

**MODEL KONSTITUTIF *FINITE ELEMENT ANALYSIS* UNTUK  
MATERIAL *EVA RUBBER FOAM***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Teknik Industri**



**MARIA MUTIARA ANDHARI**

**13 06 07400**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

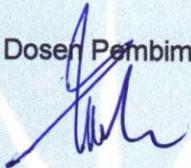
Tugas Akhir berjudul  
**MODEL KONSTITUTIF *FINITE ELEMENT ANALYSIS* UNTUK  
MATERIAL *EVA RUBBER FOAM***

yang disusun oleh  
**Maria Mutiara Andhari**

13 06 07400

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 18 Juli 2017

Dosen Pembimbing 1,

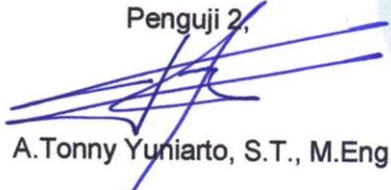
  
Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

Tim Penguji,

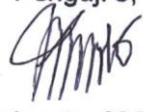
Penguji 1,

  
Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

Penguji 2,

  
A. Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng.

Penguji 3,

  
Ir. B. Kristyanto, M.Eng., Ph.D

Yogyakarta, 18 Juli 2017

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,

  
FAKULTAS  
TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. A. Teguh Siswanto

## PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maria Mutiara Andhari

NPM : 13 06 07400

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "Model Konstitutif *Finite Element Analysis* untuk Material *EVA Rubber Foam*" merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2016/2017 yang bersifat original dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku termasuk untuk dicabut gelar Sarjana yang telah diberikan Universitas Atma Jaya Yogyakarta kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 18 Juli 2017

Yang menyatakan



Maria Mutiara Andhari

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena berkat-Nya yang tak berkesudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana Teknik Industri pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc selaku dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak V. Ariyono, S.T, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan memberi petunjuk dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dari awal hingga akhir.
4. Bapak Baju Bawono, ST., MT. dan Bapak P Wisnu Anggoro, MT. selaku dosen pembimbing informal penulis yang sudah membantu proses penuangan berfikir untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Aloysius Rahadianto Pradono, Benigna Maria Hita Dewi, Margaretha Srikandini Widhaningrum, Yohana Tisanie Permata selaku orang tua, kakak dan adik yang memberikan nasihat, dukungan berupa doa, semangat dan materi dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir.
6. Elisabeth Kumala Dewi dan Yohanes Naldo Christian sebagai keluarga yang selalu memberi penghiburan dan semangat
7. Keluarga besar Laboratorium Pengetahuan Bahan yaitu Mbak Yuli, Arum, Cepe, Adit, Dira, Andre, Ferry, Tya yang memberi dukungan berupa semangat dan motivasi
8. Sr. Mariati dan Sr. Fernanda selaku suster pembimbing Asrama Syantikara yang memberi motivasi dan doanya untuk penulisan Tugas Akhir.
9. Mitra Kerasulan Asrama Syantikara yang mendukung secara jasmani maupun rohani
10. Arum, Cendy, dan Joko selaku rekan tim *insole* sepatu *orthotic*, yang telah menemani dan banyak memberi bantuan selama penulisan Tugas Akhir.

11. Teman – teman Asrama Syantikara, Isye, Amek, There, Dera, Resthi, Sisil, Berli, Eci, Tina, Iin, Dyas, Kak Ita, Rebana, Sintya, Rici, Beata, Rika yang selalu memberi semangat, motivasi dan hiburan.
12. Jessica, Adit, Silvi, Nindya, Ein, Reno yang memberi semangat dan motivasi
13. Teman – teman angkatan 2013 Teknik Industri UAJY yang memberi semangat selama penulisan Tugas Akhir.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, oleh karena ini kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat diharapkan. Penulis berharap penulisan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi dunia industri dan juga bagi pembaca pada umumnya.

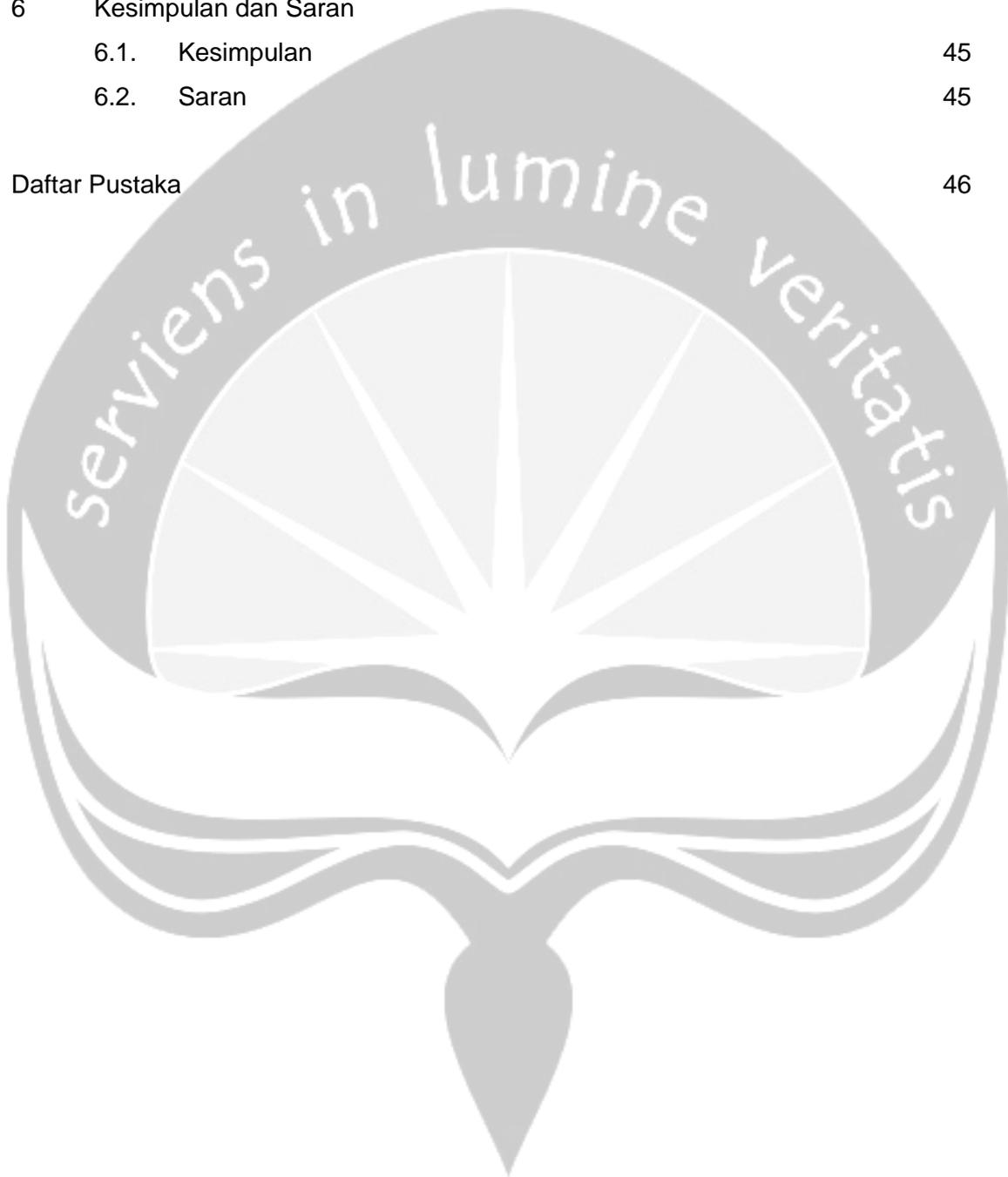
Yogyakarta, 18 Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

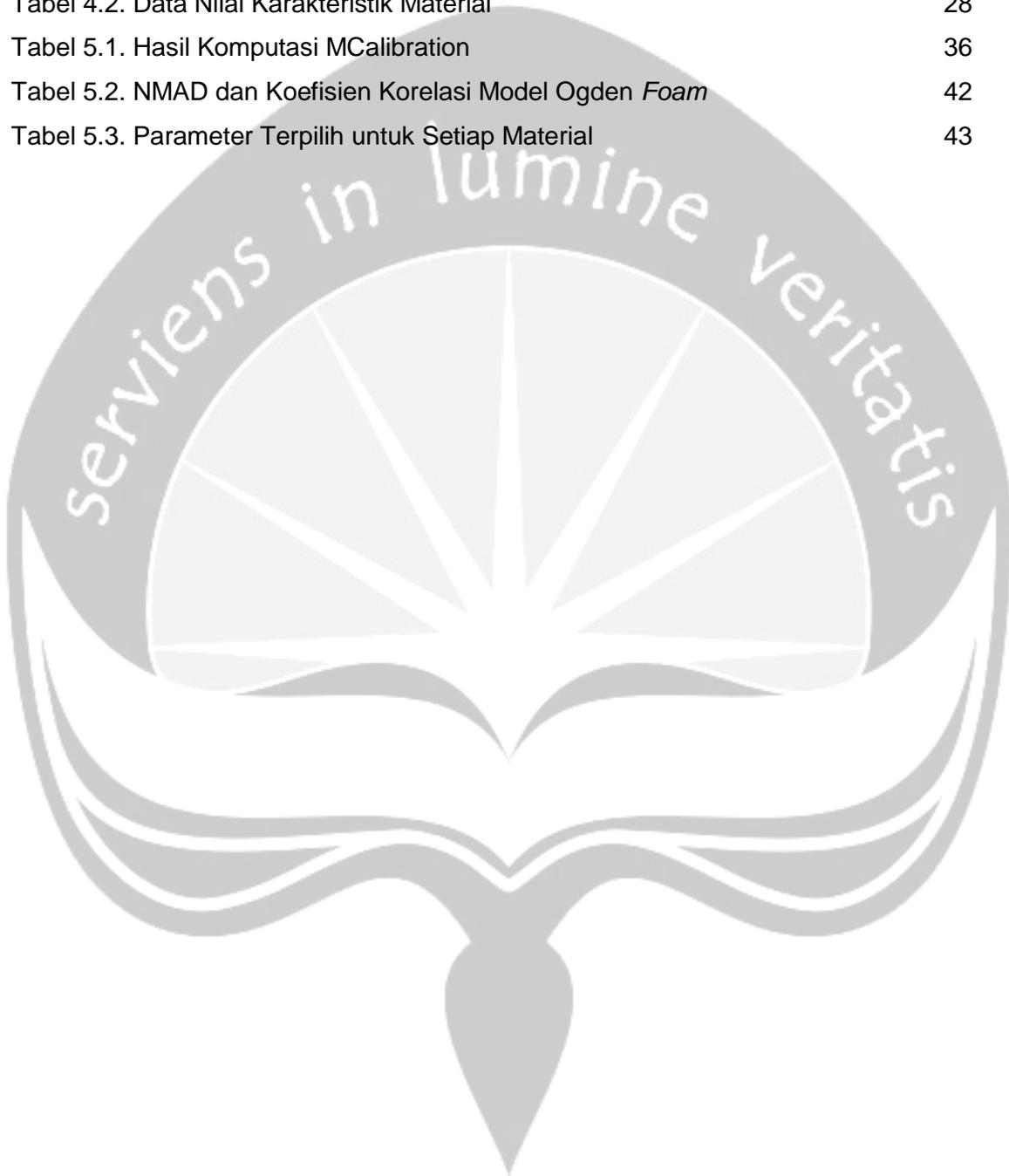
BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	iii
	Kata Pengantar	iv
	Daftar isi	vi
	Daftar Tabel	viii
	Daftar Gambar	ix
	Intisari	xi
1	Pendahuluan	
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	2
	1.3. Tujuan Penelitian	2
	1.4. Batasan Masalah	2
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	
	2.1. Tinjauan Pustaka	3
	2.2. Dasar Teori	8
3	Metodologi Penelitian	
	3.1. Alat dan Bahan Penelitian	21
	3.2. Metodologi Penelitian	23
4	Data	
	4.1. Data Hasil Pengujian Tarik	27

5	Analisis dan Pembahasan	
	5.1. Analisis Data	29
	5.2. Pembahasan	40
6	Kesimpulan dan Saran	
	6.1. Kesimpulan	45
	6.2. Saran	45
	Daftar Pustaka	46



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jumlah Parameter Berdasarkan Kurva Tegangan Regangan	17
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tarik	27
Tabel 4.2. Data Nilai Karakteristik Material	28
Tabel 5.1. Hasil Komputasi MCalibration	36
Tabel 5.2. NMAD dan Koefisien Korelasi Model Ogden <i>Foam</i>	42
Tabel 5.3. Parameter Terpilih untuk Setiap Material	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbandingan Kurva Tegangan Regangan untuk Material <i>Thermoplastic</i> dan Elastomer	8
Gambar 2.2. Bentuk Dasar Struktur Macromolecular	9
Gambar 2.3. Struktural Karet <i>Styrene-Butadiene</i>	11
Gambar 2.4. Struktural Karet <i>Butadiene</i>	12
Gambar 2.5. Hubungan Antara Kadar <i>Acrylonitrile</i> dengan <i>Glass Transition Temperature</i>	13
Gambar 2.6. Struktural Karet NBR	13
Gambar 2.7. Struktural Karet <i>Ethylene-Propylene</i>	13
Gambar 2.8. Tegangan Regangan Material	15
Gambar 2.9. Arah Deformasi	19
Gambar 2.10. Susunan Potongan Spesimen dari Lembaran	20
Gambar 3.1. Spesifikasi Komputer yang Dipasang <i>Software</i> MCalibration	22
Gambar 3.2. Spesimen A	22
Gambar 3.3. Spesimen E	23
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	26
Gambar 5.1. Membuka Program MCalibration 4.2.0	29
Gambar 5.2. Mengklik <i>Load Data File</i> di <i>Toolbar</i> Bagian Atas	30
Gambar 5.3. Memilih Data yang Akan Diunggah	30
Gambar 5.4. Mengatur Sebagai <i>True Strain</i> dan <i>True Stress</i>	31
Gambar 5.5. Mengklik <i>Create Load Case</i> Pada <i>Toolbar</i>	31
Gambar 5.6. Menentukan Sumbu X dan Sumbu Y Pada Grafik	32
Gambar 5.7. Mengklik <i>Set Material Model</i> untuk Menentukan Analisis yang Digunakan	32
Gambar 5.8. Memilih Model <i>Hyperfoam</i> Pada <i>Set Material Model</i>	33
Gambar 5.9. Memberi Tanda Centang Pada Semua Parameter untuk Dilakukan Optimisasi	33
Gambar 5.10. Mengklik <i>Run Calibration</i> untuk Melakukan Kalibrasi	34
Gambar 5.11. Proses Kalibrasi Sedang Berlangsung	34
Gambar 5.12. Hasil Grafik, <i>Error</i> , Koefisien Korelasi yang Dihasilkan Oleh	

Mcalibration	35
Gambar 5.13. Mengklik <i>Save MCal File</i> untuk Menyimpan Hasil Kalibrasi	35
Gambar 5.14. Menyimpan Grafik Hasil Kalibrasi Mcalibration	36
Gambar 5.15. Hasil Grafik <i>Curve Fitting</i> MCalibration Material A1 dengan Model <i>Hyperfoam</i>	37
Gambar 5.16. Hasil Grafik <i>Curve Fitting</i> MCalibration Material A2 dengan Model <i>Hyperfoam</i>	37
Gambar 5.17. Hasil Grafik <i>Curve Fitting</i> MCalibration Material A3 dengan Model <i>Hyperfoam</i>	38
Gambar 5.18. Hasil Grafik <i>Curve Fitting</i> MCalibration Material E1 dengan Model <i>Hyperfoam</i>	38
Gambar 5.19. Hasil Grafik <i>Curve Fitting</i> MCalibration Material E2 dengan Model <i>Hyperfoam</i>	39
Gambar 5.20. Hasil Grafik <i>Curve Fitting</i> MCalibration Material E3 dengan Model <i>Hyperfoam</i>	39
Gambar 5.21. Hasil <i>Displacement</i> Material A pada <i>Insole</i> Sepatu <i>Orthosis</i> di Software ABAQUS	43
Gambar 5.22. Hasil <i>Displacement</i> Material A pada <i>Insole</i> Sepatu <i>Orthosis</i> di Software ABAQUS	44

## INTISARI

Penelitian mengenai model konstitutif *finite element analysis (FEA)* dilakukan dengan menggunakan material *EVA Rubber Foam*. Dalam penelitian ini *EVA rubber foam* yang digunakan ada dua macam yaitu material A dengan densitas  $0,08 \text{ g/cm}^3$ , kekerasan 24,6, regangan maksimum 120%, modulus elastisitas 1.04 MPa dan material E dengan densitas  $0,18 \text{ g/cm}^3$ , kekerasan 42,3, regangan maksimum 125%, modulus elastisitas 1,53 MPa. *Software* yang digunakan untuk analisis data adalah MCalibration. *Software* tersebut merupakan *software* yang dapat mengkalkulasi parameter dari berbagai macam model yang dimiliki oleh beberapa *software FEA*. Model yang dipilih untuk analisis data adalah model yang memiliki kesesuaian dengan sifat material. *EVA Rubber Foam* memiliki sifat *hyperelastic* dan *compressible* sehingga model yang digunakan untuk penelitian ini adalah model *ogden foam*. Pemilihan parameter terbaik dilihat dari nilai *error* dan koefisien korelasi antara data eksperimen dan data teoritis. Parameter material A yang menunjukkan modulus geser diwakili oleh  $\mu_1$  0,998621,  $\mu_2$  -0,384393, sedangkan parameter yang menunjukkan sifat *hardening/softening* diwakili oleh  $\alpha_1$  0,990498,  $\alpha_2$  1,10115, dan parameter yang menunjukkan sifat kompresibilitasnya diwakili oleh  $\beta_1$  0,180894,  $\beta_2$  0,2037. Parameter material E yang menunjukkan modulus geser diwakili oleh  $\mu_1$  0,876401,  $\mu_2$  0,828824, sedangkan parameter yang menunjukkan sifat *hardening/softening* diwakili oleh  $\alpha_1$  -0,781638,  $\alpha_2$  0,244637, dan parameter yang menunjukkan kompresibilitasnya diwakili oleh  $\beta_1$  0,184396,  $\beta_2$  0,171569.

Kata Kunci : model konstitutif, *finite element analysis*, MCalibration, *EVA rubber foam*, model *ogden foam*.