

***FINITE ELEMENT ANALYSIS PADA DESAIN INSOLE SHOE  
ORTHOTIC***

**TUGAS AKHIR**

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



**Policharpus Putro Permono**

**13 06 07477**

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

**2017**

***FINITE ELEMENT ANALYSIS PADA DESAIN INSOLE SHOE  
ORTHOTIC***

**TUGAS AKHIR**

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



**Policharpus Putro Permono  
13 06 07477**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir berjudul

**FINITE ELEMENT ANALYSIS PADA DESAIN INSOLE SHOE ORTHOTIC**

Yang disusun oleh:

**Policharpus Putro Permono**

13 06 07477

Dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 19 Juli 2017

Dosen Pembimbing 1



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

Tim Penguji,

Penguji 1



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

Penguji 2,



Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc

Penguji 3,



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

Yogyakarta, 19 Juli 2017

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,

Fakultas Teknologi Industri,

Dekan,



Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc

## PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Policharpus Putro Permono

NPM : 130607477

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "*Finite Element Analysis pada Insole Shoe Orthotic*" 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 sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 19 Juli 2017

Yang menyatakan,



Policharpus Putro Permono

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan atas rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini ditulis dengan tujuan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Setelah melewati proses yang panjang dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto 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 A. Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Bapak Budi Purwanto selaku laboran Laboratorium Proses Produksi yang telah bersedia meminjamkan fasilitas-fasilitas laboratorium kepada penulis seperti komputer dan laporan Tugas Akhir senior sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan semangat, dukungan baik itu materi maupun moral kepada penulis.
7. Teman-teman Asisten Dosen Laboratorium Proses Produksi yang telah menjadi sahabat dan keluarga kecil bagi penulis, memberikan dukungan, doa dan semangat.
8. Seluruh rekan Asisten Dosen Laboratorium Proses Produksi yang melakukan pengerjaan Tugas Akhir bersama dengan penulis (Cendy, Angga, Johan, Odil, Lio, Yovita, Maria, Mesty, Accu, dan Dera) yang juga telah menjadi sahabat seperjuangan, memberikan dukungan, semangat dan doa.
9. Seluruh rekan yang tergabung dalam Prodi Teknik Industri angkatan 2013 yang telah menemani penulis selama menempuh pendidikan di Prodi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

10. Bernadetta Saras Ika Ariyanti, A.Md., yang telah memberikan dukungan, doa kepada penulis dan mendengarkan seluruh keluh kesah yang penulis ceritakan selama proses penulisan Laporan Tugas Akhir.
11. Seluruh kalangan maupun individual yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis, baik itu diketahui maupun tidak, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini memberikan manfaat dan wawasan bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 19 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
	1.1. 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	7
	2.3. <i>Computer Aided Engineering (CAE)</i>	8
	2.4. <i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	9
	2.5. <i>Polymers</i>	9
	2.6. <i>Elastomers</i>	10
	2.7. <i>Material Elastic</i>	13
	2.8. <i>Diabetes</i>	14
	2.9. <i>Material Properties</i>	15
	2.10. <i>Von Misses Stress</i>	17
3	METODOLOGI PENELITIAN	18
	3.1. Data Penelitian	18
	3.2. Alat Bantu dan Mesin Penelitian	18
	3.3. Identifikasi Masalah	19
	3.4. Studi Pustaka	19

3.5.	Proses Pengumpulan Data	19
3.6.	Pembuatan Model Simulasi	20
3.7.	<i>Pre-Processing</i>	20
3.8.	Pembahasan	22
3.9.	Kesimpulan	23
3.10.	Alur Tahapan Penelitian	23
4	DATA	26
4.1.	Laboratorium Proses Produksi Teknik Industri UAJY	26
4.2.	<i>Software</i> Abaqus Versi 6.13	27
4.3.	Spesifikasi Komputer untuk <i>Software</i> Abaqus 6.13	28
4.4.	<i>Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Rubber Foam</i>	30
4.5.	Pembebanan	33
5	MEKANIKA KONTAK METODE FEA DENGAN ABAQUS	34
5.1.	Analisis Penentuan Penggunaan Abaqus dalam Penelitian	34
5.2.	Analisis Spesifikasi Masalah dan Geometri	35
5.3.	Alur Proses Pemodelan FEA dengan <i>Software</i> Abaqus	36
5.4.	Analisis <i>Output</i> Proses	60
5.5.	Analisis Kontak <i>Indenter</i> dengan <i>Insole Shoe Orthotic</i>	60
5.6.	Validasi Hasil Simulasi FEA	68
6	KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1.	Kesimpulan	77
6.2.	Saran	77
	DAFTAR PUSTAKA	79



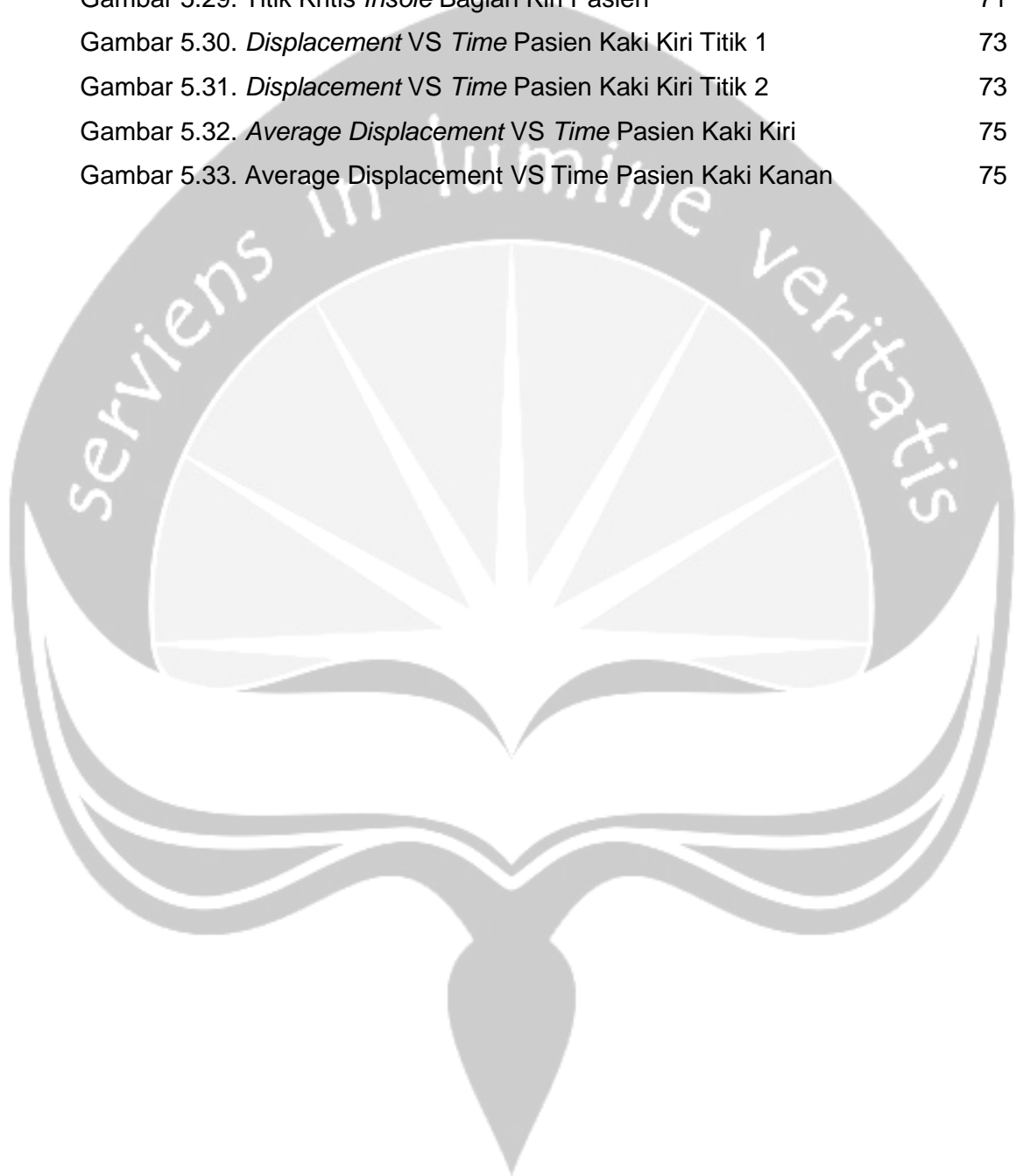
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Karet yang Digunakan dalam Kehidupan Sehari-hari	10
Tabel 4.1. Spesifikasi Umum Untuk Instalasi Abaqus 6.3 - 14	28
Tabel 4.2. Spesifikasi Tambahan Untuk Instalasi Abaqus	29
Tabel 4.3. Spesifikasi Tambahan Untuk Instalasi Abaqus (Lanjutan)	30
Tabel 4.4. Spesifikasi Lain Untuk instalasi Abaqus 6.3 - 14	30
Tabel 4.5. <i>Material Properties Ethylene, Vinyl Acetate dan EVA</i>	31
Tabel 4.6. Aplikasi dari <i>Polymeric Foams</i>	32
Tabel 4.7. Formulasi <i>EVA Foam</i>	32
Tabel 4.8. Tabel <i>Material Properties EVA Rubber Foam</i>	33
Tabel 4.9. Pembebanan yang Diberikan	33
Tabel 5.1. Hasil Simulasi Kaki Kiri Pasien <i>Diabetes</i>	62
Tabel 5.2. Hasil Simulasi Kaki Kanan Pasien <i>Diabetes</i>	65
Tabel 5.3. Tabel Nilai Tegangan <i>Insole</i> pada Pasien <i>Diabetes</i>	68
Tabel 5.4. Tabel Nilai <i>Pressure Insole</i> pada Pasien <i>Diabetes</i>	69
Tabel 5.5. Tabel Analisis <i>Displacement</i> Pasien <i>Diabetes</i> Kaki Kiri	72
Tabel 5.6. Tabel Analisis <i>Average Displacement</i> Pasien	74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Dasar Struktur <i>Macromolecule</i>	9
Gambar 2.2. Struktur Kimia Karet Alam	11
Gambar 2.3. Struktur Kimia <i>Styrene-Butadiene Rubber</i> (SBR)	12
Gambar 2.4. Struktur Kimia EVA	13
Gambar 3.1. Spesifikasi PC yang Digunakan	18
Gambar 3.2. Spesifikasi Grafis PC yang Digunakan	18
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	24
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian (Lanjutan)	25
Gambar 4.1. Denah Laboratorium Proses Produksi UAJY	26
Gambar 5.1. Model Mekanika Kontak EVA <i>Rubber Foam</i> dengan <i>Indenter</i>	36
Gambar 5.2. <i>Mass Density Plantar Fascia</i>	38
Gambar 5.3. <i>Young's Modulus</i> dan <i>Poisson's Ratio Plantar Fascia</i>	39
Gambar 5.4. <i>Mass Density Ethylene Vinyl Acetate</i>	40
Gambar 5.5. <i>Young's Modulus</i> dan <i>Poisson's Ratio EVA Rubber Foam</i>	41
Gambar 5.6. Pembuatan <i>Section</i>	42
Gambar 5.7. <i>Assign Section</i> pada Komponen	43
Gambar 5.8. Komponen <i>Insole</i> dengan <i>Material Properties</i>	43
Gambar 5.9. <i>Assembling</i> Komponen	44
Gambar 5.10. Hasil <i>Assembly</i> Komponen	45
Gambar 5.11. <i>Create Step</i>	46
Gambar 5.12. <i>Edit Step Window</i>	47
Gambar 5.13. <i>Create Field Output</i>	48
Gambar 5.14. <i>Create Interaction</i>	49
Gambar 5.15. <i>Edit Interaction Window</i>	50
Gambar 5.16. Letak <i>Reference Point</i> pada <i>Cartesian Axis</i>	51
Gambar 5.17. <i>Create Constraints</i>	52
Gambar 5.18. <i>Create Load</i>	53
Gambar 5.19. <i>Edit Load</i>	54
Gambar 5.20. <i>Mesh Control</i>	55
Gambar 5.21. <i>Global Seeding</i>	56
Gambar 5.22. Hasil dari Proses <i>Meshing</i>	56
Gambar 5.23. <i>Create Job</i>	57
Gambar 5.24. <i>Edit Job</i>	58

Gambar 5.25. Proses <i>Running</i>	59
Gambar 5.26. Hasil Visualisasi	59
Gambar 5.27. Grafik Nilai Regangan VS <i>Gap Insole</i> Pasien <i>Diabetes</i>	69
Gambar 5.28. Grafik Nilai <i>Pressure</i> VS <i>Gap Insole</i> Pasien <i>Diabetes</i>	70
Gambar 5.29. Titik Kritis <i>Insole</i> Bagian Kiri Pasien	71
Gambar 5.30. <i>Displacement</i> VS <i>Time</i> Pasien Kaki Kiri Titik 1	73
Gambar 5.31. <i>Displacement</i> VS <i>Time</i> Pasien Kaki Kiri Titik 2	73
Gambar 5.32. <i>Average Displacement</i> VS <i>Time</i> Pasien Kaki Kiri	75
Gambar 5.33. <i>Average Displacement</i> VS <i>Time</i> Pasien Kaki Kanan	75



## INTISARI

Penderita penyakit *Diabetes Mellitus* yang parah sangat rentan terhadap komplikasi yang terjadi akibat menurunnya daya tahan tubuh dan fungsi organ. Salah satu komplikasi akibat DM adalah menurunnya kepadatan tulang atau berubahnya struktur tulang, dan biasanya lebih sering terjadi pada penderita DM tipe 1. Gejala ini biasanya menyerang bagian tulang belakang dan tulang kaki, dan dampak yang ditimbulkan antara lain adalah *Deformities Foot*.

Produk *Insole Shoe Orthotic* muncul untuk mengurangi tekanan yang terjadi pada struktur tulang kaki dan *Plantar Fascia* dengan bahan yang lebih lembut sehingga resiko *Deformities* dapat diminimalisir. Produk *Insole Shoe Orthotic* yang berada di pasaran merupakan *insole* biasa yang konturnya mengikuti kontur telapak kaki orang yang tidak mengalami *Deformities* mengakibatkan bagian telapak kaki tertentu tidak menapak dengan sempurna, sehingga perlu adanya produk *Insole Shoe Orthotic* yang memang dikhususkan bagi mereka yang mengalami *Deformities Foot*.

Teknologi *Computer Aided Engineering* (CAE) berkembang pesat sebagai *software* yang mampu menganalisis suatu model jika diberi suatu perlakuan tertentu dengan proses digitalisasi. Salah satu metode dalam CAE adalah *Finite Element Analysis* (FEA). Metode ini dapat dilakukan dengan *software* Abaqus. Metode ini dapat dilakukan untuk melihat nilai tegangan, tekanan dan *displacement* yang terjadi pada beberapa variasi model *insole* yang telah dibuat ketika pasien *Diabetes* yang mengalami *Deformities Foot* menginjaknya. Dengan metode ini maka akan didapatkan bahwa nilai toleransi pada *insole* berpengaruh terhadap nilai-nilai tersebut. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa *insole* dengan *gap* 2 mm merupakan variasi model yang optimal.

Kata kunci : *Diabetes, Deformities Foot, Computer Aided Engineering* (CAE), *Finite Element Analysis* (FEA), *Insole Shoe Orthotic*