan Arief Setyabudi, St., M. Eng. , Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M. Eng. , dan Nafisah Arina Hidayati, ST., M. Eng. Selakutim dosen pengunji.
8. Seluruh Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan mendukung selamapenyusunan skripsi ini.

9. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah banyak membantudalamperurusanadministrasi, khususnya kepada Mbak Lina yang selalumembantudanmenolong penulis dengan ikhlas.
10. Zumrotul Ida selaku partner setia penulis dalam suka dan duka untuk penyelesaian skripsi ini.
11. Sahabat SHIHLIN yaitu Safia Azzara Situmorang, Muhammad FurqanAlfarizi, Hani Christopher, dan Endang Tri Ambia yang setia menemani penulis sejak maba dan sebagai pelengkap bagi penulis dalam menyelesaikan studi di Malang.
12. Teman-teman Laboratorium Komputer Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang setia menemani dan memotivasi hari-hari selama pengerjaan skripsi Mia, Arif, Veda, Rizal, Kemal, Ganesh, asisten angkatan 2010 Mas Adnan, Mas Dharu, Mas Dio, Mas Cahya, Mas Hangga, asisten angkatan 2011 Mas Roiddan Mas Hendra asisten angkatan 2013 Meylisa, Candra, Agusta, Lukman, dan William yang sudah memberikan banyak pengalaman dan persahabatan bagi penulis.
13. Teman-teman Konsentrasi Konstruksi angkatan 2012 khususnya Asisten Studio PerancangandanRekayasa Sistem Izum, Stefanus, dan Subhan yang banyak membantupengerjaansimulasi dan memberikan masukandalampenulisan.
14. Teman-teman seperantauan di Watugong 2A Cindy, Dara, Tio, dan Enda yang selalumenyemangatidansetiap memotivasi penulis.
15. Teman-teman teknik mesin angkatan 2012 yang selalumemberikan semangat, motivasi, sertadukungannya penuh kepada penulis.
16. Seluruh pihak terkait yang telah membantudantidak dapat disebutkansatupersatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis menerima segala kritik yang bersifat membangun di kemudian hari. Akhirnya penulis berharap semoga penulis skripsi bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Agustus 2016

Penulis

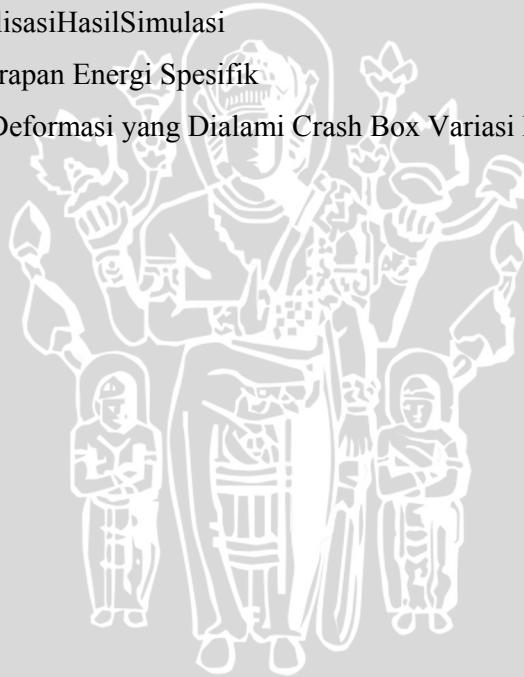
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LatarBelakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 BatasanMasalah	2
1.4 TujuanPenelitian	2
1.5 ManfaatPenelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengertian Crash Box	3
2.1.1 Crash Box	4
2.1.2 Macam Crash Box	4
2.1.3 Oblique Crash Test	4
2.2 Penelitian Sebelumnya	5
2.3 Pola Deformasi	8
2.3.1 Pola Deformasi Berdasarkan Sumbu	8
2.4PenyerapanEnergi	9
2.5Beban Impact (statik dan dinamik)	12
2.5.1 Impuls dan Momentum	13
2.5.2 Tegangan Regangan Material	13
2.5.2.1 Hubungan Tegangan dan Regangan Plastis	17
2.6VerifikasidanValidasiPenelitian	19
2.7 FEM (Finite Element Method)	19
2.8 Software Berbasis FEM (ANSYS 14.5)	22

2.9 Hipotesis.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Metode Penelitian.....	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.3 Variabel Penelitian.....	24
3.4 Aspek Penelitian.....	26
3.5 Tahapan Penelitian.....	29
3.6 Meshing.....	29
3.7 Tahapan Simulasi.....	30
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	31
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Verifikasi dengan Penelitian Sebelumnya.....	32
4.2 Data Hasil Simulasi.....	32
4.3 Pola Deformasi (Initial Fold).....	36
4.4 Pembahasan.....	46
4.4.1 Pengaruh Variasi Peleteakkan Dan Sudut Initial Fold Terhadap Penyerapan Energi.....	45
4.4.2 Specific Energy Absorption (SEA).....	45
4.4.3 Hubungan Waktu Pembebanan Terhadap Pola Deformasi dan Energi Penyerapan.....	47
4.5 Analisa Deformasi.....	48
BAB V PENUTUP.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Variasi Pemodelan IFCB	25
Tabel 3.2	Properti Material Crash Box	27
Tabel 3.3	Properti Material Impactor	27
Tabel 4.1	Validasi dengan Penelitian Sebelumnya	32
Tabel 4.2	Data hasil simulasi <i>initial fold crash box</i> pada seluruh variasi	33
Tabel 4.3	Visualisasi Hasil Simulasi	36
Tabel 4.4	Penyerapan Energi Spesifik	45
Tabel 4.5	Tipe Deformasi yang Dialami Crash Box Variasi ke-1	47



DAFTAR GAMBAR

No Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Crash Box Pada Rangka Kendaraan	3
Gambar 2.2	Macam Crash Box	4
Gambar 2.3	Pemodelan Oblique Test	5
Gambar 2.4	Crash Box Penampang Lingkaran Pengujian Dinamik	5
Gambar 2.5	Grafik <i>Load-Displacement</i> Crash Box Berpenampang Lingkaran	6
Gambar 2.6	Crash Box Talib	6
Gambar 2.7	Hydroformed Bumper Stay	7
Gambar 2.8	Variasi Sudut Initial Fold	7
Gambar 2.9	Pemodelan Uji Oblique	8
Gambar 2.10	Axial Mode	8
Gambar 2.11	Bending Mode	9
Gambar 2.12	Diagram Beban-perpindahan	10
Gambar 2.13	Energi Regangan elastis dan Plastis	11
Gambar 2.14	Diagram Beban-perpindahan Elastis	11
Gambar 2.15	Beban Impact pada Batang Horizontal	12
Gambar 2.16	Tegangan Akibat Gaya Pada Material	14
Gambar 2.17	Tegangan Geser Pada Material	14
Gambar 2.18	Regangan Akibat Pembebanan	15
Gambar 2.19	Regangan Geser Pada Elemen Material	16
Gambar 2.20	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan	16
Gambar 2.21	Kurva Tegangan-regangan Pemodelan Material	18
Gambar 3.1	Variasi Sudut Initial Fold	24
Gambar 3.2	Variasi Perbandingan Peletakkan Initial Fold	25
Gambar 3.3	Dimensi Crash Box Variasi ke-2	26
Gambar 3.4	Pemodelan Material	27
Gambar 3.5	Komponen Penelitian	28

Gambar 3.6	Pemodelan Simulasi	28
Gambar 3.7	Meshing Pada Pemodelan	30
Gambar 4.1	Grafik Nilai Energi Penyerapan Terhadap Variasi Model	33
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Deformasi Dengan Force Reaction	34
Gambar 4.3	Grafik Momen Inersia Pada Tiap Model	35
Gambar 4.4	<i>Normal Stress</i> Searah sumbu X	38
Gambar 4.5	<i>Normal Stress</i> Searah sumbu Y	38
Gambar 4.6	<i>Normal Stress</i> Searah sumbu Z	39
Gambar 4.7	<i>Vector principle stress</i> deformasike 19,48mm	40
Gambar 4.8	<i>Vector principle stress</i> deformasike 38,96mm	41
Gambar 4.9	<i>Vector principle stress</i> deformasike 58,44mm	42
Gambar 4.10	Kurva Force-Deformation dengan Poladeformasi pada variasi 1	43
Gambar 4.11	Hubungan antar penyerapan energi dengan sudut <i>intial fold</i>	44
Gambar 4.12	Grafik hubungan variasi model terhadap nilai penyerapan energi spesifik	45
gambar 4.13	Grafik waktu pembebanan terhadap pola deformasi dan energi penyerapan pada variasi ke-1	46

DAFTAR LAMPIRAN

No Lampiran	Judul
Lampiran 1	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-1 (IF 1:2 90°)
Lampiran 2	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-2 (IF 1:1 90°)
Lampiran 3	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-3 (IF 2:1 90°)
Lampiran 4	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-4 (IF 1:2 60°)
Lampiran 5	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-5 (IF 1:1 60°)
Lampiran 6	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-6 (IF 2:1 60°)
Lampiran 7	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-7 (IF 1:2 45°)
Lampiran 8	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-8 (IF 1:1 45°)
Lampiran 9	Tabel Distribusi Tegangan Normal pada variasi ke-9 (IF 2:1 45°)
Lampiran 10	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-1 deformasi 58,44mm (IF 1:2 90°)
Lampiran 11	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-2 deformasi 58,44mm (IF 1:1 90°)
Lampiran 12	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-3 deformasi 58,44mm (IF 2:1 90°)
Lampiran 13	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-4 deformasi 58,44mm (IF 1:2 60°)
Lampiran 14	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-5 deformasi 58,44mm (IF 1:1 60°)
Lampiran 15	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-6 deformasi 58,44mm (IF 2:1 60°)
Lampiran 16	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-7 deformasi 58,44mm (IF 1:2 45°)
Lampiran 17	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-8 deformasi 58,44mm (IF 1:1 45°)
Lampiran 18	<i>Vector Principle Stress</i> Variasi ke-9 deformasi 58,44mm (IF 2:1 45°)

RINGKASAN

HAPPY H K, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2016,
*Analisis Pola Deformasi Dan Penyerapan Energi Dengan Variasi Rasio Pelelekan Dan Sudut
 Initial Fold Pada Crash Box Menggunakan Metode Oblique Crash Test*,
 Dosen Pembimbing : Dr.Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.; Dr.Eng. Anindito
 Purnowidodo, ST., M.Eng.

Crash box adalah salah satu sistem keselamatan pasif yang banyak dikembangkan oleh para engineer di seluruh dunia. Fungsi dari *crash box* sendiri adalah untuk melindungi penumpang kendaraan roda 4 jika terjadi tabrakan pada badan mobil.

Pada penelitian ini akan dijelaskan analisis deformasi dan penyerapan energi yang akan dialami oleh *crash box* dengan adanya *initial fold* pada geometri *crash box* serta membuat variasi sudut dari *initial fold* tersebut dengan besaran sudutnya adalah 90°, 60°, dan 45° dan variasi rasio pelelekan *initial fold* 1:2, 1:1, dan 2:1. Material *crash box* adalah mild steel.

Pengujian akan ditinjau dari *oblique crash test*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan software simulasi yang berbasis *Finite Element Method* (FEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa poladeformasi yang dialami *crash box* kebanyakan bertipe *buckling* dan aksial. Dapat disimpulkan dari hasil simulasi bahwa *crash box* dengan *initial fold* 1:2 dengan sudut 90° adalah model yang memiliki nilai penyerapan energi tertinggi.

Kata kunci: *Crash box*, Penyerapan Energi, *Oblique Test*, *Initial fold*, poladeformasi, *thin walled structure*.

SUMMARY

HAPPY H K, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, July 2016, Analysis Of Deformation Pattern And Energy Absorption In Varying Placement Ratio and Angle Of Initial Fold Using Oblique Crash Test, Academic Supervisor: Dr.Eng. Moch. AgusChoiron, ST., MT.;Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng.

Crash box is one of the passive safety system which has been developed by engineers all over the world. The function of the crash box itself is to protect the 4-wheeled passenger vehicles in case of collision of car body. this paper described the analysis of deformation and energy absorption being experienced by crash box with addition of Initial fold on the shape of the crash box and varying the angle of the fold, mention 90° , 60° and 45° with *initial fold* placement ratio of 1:2, 1:1, and 2:1. the crash box material would be Mild Steel. This research conducted in simulation software that based on Finite Element Method (FEM) which use ANSYS 14.5 with oblique crash test method. The results indicated that the pattern of deformation experienced by the crash box was mostly buckling and axial mode. It can be concluded from the results that the crash box with initial fold ratio 1:2 with a 90° angle has the highest value of energy absorption.

Keywords: Crash box, Energy Absorption, oblique test, Initial fold, deformation pattern, thin walled structure.