



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR- TM141585

STUDI KEMAMPUAN POLYPROPYLENE DALAM MENYERAP ENERGI IMPACT PADA APLIKASI AIRBAG PACKAGING

RIFOQH
NRP. 2110 100 051

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT- TM141585

STUDY OF POLYPROPYLENE ABILITY OF ABSORBING IMPACT ENERGY IN AIRBAG PACKAGING APPLICATION

RIFOOH
NRP. 2110 100 051

Academic Advisor
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

STUDI KEMAMPUAN POLYPROPYLENE DALAM MENYERAP ENERGI IMPACT PADA APLIKASI AIRBAG PACKAGING

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Bidang Studi Metalurgi Program Studi S-1
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

RIFQOH

NRP. 2110 100 051

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Sutikno, ST., MT(Pembimbing)
NIP. 19740703 200003 1 001
2. Wahyu Wijanarko, ST., MSc.(Penguji I)
NIP. 19820209 201212 1 001
3. Alief Wikarta, ST, MSc.Eng., PhD.(Penguji II)
NIP. 19820210 200604 1 002
4. Indra Sidharta, ST., MSc.(Penguji III)
NIP. 19800619 200604 1 004

**SURABAYA
JANUARI, 2016**



STUDI KEMAMPUAN POLYPROPYLENE DALAM MENYERAP ENERGI IMPACT PADA APLIKASI AIRBAG PACKAGING

Nama Mahasiswa : Rifqoh
NRP : 211010051
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Sutikno, ST., MT

ABSTRAK

Polimer adalah salah satu material yang sering dikembangkan. Produk-produk dengan bahan dasar polimer khususnya plastik semakin diminati karena lebih efisien dan mempunyai sifat mampu bentuk (formability) serta sifatnya yang ringan dan tahan korosi. Plastik dapat digunakan sebagai pelindung suatu produk elektronik maupun benda-benda yang mudah retak atau pecah agar benda tidak rusak dan tetap aman. Airbag packaging adalah salah satu aplikasinya, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk membuat serta menguji airbag untuk mengetahui energi yang dapat diserap oleh airbag tersebut.

Pada penelitian kali ini dilakukan pengujian eksperimen dan simulasi. Penelitian dilakukan dengan mendesain airbag packaging agar penggunaannya dapat optimal. Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan spesimen menggunakan plastik polypropylene (PP) dengan variasi ketebalan 0,3mm, 0,5mm, dan 0,8mm untuk mengetahui energi yang dapat diserap oleh spesimen dilakukan pengujian tekan/kompresi dengan metode quasi static dimana pembebanan diberikan secara perlahan. Setelah pengujian eksperimen, dilakukan simulasi dengan bantuan software finite element dimana airbag diberi beban statis dengan input gaya perdetik dari hasil pengujian eksperimen.

Berdasarkan hasil eksperimen di dapatkan data berupa energi (J) dan gaya (N) pada airbag dengan ketebalan 0,3mm

energi yang mampu diserap sebesar 8,41378 J dengan F maksimal sebesar 205,262 N, ketebalan 0,5 mm energi yang diserap 11,4974 J dengan F maksimal 468,105 N dan 0,8 mm energi yang diserap 14,1742 J dengan F maksimal 569,242 N. Pada hasil simulasi energi yang di dapat untuk setiap ketebalan 0,3 mm, 0,5 mm dan 0,8 mm sebesar 8,3203 J, 11,778 J dan 14,41 J. Nilai tegangan ekuivalen maksimal dan deformasi total maksimal semakin meningkat untuk setiap ketebalan 0,3 mm, 0,5 mm dan 0,8 mm. Tegangan ekuivalen maksimal sebesar 37,501 Mpa, 38,854 Mpa dan 39,324 Mpa, sedangkan nilai deformasi total maksimal sebesar 9,6534 mm, 16,706 mm dan 18,793 mm.

Kata kunci: Kompresi, Polypropylene (PP), Airbag packaging.

STUDY OF POLYPROPYLENE ABILITY OF ABSORBING IMPACT ENERGY IN AIRBAG PACKAGING APPLICATION

Name : Rifqoh
Student ID : 2110 100 51
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Advisor Lecturer : Dr. Eng. Sutikno, ST., MT

ABSTRACT

Polymer is one kind of materia that keeps evolving paroducys with polymers as their raw material are now gwtting more interest due to their higher efficiency, formability characteristics, also their light-weighted property and corrosion resistance. Plastics can be used for electronic good protectors as well as frail or fragile goods so they wont get broken easily and stay secured. Airbag packaging is one of the application of them, therefore this research is done for making and studying the airbag to find the energy which could be absorbed by that airbag.

This research is done by experimental and simulation study. The research sets to design airbag packaging to get their optimal utilization. The raw material that used for making tthe specimens were polypropylene plastics (PP) with their variant of thickness are 0.3 mm, 0.5 mm and 0.8 mm. To get energy value that were absorbed by specimens, compression test were done with quasi static method where the loads are gradually given. After experimental study, simulation was done with a software finite element where a static load were given to the airbag with the input of force per second from the experimental study results.

Based on the experiment, the data obtained were energy (J) and force (N) from the airbag with 0,3 mm thickness were 8.41378 J energy absorbed with maximum force of 205.262 N, from the airbag with 0.5 mm thickness werw 11.4974 J energy

absorbed with maximum force of 468.105 N and from the airbag with 0.8 mm thickness were 14.742 J energy absorbed with maximum F of 569.242 N. Based on simulation result, the energy aobtained for thickness 0.3 mm, 0.5 mm and 0.8 mm were 8.3203 J, 11.778 J AND 14.41 J. The equivalent maximum stress and maximum total deformation are increasing for more thickness fromm 0.3 mm, 0.5 mm to 0.8 mm. The equivalent maximum stress were 37.501 Mpa, 38.854 Mpa and 39.324 Mpa, and the maximum total deformation were 9.6534 mm, 16.706 mm and 18.793 mm (in consecutive with thickness above).

Keyword: Compression, Polypropylene (PP), Airbag packaging.

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warohmatullah Wabarokatuh

Puji dan rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas akhir ini di susun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selanjutnya penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Ibu tercinta, **Noor Azzah** untuk segala doa, kasih sayang, pengorbanan dan dukungan yang beliau berikan kepada penulis, terima kasih yang sebanyak-banyaknya.
2. **Dr. Eng. Sutikno, ST., MT**, selaku dosen pembimbing sekaligus dosen wali yang telah membimbing penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk semua nasehat, waktu, kritik dan saran yang diberikan selama masa perkuliahan ini.
3. **Indra Sidharta, Wahyu Wijanarko, Alif Wikarta** selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, kritik dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Kakak dan adik tercinta, **kucing “Dani”, cuper “Wafa” dan kreteng “Tika”**, terima kasih atas doa dan dukungannya.
5. Sahabat sekaligus saudara “genggong”, mbak **Elsa**, mbak **Dori** dan **Dea**, terima kasih buat doa, cinta, semangat dan bawelannya -Jarak dan waktu bukan penghalang-
6. Teman seperjuangan yang beda dosen pembimbing, **Dewor** dan **Opi** yang hampir setiap hari berkelana bersama. Terima

kasih buat semua waktu, dukungan, saran dan kebersamaannya semoga selalu terjaga.

7. **Mbak Puput** “teman hidup”, **Dewi** dan **Zahra**, terima kasih sudah selalu menemani dan membantu banyak di masa-masa pengerjaan TA ini.
8. Anak-anak ketemu gede, **Opi**, **Ateng** dan **Pindra**, terima kasih atas panggilan “umik” (rada geli di denger haha) buat semua-muanya makasi.
9. Pejuang Tugas Akhir lab **Metalurgi** dan semua penghuni yang sudah membuat berjuata suasana yang beda di tiap harinya.
10. Yang ajarin simulasi, **Faul** penghuni kayangan, terima kasih sudah berjasa banyak banget buat penyelesaian tugas akhir ini.
11. Yang sering dimintain saran dan suka ngajarin **Alif**, **Fitro** dan semua penghuni markas sapu angin, terima kasih buat semua ilmu dan tempat singgahnya.
12. Keluarga besar yang selalu mendukung dan memberikan doa untuk terselesaikannya tugas akhir ini.
13. Semua saudara **M53**, terima kasih untuk kebersamaannya dan semua dukungannya.
14. Keluarga besar **LBMM**, terima kasih buat ilmu, bantuan dan dukungan.
15. Laboratorium beton dan bahan bangunan jurusan Teknik Sipil ITS dan **mas Basar** yang telah memperbolehkan melakukan pengujian “uji kompresi”, terima kasih banyak.
16. Bapak-bapak karyawan lab Metallurgy Mesin ITS yang telah memberikan bantuan dan saran.
17. Semua Bapak Ibu Dosen dan seluruh karyawan di jurusan Teknik Mesin ITS yang telah memberikan bantuan dan ilmunya kepada penulis
18. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuannya yang tidak bisa disebutkan satu per satu di halaman ini

Penulis sadar bahwa penulisan tugas akhir ini memiliki banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Terakhir penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat memberikan hal yang bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca dan khususnya bagi penulis juga.

Wassalamu'alaikum Warohmatullah Wabarokatuh

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.2 Polimer.....	5

2.2.1 Plastik	6
2.3 Polypropylene	10
2.4 Viskoelastis.	11
2.5 <i>Airbag Packaging</i>	12
2.6 Pengujian mekanik.....	14
2.6.1 Uji impact drop weight	14
2.6.2 Uji tekan (kompresi)	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Pengujian Eksperimen	18
3.2.1 Proses pembuatan <i>airbag packaging</i>	18
3.2.2 Pengujian eksperimen.....	19
3.3 Simulasi Pengujian	20
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Spesifikasi Airbag Packaging	23
4.1.1 Data spesifikasi <i>airbag packaging</i> pada eksperimen.....	23
4.1.2 data spesifikasi <i>airbag packaging</i> pada simulasi....	23
4.2 Analisa Hasil Pengujian Eksperimen pada <i>Airbag Packaging</i>	24
4.2.1 Analisa grafik perubahan ketinggian	24

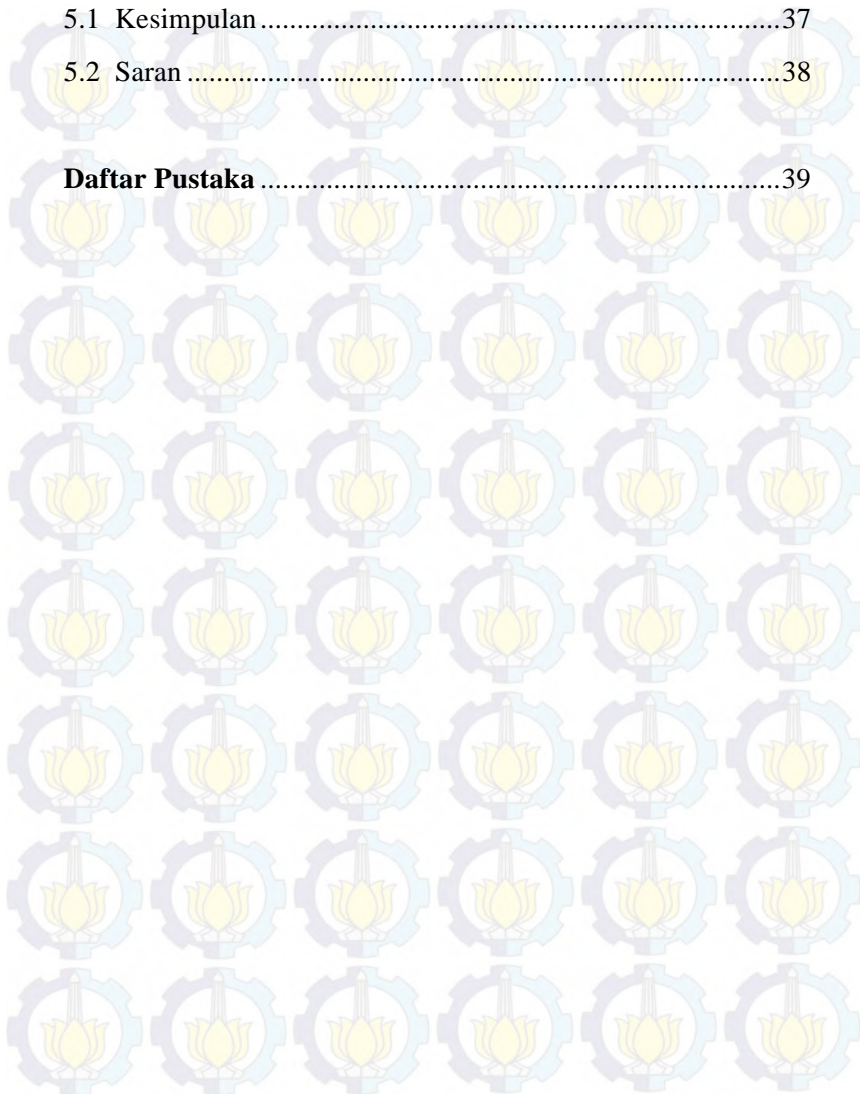
4.2.2 analisa perbandingan grafik gaya dan waktu	26
4.2.2.1 <i>Airbag packaging</i> 0,3mm	26
4.2.2.2 <i>Airbag packaging</i> 0,5mm	26
4.2.2.3 <i>Airbag packaging</i> 0,8mm	27
4.2.3 Analisa perbandingan energi dan ketebalan	28
4.3 Analisa Hasil Simulasi	29
4.3.1 Analisa gambar tegangan ekuivalen	29
4.3.1.1 <i>Airbag packaging</i> 0,3mm	29
4.3.1.2 <i>Airbag packaging</i> 0,5mm	30
4.3.1.3 <i>Airbag packaging</i> 0,8mm	31
4.3.2 Analisa gambar deformasi total	32
4.3.2.1 <i>Airbag packaging</i> 0,3mm	32
4.3.2.2 <i>Airbag packaging</i> 0,5mm	32
4.3.2.3 <i>Airbag packaging</i> 0,8mm	33
4.3.3 Analisa data hasil simulasi	34
4.3.3.1 Analisa grafik perbandingan energi dan ketebalan.....	34
4.3.3.2 Analisa grafik perbandingan tegangan dan ketebalan	35
4.3.3.3 Analisa grafik perbandingan deformasi dan ketebalan	36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....37

5.2 Saran38

Daftar Pustaka39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Eksperimental setup.....	2
Gambar 2.2	Acceleration of the impactor, (a) from 500 mm high. The airbag was not broken (b) from 700 mm high. The airbag was broken.....	4
Gambar 2.3	Struktur polimer, (a) linier, (b) bercabang, (c) cross linked, (d) network.....	6
Gambar 2.4	Grafik hubungan temperatur dan waktu untuk plastik thermosetting.....	8
Gambar 2.5	Grafik hubungan temperatur dan waktu untuk plastik thermoplastic.....	9
Gambar 2.6	Biji Polypropilena.....	11
Gambar 2.7	Grafik hubungan tegangan-regangan viskoelastis bahan polimer.....	12
Gambar 2.8	Penggunaan styrofoam untuk packaging.....	13
Gambar 2.9	Aplikasi <i>airbag packaging</i>	14
Gambar 3.1	Flowchart metodologi penelitian.....	17
Gambar 3.2	Peralatan dan bahan, (a) plastik polypropylene, (b) kompresor, (c) mesin pres.	18
Gambar 3.3	Mesin SHIMADZU AUTOGRAPH AG-X.....	19
Gambar 3.4	Skema pengujian airbag packaging.....	20

Gambar 3.5	Tampilan submenu pada software finite element.....	21
Gambar 3.6	Gambar 3D <i>airbag packaging</i>	21
Gambar 4.1	Perubahan pengurangan ketinggian tiap ketebalan, (a) 0,3mm, (b) 0,5mm, (c) 0,8m m saat dikenai beban sampai sesaat sebelum meledak yang di dapat pada komputer saat pengujian.....	24
Gambar 4.2	Grafik perbandingan displacement dan ketebalan saat dikenai beban sampai sesaat sebelum meledak.....	25
Gambar 4.3	Grafik perbandingan gaya dan waktu ketebalan 0,3 mm.....	26
Gambar 4.4	Grafik perbandingan gaya dan waktu ketebalan 0,5 mm.....	26
Gambar 4.5	Grafik perbandingan gaya dan waktu ketebalan 0,8 mm.....	27
Gambar 4.6	Grafik perbandingan energi dan ketebalan.....	28
Gambar 4.7	Hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen pada ketebalan 0,3 mm.....	29
Gambar 4.8	Hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen pada ketebalan 0,5 mm.....	30
Gambar 4.9	Hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen pada ketebalan 0,8 mm.....	31

Gambar 4.10 Hasil simulasi nilai deformasi total pada ketebalan

0,3mm32

Gambar 4.11 Hasil simulasi nilai deformasi total pada ketebalan

0,5mm32

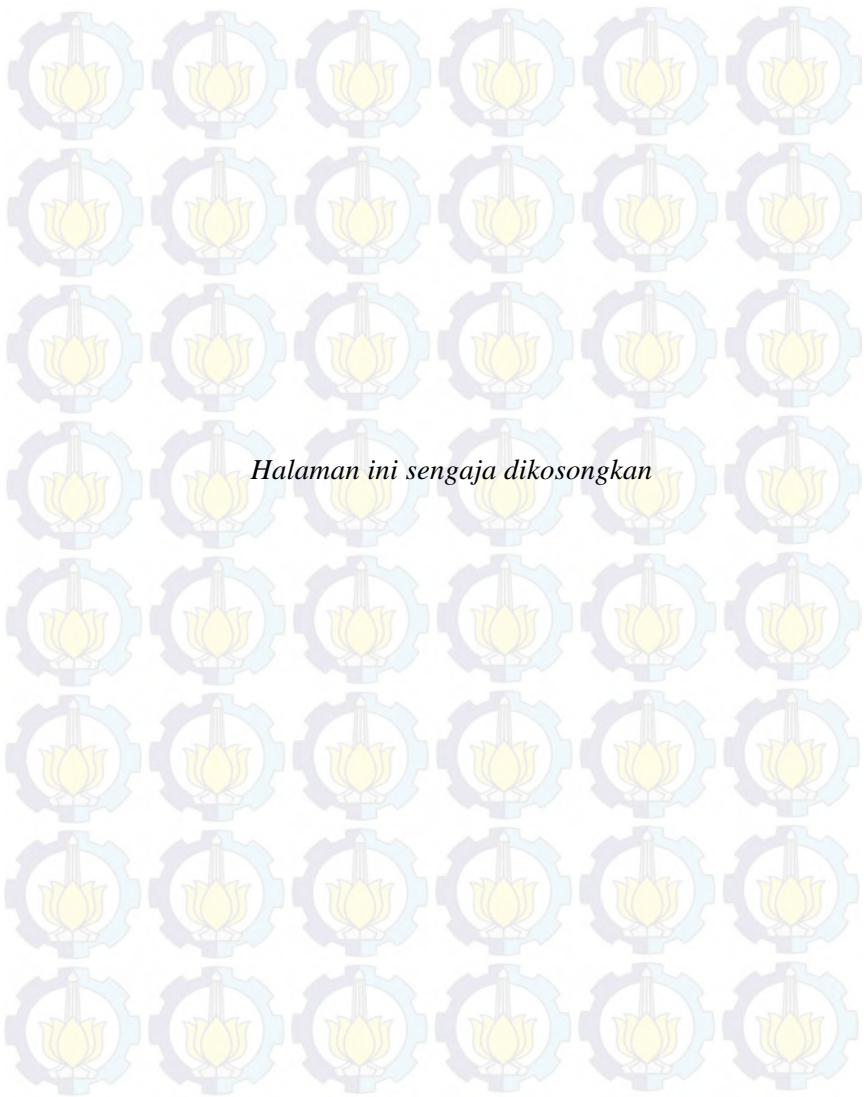
Gambar 4.12 Hasil simulasi nilai deformasi total pada ketebalan

0,8mm33

Gambar 4.13 Grafik Perbandingan energi dan ketebalan34

Gambar 4.14 Grafik Perbandingan tegangan dan ketebalan ...35

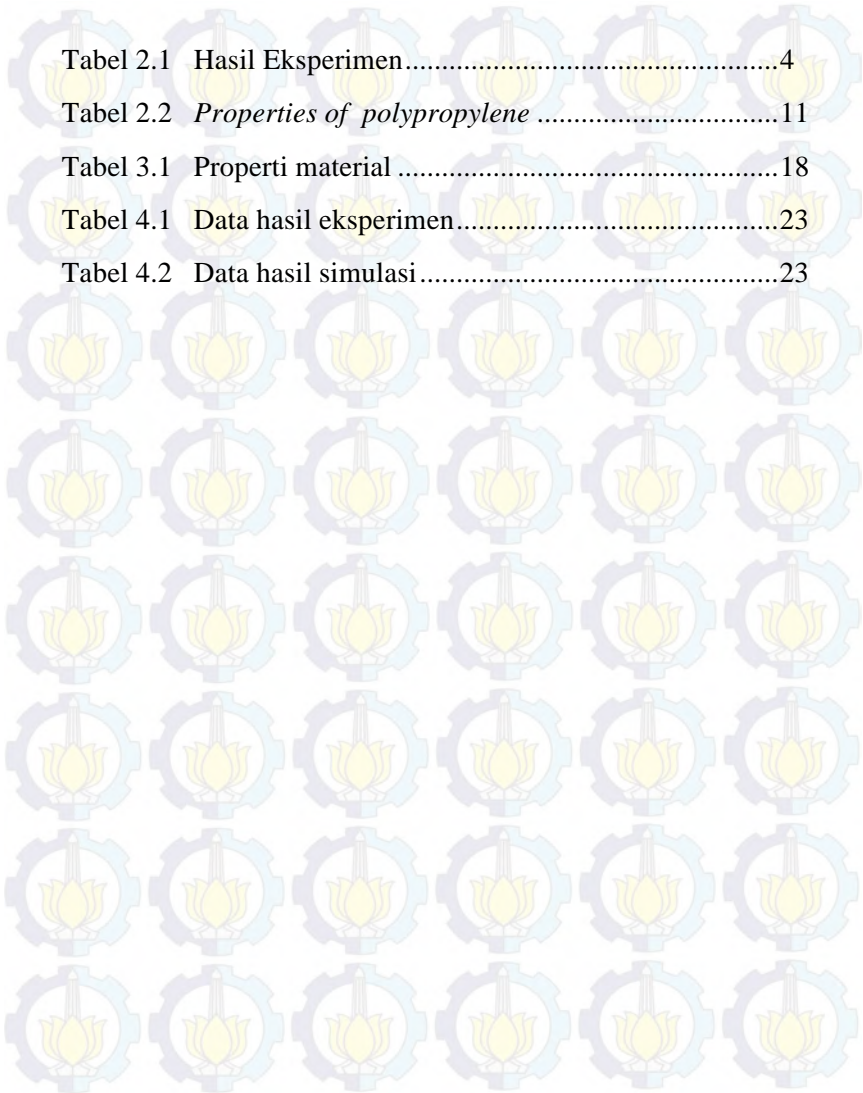
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan deformasi dan ketebalan..36



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Eksperimen.....	4
Tabel 2.2 <i>Properties of polypropylene</i>	11
Tabel 3.1 Properti material	18
Tabel 4.1 Data hasil eksperimen.....	23
Tabel 4.2 Data hasil simulasi.....	23



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer adalah salah satu material yang sering dikembangkan. Pada umumnya polimer memiliki sifat yang menguntungkan karena massa jenisnya kecil, mudah dibentuk, tahan karat [1]. Produk-produk dengan bahan dasar polimer khususnya plastik semakin diminati karena lebih efisien dan dalam proses produksinya, plastik juga mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) serta sifatnya yang ringan dan tahan korosi. Material plastik mempunyai peranan yang sangat penting di bidang elektronika, transportasi, furniture, kemasan mainan anak-anak, kosmetik dan produk-produk industri lainnya.

Plastik juga dapat digunakan sebagai pelindung suatu produk elektronik maupun benda-benda yang mudah retak atau pecah. Airbag Packaging adalah salah satu aplikasinya, selain proses pembuatannya yang mudah serta efisien tempat yang baik pada saat penyimpanan jika tidak terpakai. Sebelumnya plastik *polyethylene* (PE) digunakan sebagai bahan dasar membuat airbag karena plastic tersebut memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, yaitu dapat digunakan untuk penyimpanan beku hingga suhu -50°C , fleksible sehingga mudah dibentuk dan mempunyai daya rentang yang tinggi tetapi plastik PE kurang baik untuk ketahanan panas yang tinggi serta mudah sobek.

Pada penelitian kali ini airbag packaging yang akan di buat berbahan dasar *polypropylene*, bahan tersebut memiliki ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, memiliki ketahanan panas yang paling baik diantara jenis plastik yang lainnya, lebih kaku namun tidak mudah sobek dibandingkan plastik PE dan yang paling utama adalah memiliki sifat “viskoelastik” yang mampu menekan energi impak [2], agar benda yang di lindungi tidak terkena benturan dari luar sehingga benda tidak rusak dan tetap aman.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian kali ini akan dianalisa kemampuan airbag packaging untuk menyerap energi tekan. Material yang akan digunakan adalah polimer *polypropylene* dengan alasan mempunyai sifat yang baik dalam menekan energi impact.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah tidak terlalu luas, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Bahan polimer untuk benda uji adalah *polypropylene*.
2. Pengujian yang dilakukan adalah uji kompresi metode *quasi static*.
3. Tidak dapat dikenai benda runcing.
4. Tekanan udara dalam *airbag packaging* 15 Psi.
5. Pengujian dilakukan pada temperature ruangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Airbag Packaging adalah salah satu kemasan yang berfungsi untuk melindungi suatu benda agar tidak rusak. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui energi yang dapat diserap oleh benda uji tersebut dengan variasi ketebalan 0.3mm, 0.5mm, dan 0.8mm apabila dikenai beban tekan.

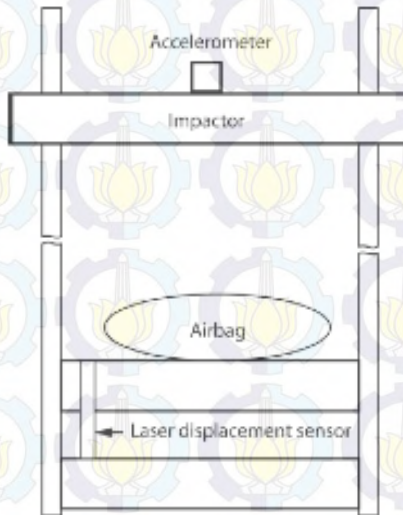
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini adalah semoga dapat memberi pengetahuan dan pengalaman baru untuk penulis serta dapat dijadikan referensi untuk pembaca sehingga kedepannya memungkinkan dilakukannya pengembangan lebih lanjut.

BAB II DASAR TEORI

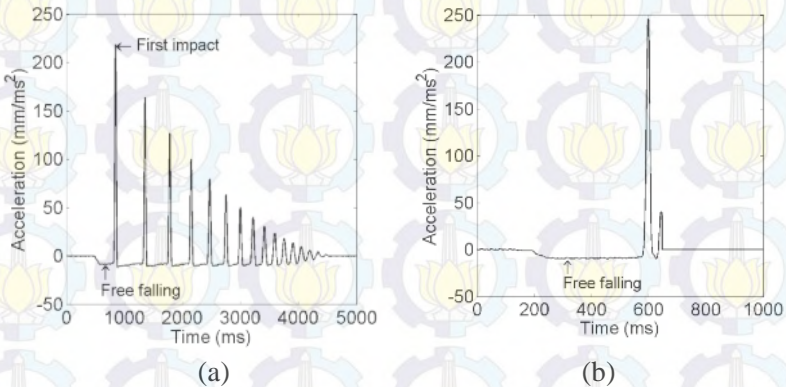
2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang pernah dilakukan adalah mengenai kekuatan *airbag packaging* yang terbuat dari polimer polypropylene yang memiliki panjang 300mm dan lebar 200mm yang kemudian ketinggiannya meningkat hingga 75mm setelah diisi udara [3]. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan plate impactor yang telah dipasang piezoelectric accelerometer (untuk mendapatkan kecepatan/perlambatan *impactor*) dengan variasi ketinggian 400mm sampai 700mm dimana menggunakan 5 spesimen uji untuk setiap ketinggian impactor.



Gambar 2.1 Experimental Setup [3].

Sensor laser yang terdapat pada plate bagian bawah berfungsi untuk mengetahui perubahan ketinggian spesimen setelah atau sebelum dikenai beban kejut.



Gambar 2.2 Acceleration of the impactor, (a) from 500mm high. The airbag was not broken (b) from 700mm high. The airbag was broken [3].

Kondisi airbag setelah dikenai beban kejut adalah sebagai berikut:

Table 2.1 Hasil eksperimen [3]

Impactor height (mm)	Impactor velocity (mm)	Airbag status	Impactor max disp. (mm)
400	2.26	Not broken	36.7
500	2.54	Not broken	39.9
600	2.82	Not broken	42.5
650	2.96	Mixed	-
700	3.30	Broken	-

Semua airbag tidak rusak ketika plate impactor dijatuhkan dari ketinggian 400, 500, 600 mm, tetapi beberapa mengalami kerusakan pada ketinggian 650mm, dan pada ketinggian 700mm semua airbag rusak.

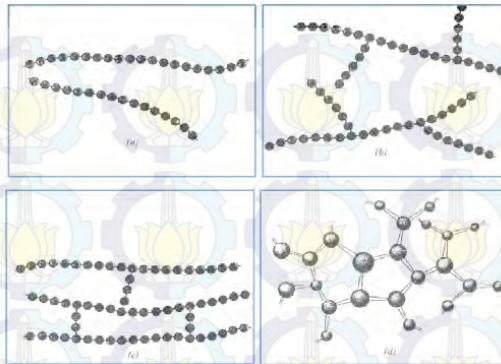
Penelitian lain yang pernah dilakukan adalah tentang pengujian *impact drop weight* menggunakan sensor strain gage untuk bahan komposit 80% resin bercampur 20% bubble glass dan berpenguat woven roving dan chopped strand mat [4]. Pengujian ini dilakukan dengan menjatuhkan pendulum hingga mengenai spesimen uji dimana energi impact dapat diketahui dari sensor strain gage. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kekuatan impact yang paling besar dimiliki oleh komposit dengan komposisi resin dan bubble glass dengan penambahan Chopped Strand Mat (178.88 J), kemudian resin dan bubble glass (174.44 J), dan kekuatan impact paling rendah dimiliki oleh komposit dengan komposisi resin dan bubble glass dengan tambahan woven roving (162.22).

2.2 Polimer

Polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu “poly” artinya banyak sedangkan “meros” artinya unit atau bagian [5]. Polimer merupakan molekul panjang yang merupakan gabungan dari monomer-monomer. Umumnya polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik-menarik yang disebut ikatan kovalen, dimana ikatan setiap atom dari pasangan menyumbangkan satu elektron untuk membentuk sepasang elektron [6].

Salah satu faktor yang menentukan sifat suatu polimer adalah keteraturan rantai. Berdasarkan struktur rantainya, polimer terdiri dari beberapa jenis yaitu:

- Linier
- Bercabang (branched)
- Cross-linked
- Jaringan (network)



Gambar 2.3 Struktur polimer, (a) linier, (b) bercabang, (c) cross-linked, (d) network [7].

Polimer linier dan bercabang dapat dilunakkan atau bisa juga berubah menjadi bentuk lain jika dipanaskan atau berada pada tekanan yang tinggi, sedangkan untuk polimer yang telah membentuk jaringan atau lebih akan stabil terhadap pengaruh panas dan tidak dapat meleleh.

2.2.1 Plastik

Istilah “plastik” diartikan sebagai polimer (dengan rantai yang sangat panjang). Sebenarnya plastik adalah suatu material rekayasa yang tidak sederhana dalam struktur molekulnya, plastik memiliki komposisi yang rumit, yang dengan sengaja diatur untuk memenuhi aplikasi-aplikasi spesifik yang diinginkan. Berikut adalah beberapa sifat menguntungkan yang dimiliki oleh plastik, antara lain:

1. Dapat dijadikan beberapa produk karena pengolahannya yang mudah.
2. Bersifat isolator yang baik terhadap listrik.
3. Ketahanan terhadap air, zat kimia dan korosi baik.

4. Memiliki berat yang rendah/volumenya kecil, sehingga ringan.
5. Berguna untuk bahan komponen khusus karena sifatnya yang elastis dan plastis.
6. Dapat diwarnai.
7. Harga lebih ekonomis/relatif murah.

Selain keunggulan yang dimiliki oleh plastik, plastik juga memiliki kekurangan, yaitu:

1. Ketahanan terhadap panas kurang baik.
2. Kekuatannya rendah.
3. Kekerasan permukaan sangat kurang dibanding logam dan keramik.

Untuk membuat barang-barang plastik agar mempunyai sifat seperti yang diinginkan, maka dalam proses pembuatannya selain bahan baku utama diperlukan juga bahan tambahan atau aditif (bahan yang ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan/propertis dari polimer). Berikut adalah bahan aditif yang biasa digunakan, yaitu:

- Penstabil (Stabillizer)

Stabillizer berfungsi untuk mempertahankan produk plastik dari kerusakan, baik selama proses, dalam penyimpanan maupun plikasi produk.

- UV Stabillizer

UV stabillizer berfungsi mencegah kerusakan produk plastik akibat pengaruh sinar matahari. Hal ini dikarenakan sinar matahari mengandung sinar ultra violet dengan panjang gelombang 3000-4000A yang mampu memecah sebagian besar senyawa kimia terutama senyawa organik.

- Antioksidan

Antioksidan berfungsi mencegah atau mengurangi kerusakan produk plastik karena pengaruh oksidasi yang dapat menyebabkan pemutusan rantai polimer.

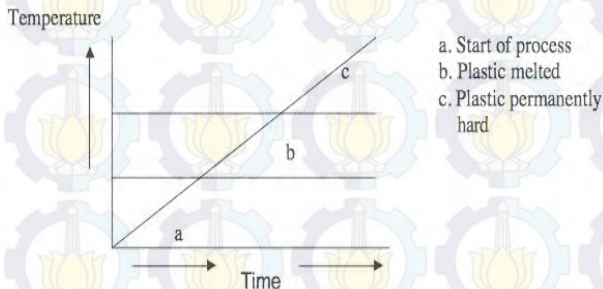
- Pewarna (colorant)

Bahan pewarna berfungsi untuk meningkatkan penampilan dan memperbaiki sifat tertentu dari bahan plastik.

Menurut fungsi dan kegunaannya plastik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. *Thermosetting*

Plastik jenis *thermosetting* merupakan struktur polimer ikat silang (*cross-linked*) kimia. Proses ikatan silang pada jenis ini adalah dengan terbentuknya ikatan antara polimer yang membentuk susunan tiga dimensi sehingga ikatan yang dihasilkan sangat kuat dan tidak meleleh [8]. Karakteristik plastik *thermosetting* antara lain sulit larut dalam solvent, tidak dapat menyatu ketika dipanaskan (*not fusible*), tidak dapat disambung dengan pemanasan atau pengelasan (*not weldable*), memiliki ikatan “*network*” yang rapat, dan mempunyai titik leleh yang relatif tinggi.

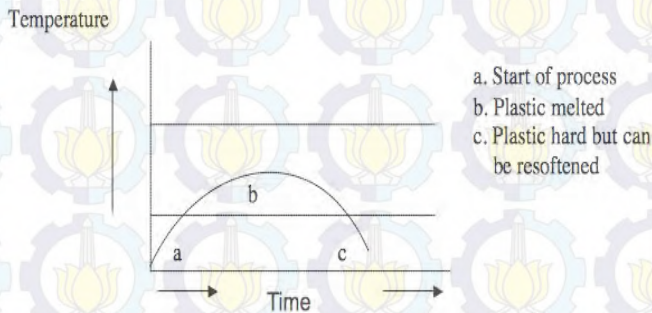


Gambar 2.4 Grafik hubungan temperatur dan waktu untuk plastik *thermosetting* [9].

Plastik jenis ini jika dipanaskan akan melunak dan dapat dibentuk, tapi mengeras secara permanen sehingga tidak dapat di daur ulang dan dibentuk kembali (seperti Polyester, polyamides, epoxies).

2. *Thermoplastic*

Plastik jenis *thermoplastic* memiliki struktur molekul primer semikristalin yang dapat linier atau bercabang, sedangkan struktur sekundernya dapat amorph (bentuk amorph memiliki sifat jernih dan mudah patah) atau semikristalin (bentuk semikristalin memiliki sifat ulet), mudah larut dalam solvent, dapat menyatu jika dipanaskan (*fusible*), dapat dilas (*weldable*), titik lelehnya relatif rendah (mudah meleleh pada pemanasan temperatur tinggi), dan mudah dibentuk ulang dengan perlakuan panas dan tekanan (seperti *polyethylene* (PE), *polyvinyl chloride* (PVC), *polypropylene* (PP), nylon, *polystyrene* (PS), dll).



Gambar 2.5 Grafik hubungan temperatur dan waktu untuk plastik thermoplastic [9].

Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan, plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama

berdasarkan pertimbangan ekonomis dan kegunaannya yaitu plastik komoditi dan plastik teknik :

1. Plastik komoditi memiliki volume yang tinggi dan harga yang murah, tetapi tidak tahan panas. Plastik ini dapat dibandingkan dengan material baja dan aluminium dalam industri logam. Jenis plastik komoditi tersebut sering digunakan dalam bentuk barang yang bersifat pakai buang (disposable) seperti lapisan pengemas, namun terdapat juga pemakaiannya dalam barang-barang yang tahan lama. Plastik komoditi yang utama adalah polietilena, polivinil klorida, polistirena, dan polipropilena.
2. Plastik teknik memiliki volume yang lebih rendah dan harganya lebih mahal dibandingkan jenis plastik komoditi serta memiliki sifat tahan terhadap panas. Plastik ini memiliki sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang lebih baik serta dapat bersaing dengan logam, keramik, dan gelas dalam berbagai aplikasi. Plastik teknik yang utama adalah polyester, polikarbonat, poliamida. Hampir semua plastik-plastik tersebut merupakan plastik thermosetting. Plastik teknik dirancang untuk menggantikan logam dan polimer-polimer yang dapat terurai (*degreable*) serta dapat membantu mengurangi volume sampah plastik yang menyesakakan pemandangan [10].

2.3 Polypropylene

Polypropilena (PP) adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya adalah untuk pengemasan, seperti kantong plastik, gelas plastik, ember dan botol.



Gambar 2.6 Biji Polypropylene [11]

Polimer yang terbuat dari monomer propilena bersifat kasar dan tahan terhadap pelarut kimia, asam dan basa, tahan terhadap suhu tinggi dan tidak mudah retak. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah. Dibandingkan dengan polietilena dengan densitas tinggi atau rendah, polipropilena memiliki kekuatan tekan yang baik serta unggul pada kekuatan tarik. Stabil terhadap suhu tinggi bahan yang terbuat dari PP bila ditekan akan kembali ke bentuk semula, sifat lentur namun kuat.

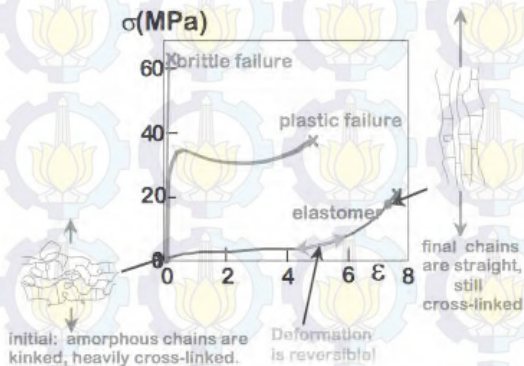
Table 2.2 *Properties of polypropylene*

Sifat fisik	Nilai
Densitas, g/cm^3	0.905
Poisson Rasio	0,42
Modulus young, Mpa	1261
Tensile strength, Mpa	33,095
Titik lebur, $^{\circ}\text{C}$	160

2.4 Viskoelastis

Viskoelastis adalah sifat yang muncul pada material polimer. Sifat ini menunjukkan sifat mekanis yang merupakan gabungan dari sifat viskositas pada cairan dan elastis pada benda padat. Pada bahan viskoelastis ketika

tegangannya dihilangkan, bahan tersebut tidak segera dan tidak dapat langsung kembali ke bentuk semula. Secara umum, perilaku mekanis polimer ditunjukkan oleh grafik tegangan-regangan dalam Gambar 2.7 [13]. Perilaku hubungan tegangan-regangan bahan polimer memiliki sifat viskoelastik (perilaku strain softening dan strain hardening) yang ditentukan oleh struktur ikatan kimianya, laju tegangan-regangan dan perubahan temperatur [12]. Jika deformasi relatif kecil dan perlakuan mekanik terjadi pada temperatur rendah, maka terjadi deformasi elastik. Pada suhu tinggi akan bersifat seperti liquid, sedangkan pada temperatur intermediet maka sifat mekaniknya berada diantara dua keadaan tersebut. Kondisi ini dinamakan viskoelastis. Tegangan dan regangan yang terjadi pada material viskoelastis merupakan suatu fungsi waktu. Beberapa material yang menunjukkan sifat viskoelastis adalah polimer, rubber, dan kayu.



Gambar 2.7 Grafik hubungan tegangan-regangan viskoelastis bahan polimer [13].

2.5 Airbag Packaging

Seringkali dijumpai produk pecah belah maupun produk elektronik yang masih berada dalam kotak penyimpanan yang mudah retak maupun pecah, terutama barang-barang/produk yang berbahan dasar kaca, keramik serta produk elektronik yang

sangat membutuhkan pengamanan lebih agar tidak terjadi kerusakan pada bagian dalam maupun luarnya saat disimpan serta dibawa, untuk itu dibutuhkan sebuah pelindung/kemasan. Kemasan juga dapat mencegah atau mengurangi kerusakan, melindungi bahan yang ada di dalamnya dari pencemaran serta gangguan fisik seperti gesekan, benturan dan getaran [14]. Contoh produk yang seringkali mengalami kerusakan tersebut adalah keperluan rumah tangga (piring, gelas, dll), botol, televisi, komputer, vas, dll.

Selama ini *styrofoam* sering digunakan untuk sebuah penyangga, pelindung serta pengepakan (*packaging*) elektronik dan produk-produk pecah belah karena sifatnya yang ringan, kedap air dan tebal seperti busa. Dari manfaat yang diberikan oleh *styrofoam*, *styrofoam* juga memiliki beberapa kekurangan terutama dampak terhadap lingkungan, karena bahan ini tidak dapat membusuk (*non-biodegradeable*) sehingga timbunan sampah styrofoam akan semakin menumpuk apabila tidak didaur ulang (*recycled*) secara baik dan benar. Selain itu pada aplikasi *packaging*, bahan ini kurang efisien dalam hal penyimpanannya karena memiliki ukuran yang cukup besar dan tidak dapat dilipat (*diperkecil*) sehingga dibutuhkan ruangan penyimpanan yang besar.



Gambar 2.8 Penggunaan styrofoam untuk *packaging* [15].

Hal ini menjadikan adanya inovasi baru pada dunia industri khususnya untuk pengepakan (*packaging*). *Airbag packaging* adalah salah satu contohnya, benda ini digunakan untuk pengepakan suatu produk yang membutuhkan keamanan pada

saat penyimpanan dan pada saat dibawa-bawa. *Airbag packaging* memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

1. Memiliki warna yang transparan.
2. Memiliki berat yang ringan.
3. Dapat dibuat sesuai bentuk benda yang akan dikemas.
4. Penggunaannya mudah, dengan cara meniupkan udara pada airbag packaging.
5. Menghemat tempat karena jika tidak terpakai benda tersebut dapat dikempeskan kemudian disimpan.
6. Meminimalkan ukuran dan berat dari paket keseluruhan untuk biaya pengiriman yang lebih rendah.
7. Ketahanan terhadap air dan korosi baik.



Gambar 2.9 Aplikasi airbag packaging [16]

2.6 Pengujian Mekanik

2.6.1 Uji impact drop weight

Sebuah massa yang jatuh bebas atau benda bergerak yang menabrak sebuah struktur dinamakan beban atau gaya dinamik atau tumbuk (*dynamic impact load and force*). *Drop weight test* adalah cara mudah dan bermanfaat untuk mengevaluasi dampak kekuatan impact dari berbagai material dalam berbagai ukuran dan hasilnya dapat digunakan dalam permodelan matematika dari tumbukan bola.

Prinsip dari alat uji impact drop weight adalah suatu beban (pendulum) dibiarkan jatuh bebas dengan jarak tertentu

sehingga menumbuk spesimen. Dari pengujian ini dapat diketahui kekuatan material untuk menyerap dan menghilangkan energi saat terjadi tumbukan. Pengujian ini didasarkan pada penyerapan energi potensial dari beban yang dijatuhkan secara vertikal dengan ketinggian tertentu hingga spesimen mengalami deformasi. Banyaknya energi yang diserap oleh spesimen hingga terjadi patahan merupakan ukuran ketahanan impact material tersebut.

Untuk mengetahui nilai *impact strength* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_s = \Delta E/A \dots \dots \dots (1)$$

dimana: ΔE = Perubahan energi

A = Luasan efektif

Nilai ΔE dapat diketahui dari rumus sebagai berikut:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

dimana: $E_1 = E_P - E_K$

$$= (m \cdot g \cdot h) + \frac{1}{2} m v^2$$

$$= m g h$$

$E_2 = E_P - E_K$

$$= (m \cdot g \cdot h) + \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2} m v^2$$

2.6.2 Uji tekan (kompresi)

Uji tekan merupakan pengujian yang berkebalikan dengan uji tarik, pada pengujian ini spesimen akan di beri gaya hingga spesimen itu retak ataupun hancur. Data yang didapat berupa perubahan panjang, perubahan luas penampang dan tegangan tekan.

Tegangan tekan berlawanan dengan tegangan tarik. Jika pada tegangan tarik, arah gaya menjauhi ujung benda, maka pada tegangan tekan, arah gaya mendekati benda uji. Dengan kata lain benda tidak ditarik tetapi ditekan (gaya-gaya bekerja di dalam benda). Perubahan bentuk benda yang disebabkan oleh tegangan tekan dinamakan mampatan. Misalnya pada tiang-tiang yang menopang beban, seperti tiang bangunan mengalami tegangan tekan. Kekuatan tekan dapat diperoleh dari percobaan dengan alat pengujian tekan. Ketika dalam pengujian nantinya, spesimen (*airbag packaging*) akan menjadi lebih memanjang.

Dalam perancangan teknik yang sebenarnya sebagian besar kita bertumpu pada tegangan teknik. Pada kenyataannya, tegangan sebenarnya berbeda dengan tegangan teknik. Oleh sebab itu, material akibat beban tekan dapat dihitung dari penjelasan persamaan yang diberikan. Hal ini tentu saja karena perubahan luas penampang (A_0) dan fungsi dari luas penampang $A = \phi(F)$.

Tegangan normal akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: σ = Tegangan normal akibat beban tekan static (N/m²)

F = Beban tekan (N)

A = Luas penampang spesimen (m²).

Untuk menentukan besar energi yang diserap oleh spesimen dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E = F \cdot \Delta L \dots \dots \dots (3)$$

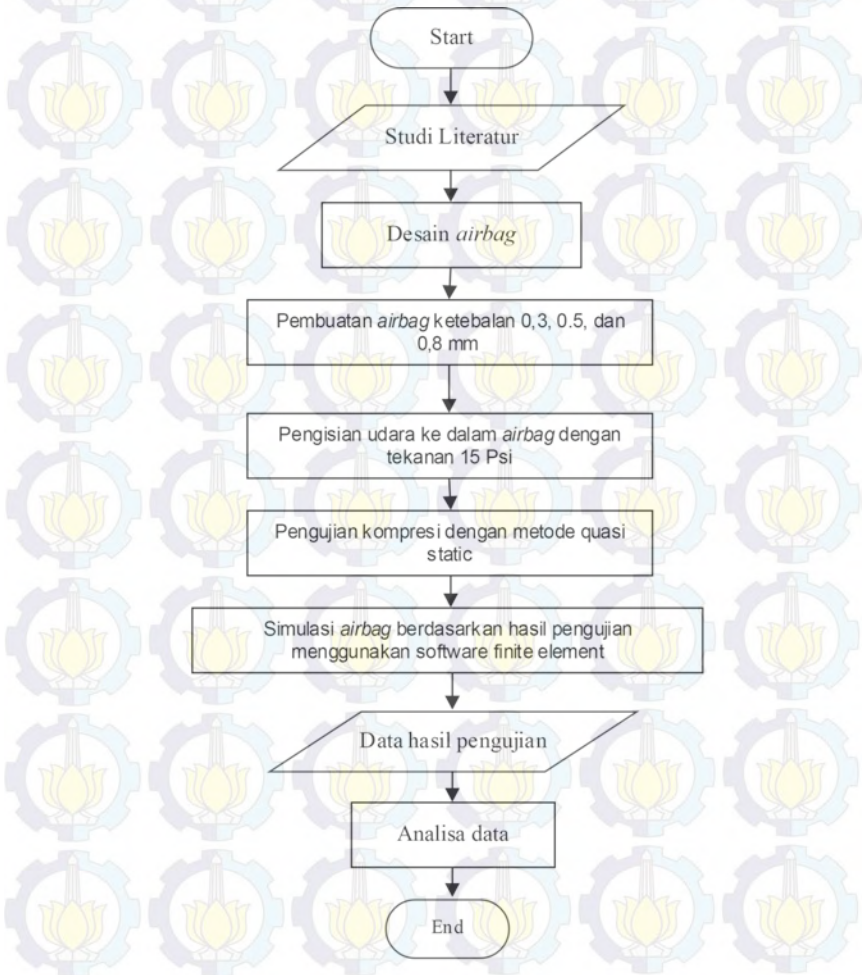
Dimana: E = Energi yang diserap oleh spesimen

F = Beban tekan (N)

ΔL = Perubahan panjang (mm)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart metodologi penelitian.

3.2 Pengujian Eksperimen

3.2.1 Proses pembuatan airbag packaging

Dalam penelitian ini, material yang digunakan untuk membuat *airbag packaging* adalah plastik *polypropylene*, sebagai bahan utama dan mesin pres sebagai alat untuk merekatkan plastik dengan menggunakan pemanasan elektrik.

Tabel 3.1 Properti material

Material	Densitas [g/m ³]	Poisson Rasio	Modulus Young [Mpa]	Tensile Ultimate Strength [Mpa]
<i>Polypropylene</i>	0,905	0,42	1261	33,095



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.2 Peralatan dan bahan, (a) plastik polypropylene, (b) kompresor, (c) mesin pres.

Proses pembuatan airbag packaging sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan dan peralatan yang diperlukan.
2. Mengukur dimensi plastik (panjang= 40 cm, lebar= 30 cm) dan kemudian dipotong.
3. Plastik yang telah dipotong kemudian dipres/direkatkan dengan menggunakan mesin pres (ditekan selama beberapa detik) pada setiap sisi.
4. Langkah 2-3 diulangi kembali untuk variasi ketebalan yang berbeda.
5. Setelah proses pengepresan dan airbag sudah terbentuk, kemudian *airbag* tersebut diisi dengan udara dengan tekanan sebesar 15 Psi.

3.2.2 Pengujian eksperimen

Pengujian tekan pada penelitian ini menggunakan metode pengujian quasi static dengan mengacu pada standar ASTM D695, “Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics”. Mesin yang digunakan adalah mesin SHIMADZU AUTOGRAPH AG-X di laboratorium beton dan bahan bangunan jurusan teknik sipil ITS.

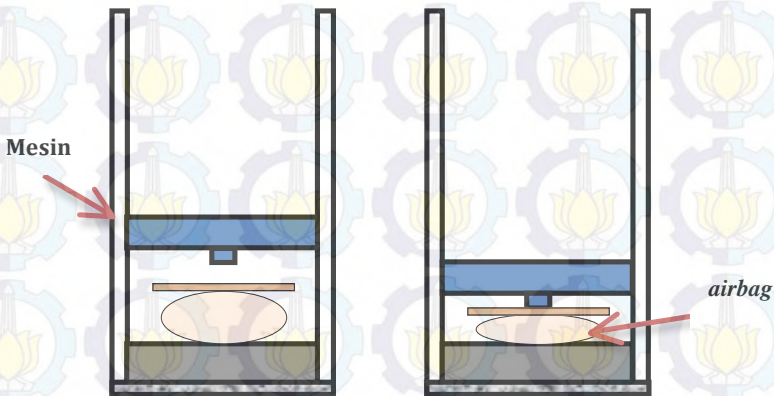


Gambar 3.3 Mesin SHIMADZU AUTOGRAPH AG-X.

Hasil dari pengujian adalah berupa gaya maksimum yang diberikan pada airbag serta energi yang diserap oleh airbag. Uji kompresi dilaksanakan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Menyiapkan spesimen dan memastikan bahwa tidak ada kebocoran udara.
2. Meletakkan spesimen diatas permukaan plat.
3. Input kecepatan pembebanan pada mesin uji sebesar 20 mm/min.
4. Pembebanan pada 20 pecimen hingga meledak.
5. Langkah 2-4 diulangi kembali untuk ketebalan airbag packaging yang berbeda.
6. Data hasil pengujian dilihat pada komputer.

Berikut adalah skema pengujian yang dilakukan:



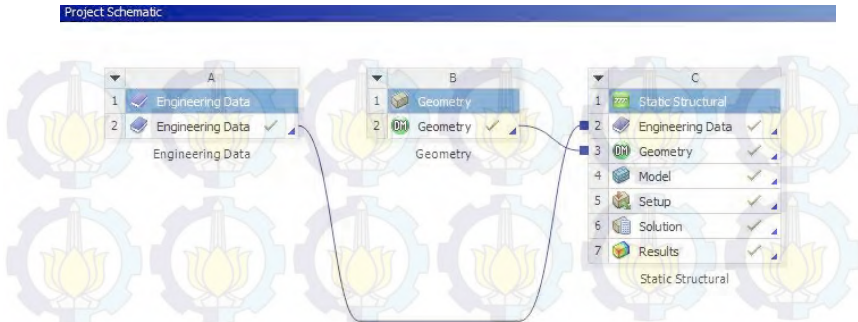
Gambar 3.4 Skema pengujian airbag packaging.

3.3 Simulasi Pengujian

Simulasi pengujian dilakukan dengan menggunakan software finite element yang terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. Proses input data material.

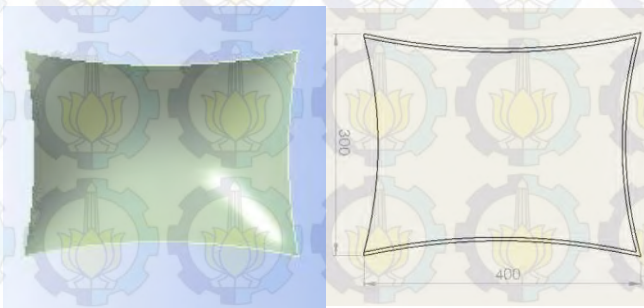
Data properti material dimasukkan ke dalam software finite element pada submenu Engineering Data.



Gambar 3.5 Tampilan submenu pada software finite element.

2. Proses penentuan geometri benda

Geometri benda yang telah di gambar menjadi dua bagian (bagian atas dan bawah) menggunakan software gambar 3D diimport ke dalam software finite element. Pada software finite element bagian airbag sisi atas dan bawah di *assembly* dengan cara di bonded agar kedua sisi menempel dan sesuai dengan keadaan nyata saat plastik di seal.



Gambar 3.6 Gambar 3D airbag packaging.

3. Proses modelling.

Proses ini terdiri dari meshing dan setting kondisi sesuai dengan standar yang diinginkan. Setting kondisi untuk

sistem static structural dilakukan dengan memberikan input tekanan pada airbag.

4. Pemilihan output data yang diinginkan.

Setelah kondisi disesuaikan dengan standar yang diinginkan, dilakukan pemilihan output data yang akan dihasilkan. Untuk simulasi airbag ini dipilih output data berupa tegangan maksimal yang terjadi, energi yang diserap, dan deformasi yang terjadi pada airbag.

5. Proses running.

Setelah menentukan output data yang diinginkan kemudian proses running dilakukan dengan melakukan solve.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Spesifikasi Airbag Packaging

4.1.1 Data spesifikasi airbag packaging pada eksperimen

Tabel 4.1 Data Hasil Eksperimen

No.	Ketebalan (mm)	Max. Force (N)	Max. Disp. (mm)	Max. Time (sec)	Energi (J)
1.	0,3	205,262	32,659	98,04	8,41378
2.	0,5	468,105	68,649	206,01	11,4974
3.	0,8	569,242	63,729	191,25	14,1742

4.1.2 Data spesifikasi airbag packaging pada simulasi

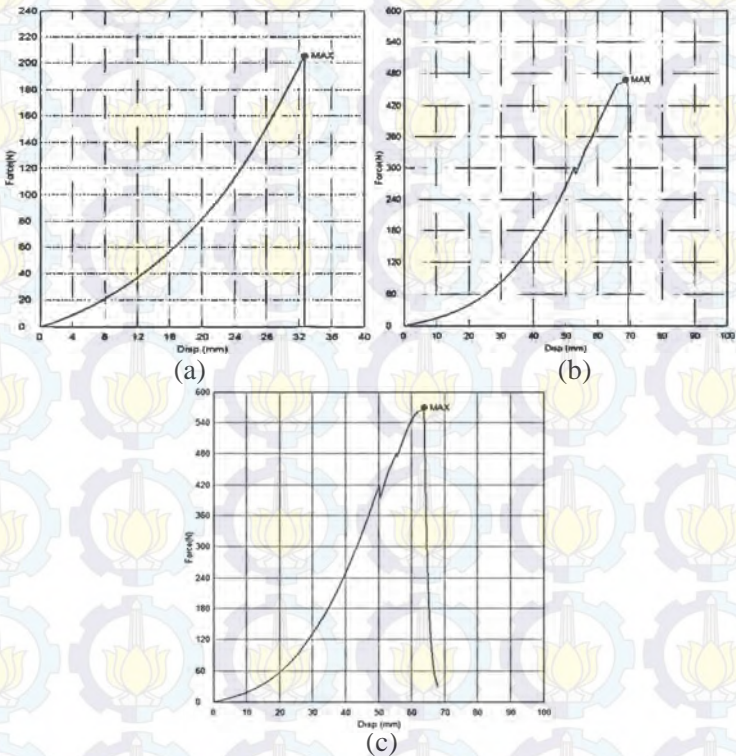
Tabel 4.2 Data Hasil Simulasi

No.	Ketebalan (mm)	Energi (J)	Tegangan Ekuivalen Maksimal (Mpa)	Deformasi Total Maksimal (mm)
1.	0,3	8,3203	37,501	9,6534
2.	0,5	11,778	38,854	16,706
3.	0,8	14,41	39,324	18,793

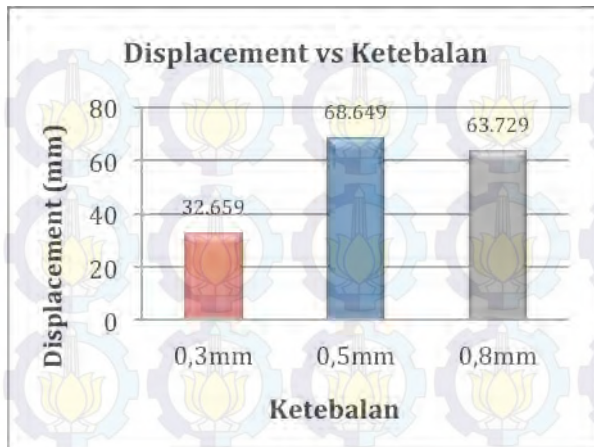
4.2 Analisa Hasil Pengujian Eksperimen pada *Airbag Packaging*

Pengujian tekan dilakukan pada mesin uji tekan di laboratorium beton dan bahan bangunan jurusan teknik sipil ITS dengan input kecepatan sebesar 20mm/min. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.2.1 Analisa grafik perubahan ketinggian



Gambar 4.1 Perubahan pengurangan ketinggian tiap ketebalan, (a) 0,3mm, (b) 0,5mm, (c) 0,8m m saat dikenai beban sampai sesaat sebelum meledak yang di dapat pada komputer saat pengujian.

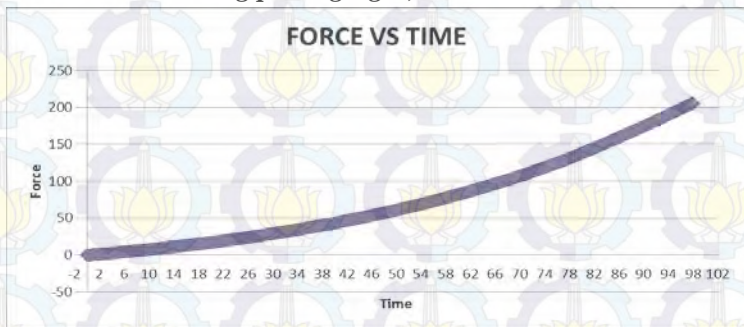


Gambar 4.2 Grafik perbandingan displacement dan ketebalan saat dikenai beban sampai sesaat sebelum meledak.

Pada gambar 4.1 dan 4.2 merupakan grafik perubahan pengurangan ketinggian airbag packaging sesaat sebelum meledak saat pengujian. Tinggi awal airbag yang berisi udara sebesar 16 cm untuk setiap ketebalan, kemudian diberikan pembebanan perlahan sampai kondisi airbag meledak. Perubahan ketinggian tersebut dapat dilihat pada gambar diatas untuk ketebalan 0,3 mm saat kondisi airbag meledak perubahan ketinggiannya sebesar 3,265 cm dengan pembebanan maksimal sebesar 205,262 N, ketebalan 0,5 mm perubahan ketinggiannya sebesar 6,864 cm dengan pembebanan maksimal sebesar 468,105 N, ketebalan 0,8 mm perubahan ketinggiannya sebesar 6,372 cm dengan pembebanan maksimal sebesar 569,242 N. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya ketebalan maka gaya yang dibutuhkan untuk meledakkan airbag juga semakin meningkat, besar perubahan ketinggian sampai pada waktu airbag meledak juga semakin besar.

4.2.2 Analisa perbandingan grafik gaya dan waktu

4.2.2.1 Airbag packaging 0,3mm



Gambar 4.3 Grafik perbandingan gaya dan waktu ketebalan 0,3 mm

Gambar diatas menunjukkan kenaikan gaya pada saat pengujian yang dipantau perdetik pada mesin uji dengan kecepatan kompresi sebesar 20 mm/min. Kenaikan gaya pada airbag ketebalan 0,3 mm memiliki trendline yang konstan sesuai dengan bertambahnya waktu. Gaya yang diberikan terhenti pada detik 98,04 sec, pada saat airbag telah meledak. Gaya maksimal yang diberikan sampai airbag meledak sebesar 205,262 N.

4.2.2.2 Airbag packaging 0,5mm



Gambar 4.4 Grafik perbandingan gaya dan waktu ketebalan 0,5 mm

Gambar 4.4 menunjukkan kenaikan gaya pada saat pengujian yang dipantau perdetik pada mesin uji dengan kecepatan kompresi sebesar 20 mm/min. Kenaikan gaya pada airbag ketebalan 0,5 mm.

Grafik menunjukkan pembebanan dengan kenaikan konstan dari waktu 0 sec sampai waktu 158,2 sec dengan pembebanan sebesar 301,597 N, setelah itu pembebanan mengalami penurunan pada waktu 158,51 sec dengan pembebanan sebesar 301,597 N sampai dengan pada waktu 159,34 sec dengan pembebanan sebesar 288,534 N. Setelah terjadi penurunan, pembebanan meningkat kembali pada waktu 159,34 sec dengan pembebanan 288,534 N sampai dengan pada waktu 206,01 sec dengan pembebanan sebesar 468,105 N dimana kondisi airbag sudah meledak.

4.2.2.3 Airbag packaging 0,8mm

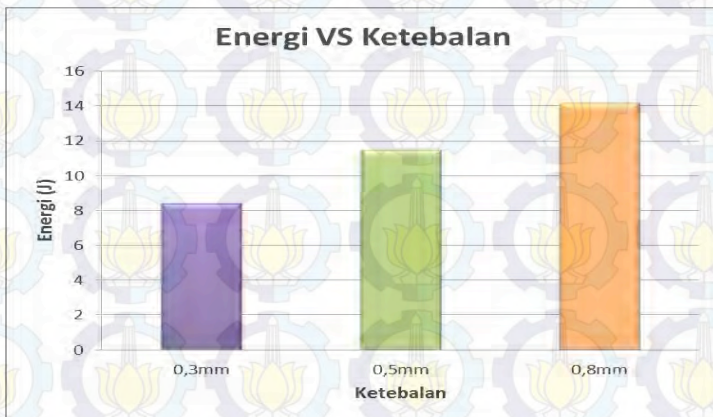


Gambar 4.5 Grafik perbandingan gaya dan waktu ketebalan 0,8 mm.

Gambar diatas menunjukkan tren kenaikan gaya pada saat pengujian yang dipantau perdetik pada mesin uji dengan kecepatan kompresi yang sama dengan ketebalan lainnya yaitu sebesar 20 mm/min. Kenaikan gaya pada airbag ketebalan 0,8 mm dapat dilihat pada gambar 4.5.

Grafik menunjukkan pembebanan dengan kenaikan konstan dari waktu 0 sec sampai dengan waktu 150,11 sec dengan pembebanan sebesar 416,538 N, setelah itu pembebanan mengalami penurunan pada waktu 158,52 sec dengan pembebanan sebesar 416,522 N sampai dengan pada waktu 150,28 sec dengan pembebanan sebesar 414,525 N. Setelah terjadi penurunan, pembebanan meningkat kembali pada waktu 150,29 sec dengan pembebanan 414,538 N sampai dengan pada waktu 191,25 sec dengan pembebanan sebesar 569,242 N dimana kondisi airbag sudah meledak.

4.2.3 Analisa perbandingan energi dan ketebalan



Gambar 4.6 Grafik perbandingan energi dan ketebalan.

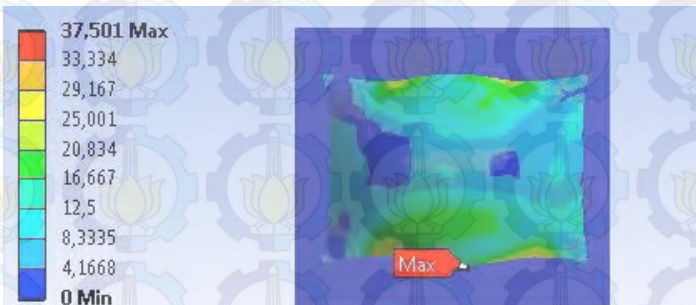
Pada grafik hasil eksperimen diatas ditunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya ketebalan airbag, energi yang dapat di serap oleh airbag akan semakin meningkat dan sampai akhirnya material meledak karena tidak mampu menyerap energi lagi. Airbag dengan ketebalan 0,3 mm mampu menyerap energi maksimal sebesar 8,413 joule, pada airbag dengan ketebalan 0,5 mm menyerap energi maksimal sebesar 8,413 joule dan untuk

airbag dengan ketebalan 0,8 mm mampu menyerap energi maksimal sebesar 8,413 joule.

4.3 Analisa Hasil Simulasi

4.3.1 Analisa gambar tegangan ekuivalen

4.3.1.1 Airbag packaging 0,3mm

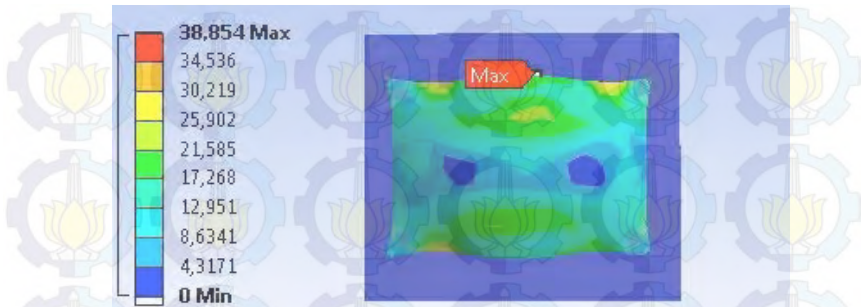


Gambar 4.7 Hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen pada ketebalan 0,3 mm.

Dari hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4.7 bahwa persebaran nilai tegangan pada airbag terjadi pada seluruh bagian airbag. Nilai tegangan maksimal untuk airbag dengan ketebalan 0,3 mm sebesar 37,501 Mpa. Tegangan maksimal terjadi pada waktu 98,04 sec.

Tegangan maksimal yang terjadi berada di bagian tepi plastik yang di bonded pada saat *assembly*. Hal ini sama dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, dimana kerusakan airbag pada saat meledak awalnya terjadi di bagian tepi plastik yang telah di rekatkan.

4.3.1.2 Airbag packaging 0,5mm

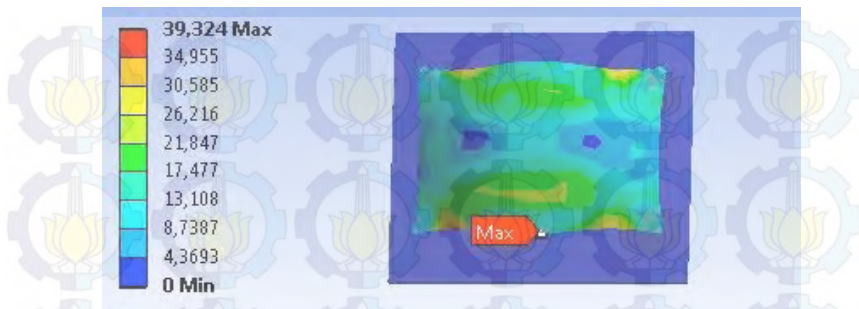


Gambar 4.8 Hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen pada ketebalan 0,5mm.

Dari hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4.8 bahwa persebaran nilai tegangan pada airbag terjadi pada seluruh bagian airbag. Nilai tegangan maksimal untuk airbag dengan ketebalan 0,5 mm sebesar 38,854 Mpa. Tegangan maksimal terjadi pada waktu 206,01 sec.

Tegangan maksimal yang terjadi berada di bagian tepi plastik yang di bonded pada saat *assembly*. Hal ini sama dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, dimana kerusakan airbag pada saat meledak awalnya terjadi di bagian tepi plastik yang telah di rekatkan.

4.3.1.3 Airbag packaging 0,8 mm



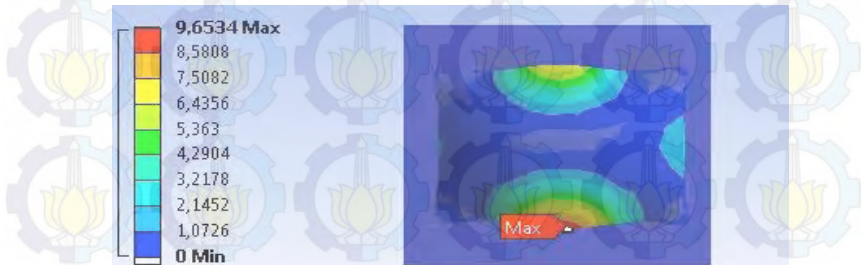
Gambar 4.9 Hasil simulasi nilai tegangan ekuivalen pada ketebalan 0,8mm.

Dari hasil simulasi dapat dilihat pada gambar di atas bahwa persebaran nilai tegangan pada airbag terjadi pada seluruh bagian airbag. Nilai tegangan maksimal untuk airbag dengan ketebalan 0,8 mm sebesar 39,324 Mpa. Tegangan maksimal terjadi pada waktu 191,25 sec.

Tegangan maksimal yang terjadi berada di bagian tepi plastik yang di bonded pada saat *assembly*. Hal ini sama dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, dimana kerusakan airbag pada saat meledak awalnya terjadi di bagian tepi plastik yang telah di rekatkan.

4.3.2 Analisa gambar deformasi total

4.3.2.1 Airbag packaging 0,3mm



Gambar 4.10 Hasil simulasi nilai deformasi total pada ketebalan 0,3mm.

Dari hasil simulasi diketahui bahwa deformasi terjadi pada hampir semua bagian bumper. Deformasi maksimal yang terjadi berada pada kedua sisi bagian di tepi airbag yang di bonded dan daerah disekitarnya juga mengalami deformasi namun lebih kecil.

Nilai deformasi maksimal untuk airbag dengan ketebalan 0,3 mm adalah 9,6534 mm. Deformasi maksimal terjadi ditunjukkan dengan warna merah seperti pada gambar 4.10.

4.3.2.2 Airbag packaging 0,5mm

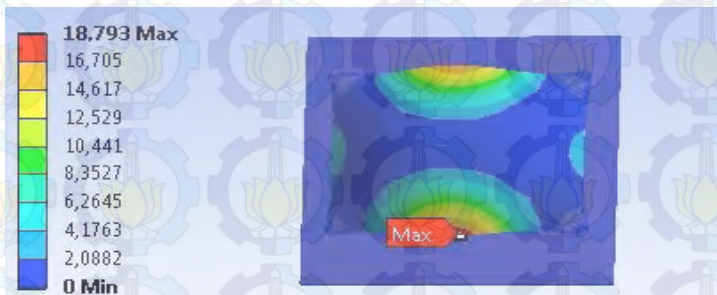


Gambar 4.11 Hasil simulasi nilai deformasi total pada ketebalan 0,5mm.

Dari hasil simulasi diketahui bahwa deformasi terjadi pada hampir semua bagian bumper. Deformasi maksimal yang terjadi berada pada kedua sisi bagian di tepi airbag yang di bonded dan daerah disekitarnya juga mengalami deformasi namun lebih kecil.

Nilai deformasi maksimal untuk airbag dengan ketebalan 0,5 mm adalah 16,706 mm. Deformasi maksimal terjadi ditunjukkan dengan warna merah seperti pada gambar 4.11.

4.3.2.3 Airbag packaging 0,8mm



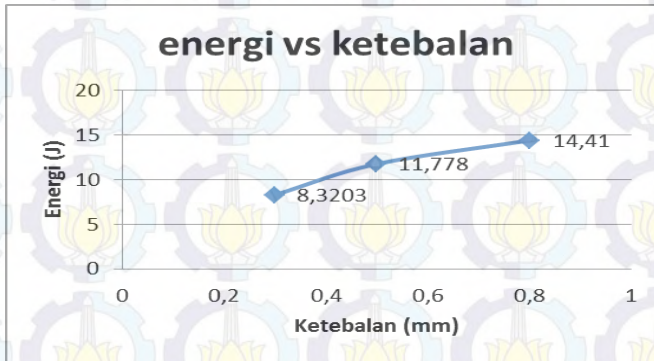
Gambar 4.12 Hasil simulasi nilai deformasi total pada ketebalan 0,8mm.

Dari hasil simulasi diketahui bahwa deformasi terjadi pada hampir semua bagian bumper. Deformasi maksimal yang terjadi berada pada kedua sisi bagian di tepi airbag yang di bonded dan daerah disekitarnya juga mengalami deformasi namun lebih kecil.

Nilai deformasi maksimal untuk airbag dengan ketebalan 0,8 mm adalah 18,793 mm. Deformasi maksimal terjadi pada ditunjukkan dengan warna merah seperti pada gambar 4.12.

4.3.3 Analisa data hasil simulasi

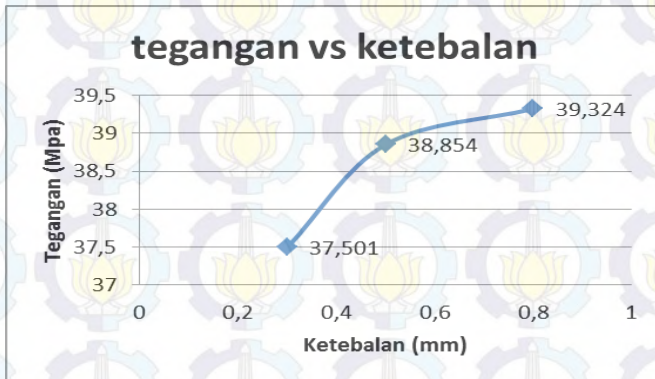
4.3.3.1 Analisa grafik perbandingan energi dan ketebalan



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan energi dan ketebalan.

Dari gambar 4.13 dapat diketahui nilai energi yang diserap dari hasil simulasi bahwa dengan meningkatnya ketebalan, energi yang mampu diserap oleh airbag juga akan mengalami peningkatan. Pada airbag dengan ketebalan 0,3 mm energi maksimal yang mampu diserap sebesar 8,3203 J, ketebalan 0,5 mm energi maksimal yang mampu diserap sebesar 11,778 J dan airbag dengan ketebalan 0,8 mm energi maksimal yang mampu diserap sebesar 14,41 J.

4.3.3.2 Analisa grafik perbandingan tegangan dan ketebalan



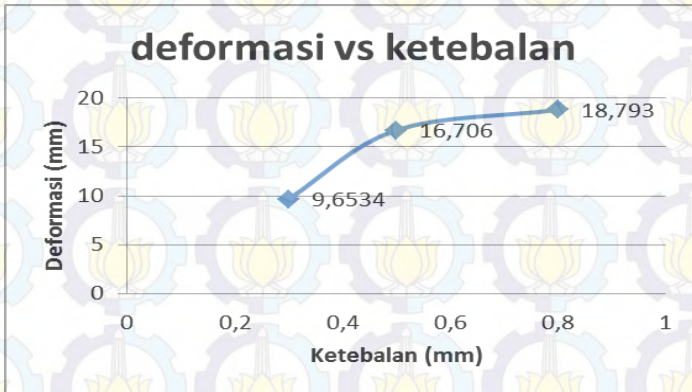
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan tegangan dan ketebalan.

Airbag akan menerima tegangan dari luar akibat pembebanan yang di berikan. Beban akan terdistribusi ke luasan airbag. Apabila tegangan maksimal yang didapatkan dari simulasi memiliki nilai yang lebih rendah dari tegangan tekan maksimal material maka material aman digunakan. Namun pada simulasi yang dilakukan nilai tegangan yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih besar dari nilai propertis materialnya karena simulasi pada airbag ini dilakukan untuk mengetahui keadaan airbag pada saat mengalami kerusakan sehingga dapat diketahui energi maksimal yang dapat di serap oleh airbag tersebut.

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa nilai tegangan ekuivalen untuk ketebalan 0,8 mm lebih tinggi jika dibandingkan dengan airbag dengan ketebalan 0,3 mm dan 0,5 mm. Hal ini sesuai dengan rumus 2 dimana gaya yang diberikan pada setiap ketebalan, semakin tebal material gaya tekan yang diterima juga semakin besar sehingga tegangan yang diterima juga akan semakin tinggi. Airbag dengan ketebalan 0,3 mm memiliki nilai tegangan sebesar 37,501 Mpa, ketebalan 0,5 mm memiliki

tegangan sebesar 38,854 Mpa dan airbag dengan ketebalan 0,8 mm nilai tegangannya sebesar 39,324 Mpa.

4.3.3.3 Analisa grafik perbandingan deformasi dan ketebalan



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan deformasi dan ketebalan.

Airbag akan mengalami deformasi apabila menerima tegangan. Deformasi yang terjadi bervariasi untuk ketebalan airbag yang berbeda. Deformasi yang paling besar adalah deformasi dengan ketebalan paling tinggi, yaitu 0,8 mm diikuti dengan airbag ketebalan 0,5 mm dan deformasi yang paling rendah adalah airbag dengan ketebalan 0,3 mm. Kenaikan nilai deformasi disebabkan oleh gaya yang diberikan untuk setiap ketebalan semakin besar.

Nilai deformasi untuk airbag dengan ketebalan 0,3 mm sebesar 9,6534 mm, untuk ketebalan 0,5 mm sebesar 16,706 mm dan airbag dengan ketebalan 0,8 mm nilai deformasinya sebesar 18,793 mm. Dari hasil yang telah di dapatkan dari simulasi ini, dapat disimpulkan bahwa semakin meningkatnya ketebalan dan gaya yang diterima, maka nilai deformasi yang terjadi akan semakin meningkat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yang berjudul Studi Kemampuan Polypropylene Dalam Menyerap Energi Impact Pada Aplikasi Airbag Packaging, yaitu:

1. Kemampuan material *airbag packaging* dalam menyerap energi pada saat eksperimen untuk masing masing ketebalan berurutan mulai dari 0,3 mm, 0,5 mm dan 0,8 mm adalah : 8,41378 J, 11,4974 J dan 14,1742 J.
2. Kemampuan material *airbag packaging* dalam menyerap energi pada saat simulasi untuk masing masing ketebalan berurutan mulai dari 0,3 mm, 0,5 mm dan 0,8 mm adalah : 8,3203 J, 11,778 J dan 14,41 J.
3. Dari hasil pengujian dan simulasi besar nilai energi yang di serap tidak jauh berbeda. Pada ketebalan 0,3 mm perbedaannya 0,011%, ketebalan 0,5 mm 0,023% dan ketebalan 0,8 mm sebesar 0,016%, perbedaan hasil tersebut disebabkan oleh faktor *meshing* pada simulasi.
4. Nilai tegangan pada *airbag packaging* mengalami peningkatan dengan adanya peningkatan ketebalan *airbag*. Nilai tegangan yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih besar dari nilai propertis materialn karena simulasi pada *airbag* ini dilakukan untuk mengetahui keadaan *airbag* pada saat mengalami kerusakan
5. Nilai deformasi *airbag packaging* berdasarkan ketebalan berturut turut dari ketebalan 0,3 mm, 0,5 mm dan 0,8 mm 9,6534 mm, 16,706 mm dan 18,793 mm dengan nilai paling rendah untuk ketebalan 0,3 mm dan nilai paling tinggi untuk ketebalan 0,8 mm karena gaya yang diterima untuk setiap ketebalan semakin besar.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna kebaikan dan kelanjutan penelitian berikutnya yaitu:

1. Dilakukan pengujian lainnya seperti uji mekanik impact drop weight guna mendekati keadaan yang sesungguhnya.
2. Analisa lebih lanjut untul seal pada *airbag*.
3. Dimasukkannya parameter-parameter desain dalam simulasi guna mendekati keadaan yang sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hyer, M.W. 1998. Stress Analysis of Fiber-Reinforced Composite Materials. WCB/McGraw-Hill.
- [2] Jung dan Aref. 2003. A Combined Honeycomb and Solid Viscoelastic Material for Structural Damping Applications. Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, State University of New York at Buffalo, 235, Ketter Hall, 14260-4300 Buffalo, NY, USA.
- [3] Gunawan, F.E. 2012. Numerical Modelling And Experimental Verification for Airbag for Packaging Material Application. International Journal of Mechanical and Materials Engineering (ISSN 1823-0334) Indexed by Scopus Vol: 7 No :1.
- [4] Pebriyanto, Risqi. 2013. Pengujian Impak Menggunakan Alat Uji Impak Drop-Weight Dengan Sensor Strain Gage Untuk Bahan Komposit Resin Dan Bubble Glass Berpenguat Serat Fiber.
- [5] Malcolm, P.S., 2001. Polymer Chemistry : An Introduction, diindonesiakan oleh Lis Sopyan, cetakan pertama, PT Pradnya Paramita : Jakarta
- [6] Surdia,T., Shinroku S. 1995.Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita
- [7] Callister, Jr.William.D. 2007.Material Sciene And Engineering An Introduction.United State of America.Quebeecor Versailles.
- [8] Billmeyer.1971.Textbook Of Polymer Science.John Wiley & Sons, Inc: New York, United States of America.
- [9] Mujiarto, Imam. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi Vol.3 No.2.
- [10] Stevens, E.S. 2001. Green Plastics : An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics. Princeton University Press, Princeton.
- [11] <https://www.google.co.id/search?q=biji+polypropylene> (diakses tanggal 26 Februari 2015)

- [12] Courtney, T.H. 2000. Mechanical Behaviour of Materials. ed.2, Materials science/Mettalurgy Series, pen.McGraw Hill, Singapore.
- [13] Van Melick, H.G.H. 2002. Deformation and Failure of Polymer Glasses, laporan thesis, Univ. Eindhoven, pp 5-7, ISBN.90-386-2923-0, Netherland.
- [14] Triyanto E., B.W.H.E. Prasetyono, dan S. Mukodiningsih. 2013. Pengaruh Bahan Pengemas dan Lama Simpan terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Wafer Pakan komplit Berbasis limbah Agroindustri. *Animal Agriculture Journal*, 2. (1) : 400- 409.
- [15] <https://encenter.org/blog/2013/12/24/holiday-gift-packaging-got-you-down/> (diakses 26 Februari 2015)
- [16] <http://www.uniqbag.com/home/>. (diakses 26 Februari 2015)
- [17] Ebert, M. dkk. 1911. *Chen 424–kimia polymer sintetik*. Polymer preprintis.
- [18] Gunawan dkk. 2010. Development of a Dropped Weight Impact Testing Machine. *International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS* Vol: 11 No: 06.
- [19] Mukhopadhyay, S & Srikanta, R. 2008. Effect of Ageing Of Sisal Fibers on Properties of-Sisal Polypropylene Composites. *Journal Polymer Degredation and Stability*. Universitas Putra Malaysia.
- [20] Pudjiastuti dkk. 2012. Polimer Nano Komposit sebagai Master Batch Polimer Biodegradable untuk Kemasan Makanan. *Jurnal Riset Industri* Vol. VI No. 1, Hal. 51-60. Balai Besar Kimia Dan Kemasan, Kementerian Perindustrian.
- [18] Rihayat dan Suryani. 2012. Pembuatan Polimer Komposit Ramah Lingkungan untuk Aplikasi Industri Otomotif dan Elektronik. *Prosiding SNapp: Sains, Teknologi, Dan Kesehatan*.



Penulis yang memiliki nama singkat Rifqoh dilahirkan di kota suci Makkah, pada tanggal 4 Oktober 1993. Anak kedua dari empat bersaudara. Penulis mengawali pendidikan formal di TK dan SD TA'MIRIYAH (1997-2005) kota Surabaya, Mts. ASSA'ADAH (2005-2008) kota Gresik dan MA. Amanatul Ummah (2008-2010) di kota Pacet. Setelah menyelesaikan pendidikan SMA, takdir membawa penulis untuk melanjutkan pendidikan sarjana di Teknik Mesin-FTI ITS pada tahun 2010.

Semasa perkuliahan penulis memilih untuk mengikuti dan bergabung menjadi keluarga Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin (LBMM) sebagai kegiatan non-akademik yang ada di Jurusan. Banyak sekali pembelajaran dan pengalaman yang di dapat selama berada di Teknik Mesin. Cita-cita terbesar penulis adalah dapat membahagiakan dan membanggakan orang tua serta dapat bermanfaat bagi lingkungan sekitarnya.