

**Analisis Finite Elemen pada material *EVA Rubber DuaLayer*
pada Aplikasi Insole Sepatu Orthotic**

TUGAS AKHIR

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



Fransiskus Andre Cahya Gunawan

11 06 06423

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

2016

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul

**ANALISIS FINITE ELEMEN PADA MATERIAL EVA RUBBER DUA LAYER
PADA APLIKASI INSOLE SEPATU ORTHOTIC**

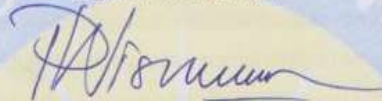
yang disusun oleh

Fransiskus Andre Cahya Gunawan

11 06 06423

Dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 12 Januari 2016

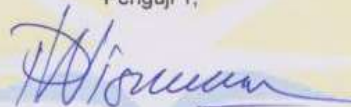
Dosen Pembimbing 1,



Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T

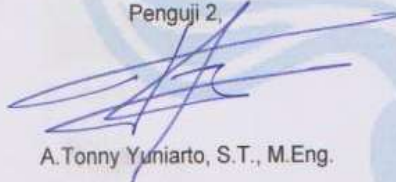
Tim Penguji,

Penguji 1,



Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T

Penguji 2,



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

Penguji 3,



Baju Bawono, S.T., M.T.

Yogyakarta, 12 Januari 2016

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,



Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : F. Andre Cahya G

NPM : 11 06 06423

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "Analisis Finite Elemen pada material *EVA Rubber Dua Layer pada Aplikasi Insole Sepatu Orthotic*" merupakan hasil penelitian saya pada Tahun Akademik 2015/2016 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, 04 Januari 2016

Yang menyatakan,



F. Andre Cahya G

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pelaksanaan Tugas Akhir dari awal hingga selesai tidak lepas dari bantuan dari beberapa pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang kepada:

1. Orang tua dan kakak penulis atas doa dan dukunganyang diberikan.
2. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T., atas kesediaannya menjadi pembimbing penulis dan memberikan arahan, kritik, dan saran yang membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Keluarga besar dosen, laboran, dan asisten peminatan CAD/CAM yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
4. Keluarga besar Lab PP TI UAJY yaitu Mas Budi, Mbak Yuli, Black, Ive, Jupri, Arnind, Putro, Cendy, Veve, Abet, Jesung, Dedy, Yanda, Slamet, Nyoman, Musang, dan yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas dukungan doa yang diberikan.
5. Semua teman-teman penulis yaitu Culai Grup dan KKN Blekonang 1 (Yoshua, Adi, Gio, Erik, Farizki, Okqi, David, Aliong, Jupri, Neri, Ferdi, Herman, Myra, Sisca, Tea, Cyntia) dan yang tidak dapat disebutkan satu-satu atas dukungan doa yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis, maka kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan dari semua pihak.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Yogyakarta, 04 Januari 2016

F.Andre Cahya G

DAFTAR ISI

BAB	JUDUL	HAL
	Halaman Judul	i
	Halaman Pengesahan	ii
	Pernyataan Originalitas	iii
	Kata Pengantar	iv
	Daftar Isi	v
	Daftar Tabel	vii
	Daftar Gambar	viii
	Daftar Lampiran	xi
	Intisari	xii
1	Pendahuluan	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Perumusan Masalah	3
	1.3. Tujuan Penelitian	3
	1.4. Batasan Masalah	3
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	5
	2.1. Penelitian Terdahulu	5
	2.2. Penelitian Sekarang	6
	2.3. Teori Dasar Analisis Elemen Hingga (FEA)	7
	2.4. <i>Computer Aided Engineering (CAE)</i>	7
	2.5. <i>Elastomers</i>	7
	2.6. Fitur Dasar <i>Elastomers</i>	8
	2.7. Jenis-jenis <i>Elastomers</i>	9
	2.8. <i>Material Hyperelastic</i>	11
	2.9. <i>Karakteristik Hyperelastic</i>	14
	2.10. <i>Kontak Hyperelastic</i>	17
3	Metodologi Penelitian	19
	3.1. Data Penelitian	19
	3.2. Alat dan Bahan Penelitian	19
	3.3. Metodologi Penelitian	21

3.4.	Identifikasi Masalah	22
3.5.	Studi Pustaka	23
3.6.	Pengembangan Model	23
3.7.	Parameter Model	25
3.8.	Pemodelan dalam FEA dengan software Abaqus 6.13	26
3.9.	Pre Processing	26
3.10.	Pembahasan	28
3.11.	Kesimpulan	29
4	Data	30
4.1.	Laboratorium Proses Produksi Teknik Industri UAJY	30
4.2.	<i>Software Abaqus 6.13</i>	31
4.3.	Spesifikasi Komputer untuk <i>Software Abaqus 6.13</i>	31
4.4.	<i>Ethylene Vinyl Acetate (EVA)</i>	34
5	Pemodelan Kasus Kontak dengan Metode Elemen Hingga	35
5.1.	Tujuan Penggunaan Software Abaqus dalam Penelitian	35
5.2.	Flow Chart Pemodelan dalam FEA Abaqus 6.13.	36
5.3.	Spesifikasi Masalah dan Geometri	38
5.4.	Langkah-langkah Pemodelan	39
5.5.	Hasil dan Analisis Kontak Material EVA dan NORA SLW	59
5.6.	Hasil Verifikasi EVA vs NORA SLW dengan Variasi Ketebalan 5mm, 10mm, 15mm, 20mm, 30mm	60
5.7.	Pengaruh Variasi Geometri pada <i>EVA Rubber</i>	63
5.8.	Rekapitulasi Hasil Penelitian	66
6	Kesimpulan dan Saran	68
6.1.	Kesimpulan	68
6.2.	Saran	68
	Daftar Pustaka	70
	Lampiran	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar Spesimen untuk Tensile Testing

15



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Bentuk Dasar Struktur <i>Macromolecule</i>	8
Gambar 2.2.	Struktur ikatan kimia <i>natural rubber</i>	10
Gambar 2.3.	Struktur ikatan kimia <i>styrene-butadiene rubber</i>	10
Gambar 2.4.	Struktur ikatan kimia <i>poly-butadiene rubber</i>	11
Gambar 2.5.	Grafik Tegangan-Regangan <i>Elastic</i> dan <i>Hyperelastic</i>	12
Gambar 2.6.	Grafik Hubungan <i>Engineering Stress</i> dengan <i>Extension Ratio</i> untuk Beberapa Jenis <i>Elastomers</i>	13
Gambar 2.7.	<i>Uniaxial Test</i>	14
Gambar 2.8.	<i>Planar shear test</i>	15
Gambar 2.9.	Spesimen <i>Biaxial</i>	16
Gambar 2.10.	Kurva Eksperimental Tegangan-Regangan untuk <i>Elastomers</i>	17
Gambar 3.1.	Spesifikasi PC di Laboratorium Proses Produksi UAJY yang diinstalasi dengan <i>software</i> Abaqus 6.13	19
Gambar 3.2.	Spesifikasi Grafik PC yang Diinstalasi <i>Software</i> <i>Abaqus</i> 6.13	20
Gambar 3.3.	Spesifikasi Laptop yang diinstalasi <i>software</i> <i>Abaqus</i> 6.13	20
Gambar 3.4.	Spesifikasi Grafik Laptop yang diinstalasi <i>Software</i> <i>Abaqus</i> 6.13	20
Gambar 3.5.	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	22
Gambar 3.6.	Tampilan awal Abaqus 6.13	27
Gambar 4.1.	Denah Laboratorium Proses Produksi UAJY	30
Gambar 4.2.	Spesifikasi Umum yang Digunakan Instalasi <i>Abaqus</i> 6.13	32
Gambar 4.3.	Spesifikasi <i>Operating System</i> yang Digunakan untuk Instalasi Abaqus 6.13	32
Gambar 4.4.	Spesifikasi <i>Operating System</i> yang digunakan untuk instalasi Abaqus 6.3 – 14 (lanjutan)	33
Gambar 4.5.	Spesifikasi lain yang Digunakan untuk Instalasi <i>Abaqus</i> 6.13	33
Gambar 5.1.	Flow Chart Pemodelan dalam FEA Abaqus 6.13	36
Gambar 5.2.	Analisis Pembebanan Kontak Model sebuah <i>Indenter</i>	38

Ballnose HSS pada Permukaan Material EVA Rubber

Gambar 5.3.	Menu <i>Create PartMaterial</i>	39
Gambar 5.4.	Menetapkan <i>Dimensi Material</i>	40
Gambar 5.5.	Material Jadi	40
Gambar 5.6.	Menu <i>Create Part Indenter</i>	41
Gambar 5.7.	Menetapkan <i>Dimensi Indenter</i>	41
Gambar 5.8.	<i>Indenter</i> Jadi	42
Gambar 5.9.	Sifat Material Uji	42
Gambar 5.10.	Sifat Material <i>Indenter</i>	43
Gambar 5.11.	<i>Create Section</i>	44
Gambar 5.12.	<i>Edit Section</i>	44
Gambar 5.13.	<i>Section assignment</i> material Uji	44
Gambar 5.14.	Part Uji yang Sudah berhasil pada proses <i>Section assignment</i>	45
Gambar 5.15.	<i>Edit Section Indenter</i>	45
Gambar 5.16.	<i>Section assignment Indener</i>	45
Gambar 5.17.	Part Sudah Memiliki Sifat dari Material <i>Indenter</i>	46
Gambar 5.18.	<i>Assembly Indenter dan Rubber</i>	46
Gambar 5.19.	<i>Create step</i>	47
Gambar 5.20.	<i>Create Field Output</i>	48
Gambar 5.21.	<i>Create Interaction</i>	49
Gambar 5.22.	Hasil <i>Interaction</i> antar <i>Surface</i>	49
Gambar 5.23.	<i>Edit interaction</i> dan <i>Contact Property</i>	49
Gambar 5.24.	Penentuan <i>Friction Coeff</i>	50
Gambar 5.25.	<i>Reference Point</i>	50
Gambar 5.26.	<i>Create Rigid Body</i>	51
Gambar 5.27.	Hasil <i>Rigid Body</i>	51
Gambar 5.28.	<i>Create Load</i>	52
Gambar 5.29.	Pemberian bagian yang diberi tekanan	52
Gambar 5.30.	<i>Edit Load</i>	53
Gambar 5.31.	<i>Create Boundary Condition</i>	53
Gambar 5.32.	Pemilihan <i>Line</i> pada <i>Rubber</i> untuk Penentuan Kondisi Batas	54
Gambar 5.33.	Kondisi Batas yang Telah Jadi	54
Gambar 5.34.	Pembagian <i>Element</i> pada <i>Part Rubber</i>	54

Gambar 5.35. Hasil Akhir <i>Mesh</i> pada <i>Indenter</i>	55
Gambar 5.36. Hasil Akhir <i>Mesh</i> pada <i>Rubber</i>	55
Gambar 5.37. <i>Create job</i>	56
Gambar 5.38. <i>Job Manager</i>	56
Gambar 5.39. Proses <i>Running</i> atau <i>Iterasi</i>	57
Gambar 5.40. Hasil <i>Visualization</i>	57
Gambar 5.41. Menunjukkan Area Tegangan Konsentrasi Tertinggi	58
Gambar 5.42. Perbandingan Kurva SEF pada Material EVA dan NORA SLW	59
Gambar 5.43. Bar Chart Tegangan – Regangan Material EVA VS NORA SLW dengan Ketebalan 5 mm	61
Gambar 5.44. Bar Chart Tegangan – Regangan Material EVA VS NORA SLW dengan Ketebalan 10 mm	61
Gambar 5.45. Bar Chart Tegangan – Regangan Material EVA VS NORA SLW dengan Ketebalan 15 mm	62
Gambar 5.46. Bar Chart Tegangan – Regangan Material EVA VS NORA SLW dengan Ketebalan 20 mm	62
Gambar 5.47. Bar Chart Tegangan – Regangan Material EVA VS NORA SLW dengan Ketebalan 30 mm	63
Gambar 5.48. Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material EVA dengan Ketebalan 5 mm	64
Gambar 5.49. Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material EVA dengan Ketebalan 10 mm	64
Gambar 5.50. Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material EVA dengan Ketebalan 15 mm	65
Gambar 5.51. Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material EVA dengan Ketebalan 20 mm	65
Gambar 5.52. Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material EVA dengan Ketebalan 30 mm	66

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pemodelan Material *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA)
- Lampiran 2. Pemodelan Material NORA SLW
- Lampiran 3. Data Kurva SEF pada Material SRCGF VS Sil8800 dan Data Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi



INTISARI

Indonesia merupakan negara dengan perkebunan karet terluas di dunia, Luas areal perkebunan karet di Indonesia mencapai 3.262.291 hektar dan sekarang telah mencapai sekitar 34 juta hektar. Material karet yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur adalah pembuatan sepatu pada bagian sol. Ada tiga jenis sole sepatu, yaitu *outsole*, *middlesole*, *insole*. Bagian *insole* sepatu ini merupakan bagian yang mengalami kontak langsung dengan kaki manusia. Penggunaan kaki dalam aktivitas sehari-hari menanggung semua beban tubuh terutama pada telapak kaki baik dalam berjalan, berlari, meloncat, dll. Hal ini lah yang dapat menyebabkan kelainan pada telapak kaki manusia sehingga menyebabkan ketidaknyamanan pada saat aktivitas menggunakan kaki. Untuk memperbaiki fungsi kaki yang mengalami kelainan maka digunakanlah *insole* sepatu *orthotic*.

Insole sepatu orthotic merupakan bagian dalam sepatu yang dirancang khusus untuk memperbaiki fungsi kaki yang mengalami kelainan. Material *rubber* yang digunakan sebagai *insole* sepatu *orthotic* dalam industri manufaktur selama ini adalah *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA). Selama ini proses pengerjaan *insole* sepatu *orthotic* masih bersifat konvensional dimana saat proses permesinan berlangsung terjadi kontak antara alat potong yaitu *Ballnose HSS* dengan material EVA yang menghasilkan produk yang tidak presisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fenomena kontak yang terjadi antara alat potong (*indenter*) dengan material, sehingga nantinya dari hasil yang didapatkan akan mengetahui bagaimana karakteristik yang dialami oleh EVA *rubber* saat terjadi kontak dengan *indenter*.

Metode *Finite Element Analysis* (FEA) digunakan dalam penelitian kali ini karena dapat digunakan untuk mensimulasikan perilaku dari sebuah material sehingga dapat mengetahui karakteristik dari EVA *rubber* tersebut yang nantinya dapat mengurangi jumlah percobaan yang diperlukan.

Hasil penelitian yang didapatkan menggunakan software Abaqus 6.13 berupa pemodelan tekanan EVA *rubber* dengan *indenter Ballnose HSS* yang dibuat *rigrid* untuk mengkondisikan sesuai dengan proses permesinan yang asli. Dan nantinya akan menghasilkan kontur dan regangan maksimal dalam bentuk kurva.