

**ANALISIS *FINITE ELEMET* INSOLE SHOE ORTHOTIC PADA  
KASUS KELAINAN KAKI DATAR**

**TUGAS AKHIR**

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



**CENDY HASTU TOMO**

**13 06 07332**

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

**2017**

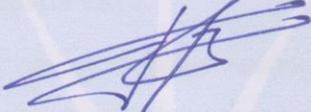
**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir berjudul  
**ANALISIS FINITE ELEMENT INSOLE SHOE ORTHOTIC PADA KASUS  
KELAINAN KAKI DATAR**

yang disusun oleh  
**Cendy Hastu Tomo**  
13 06 07332

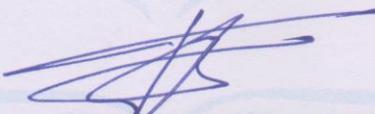
dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 26 Juli 2017

Dosen Pembimbing 1,



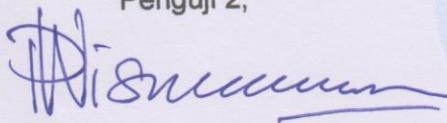
A. Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng.

Tim Penguji,  
Penguji 1,



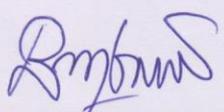
A. Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng.

Penguji 2,



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

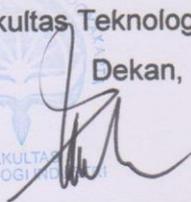
Penguji 3,



Baju Bawoho, S.T., M.T.

Yogyakarta, 26 Juli 2017

Universitas Atma Jaya Yogyakarta,  
Fakultas Teknologi Industri,  
Dekan,



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. A. Teguh Siswanto

## PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cendy Hastu Tomo

NPM : 13 06 07332

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "Analisis *Finite Element Insole Shoe Orthotic* Pada Kasus Kelainan Kaki Datar" 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, 26 Juli 2017

Yang menyatakan,

  
Cendy Hastu Tomo

## 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 A.Tonny Yuniarto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan memberi petunjuk dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dari awal hingga akhir.
4. Bapak Baju Bawono, S.T., MT. dan Bapak P. Wisnu Anggoro, S.T., M.T. selaku dosen penguji penulis yang sudah memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan segalanya kepada penulis.
6. Mbak Lely dan Adik Windy yang selalu memberikan semangat dan segalanya kepada penulis.
7. Pascalia Maharani Dewi yang sudah menemani dan memberikan motivasi kepada penulis.
8. Mas Budi sebagai Labroran Laboratorium Proses Produksi.
9. Keluarga besar Laboratorium Proses Produksi yang memberi motivasi dan doanya untuk penulisan Tugas Akhir.
10. Tim *Insole* yang sudah saling berbagi ilmu untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman - teman OBLO yang setiap hari selalu menemani penulis mengerjakan Tugas Akhir.
12. Teman - teman Poky Foxy yang selalu memberikan *support* dari awal kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir ini.

13. Pahlawan - pahlawan Indonesia yang sudah memperjuangkan kemerdekaan demi kebebasan dan kemajuan Bangsa Indonesia.
14. Teman – teman angkatan 2013 Teknik Industri UAJY yang memberi semangat selama penulisan Tugas Akhir.
15. Teman - teman KKN 70 Kelompok 37 Bulurejo yang memberikan motivasi agar cepat menyelesaikan 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, 26 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	3
	1.4. Batasan Masalah	3
2	Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	
	2.1. Tinjauan Pustaka	4
	2.2. Dasar Teori	5
	2.3. Teori Dasar <i>Flat feet</i>	6
	2.4. <i>Scanning Machine</i>	8
	2.5. <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	9
	2.6. Analisis Elemen Hingga (FEA)	9
	2.7. <i>Computer Aided Design (CAM)</i>	9
	2.8. Elastomers	9
3	Metodologi Penelitian	
	3.1. Data Penelitian	13

3.2.	Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3.	Metodologi Penelitian	15
3.4.	Identifikasi Masalah	18
3.5.	Studi Pustaka	19
3.6.	Proses <i>Scanning</i>	19
3.7.	Analisis Hasil <i>Scan</i>	19
3.8.	Pembangkitan Model <i>Solid</i>	20
3.9.	Parameter Model	20
3.10.	Pemodelan dalam FEA dengan <i>Software</i> Abaqus 6.13	20
3.11.	Kesimpulan	23
4	Data	
4.1.	Laboratorium Proses Produksi Teknik Industri UAJY	24
4.2.	Data Perangkat Lunak dan Perangkat Keras	25
4.3.	Profil Pasien dan Data CAD <i>Insole</i>	30
4.4.	Data Material <i>Ethylene Vinyl Acetate</i> (EVA)	30
5	Analisis dan Pembahasan	
5.1.	Analisis Penggunaan <i>Software</i> Abaqus dalam Penelitian	32
5.2.	Analisis Tentang <i>Flat Fleet</i>	34
5.3.	Analisis Spesifikasi Masalah dan Geometri	34
5.4.	Langkah – Langkah dengan Pemodelan Abaqus 6.13	37
5.5.	Analisis <i>Output</i>	60
5.6.	Validasi Simulasi <i>FEA</i>	64
6	Kesimpulan	
6.1.	Kesimpulan	69
6.2.	Saran	69
	Daftar Pustaka	70

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Nilai Konstanta untuk Parameter Model	20
Tabel 4.1. Data Pasien	30
Tabel 4.2. Data Karakteristik Material EVA	31
Tabel 5.1. Hasil Simulasi Kaki Kanan Pasien <i>Flat feet</i>	62



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Kaki dengan Kelainan <i>Flat feet</i>	7
Gambar 3.1. Spesifikasi PC di Laboratorium Proses Produksi UAJY	13
Gambar 3.2. Spesifikasi Grafik PC di Laboratorium Proses Produksi UAJY	14
Gambar 3.3. Spesifikasi Laptop yang Diinstalasi <i>Software</i> Abaqus 6.13	14
Gambar 3.4. Spesifikasi Grafik Laptop yang Diinstalasi <i>Software</i> Abaqus	15
Gambar 3.5. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	16
Gambar 4.1. Denah Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma Jaya Yogyakarta	25
Gambar 4.2. <i>Handy Scan 700</i>	26
Gambar 4.3. Spesifikasi <i>Graphic Device</i> dan <i>Operating System</i> untuk Komputer yang Dibutuhkan untuk Instalasi Abaqus 6.13	27
Gambar 4.4. Spesifikasi <i>Graphic Device</i> dan <i>Operating System</i> untuk Laptop yang Dibutuhkan untuk Instalasi Abaqus 6.13	28
Gambar 4.5. Spesifikasi <i>Graphic Device</i> dan <i>Operating System</i> untuk Komputer dengan <i>Operating System</i> yang Dibutuhkan untuk Instalasi Abaqus 6.13	28
Gambar 4.6. Spesifikasi Umum Komputer	29
Gambar 4.7. Spesifikasi Kartu Grafis Komputer	29
Gambar 5.1. Produk Sepatu dengan <i>Insole</i> untuk Kesehatan	33
Gambar 5.2. Perbandingan Gambar Ilustrasi <i>Flat feet</i> dengan Kaki yang Diteliti	34
Gambar 5.3. Geometri Kenaikan Lengkungan pada Setiap <i>Insole</i>	35
Gambar 5.4. Geometri Kenaikan Lengkungan Pada Setiap <i>Insole</i> Pandangan Isometri	35
Gambar 5.5. Model Bentuk Kontak <i>Insole Orthotic</i> dengan Kasus <i>Flat feet</i>	36
Gambar 5.6. Proses <i>Eksport</i> pada PowerShape	37
Gambar 5.7. <i>Import Model</i>	38
Gambar 5.8. <i>Mass Density</i> Kaki	39
Gambar 5.9. <i>Young's Modulus</i> dan <i>Poisson's Ratio</i> Plantar Fascia	40
Gambar 5.10. <i>Mass Density</i> Ethylene Vinyl Acetate	41
Gambar 5.11. <i>Young's Modulus</i> dan <i>Poisson's Ratio</i> EVA <i>Rubber Foam</i>	42
Gambar 5.12. Pembuatan <i>Section</i>	43
Gambar 5.13. <i>Assign Section</i> pada Komponen	43

Gambar 5.14. Komponen <i>Insole</i> dengan <i>Material Properties</i>	44
Gambar 5.15. <i>Assembling</i> Komponen	45
Gambar 5.16. Hasil <i>Assembly</i> Komponen	45
Gambar 5.17. <i>Create Step</i>	46
Gambar 5.18. <i>Create Field Output</i>	47
Gambar 5.19. <i>Create Interaction</i>	48
Gambar 5.20. <i>Create Interaction</i>	49
Gambar 5.21. Letak <i>Reference Point</i> pada <i>Cartesian Axis</i>	50
Gambar 5.22. <i>Create Constraints</i>	50
Gambar 5.23. <i>Create Load</i>	51
Gambar 5.24. <i>Edit Load</i>	52
Gambar 5.25. Pembuatan <i>Boundary Condition</i>	53
Gambar 5.26. Hasil Pembuatan <i>Boundary Condition</i>	53
Gambar 5.27. <i>Global Seeding</i>	54
Gambar 5.28. <i>Mesh Control</i>	55
Gambar 5.29. Hasil dari Proses <i>Meshing</i> kaki <i>Flat feet</i>	56
Gambar 5.30. Hasil dari Proses <i>Meshing Insole</i>	56
Gambar 5.31. <i>Create Job</i>	57
Gambar 5.32. <i>Edit Job</i>	58
Gambar 5.33. Proses <i>Running</i>	59
Gambar 5.34. Hasil Visualisasi	60
Gambar 5.35. Grafik Perbandingan Von Mises Stress dengan Beban yang Berubah (Ketinggian <i>Insole</i> 0)	64
Gambar 5.36. Grafik Perbandingan Von Mises Stress dengan Beban yang Berubah (Ketinggian <i>Insole</i> 2,5 mm)	65
Gambar 5.37. Grafik Perbandingan Von Mises Stress dengan Beban yang Berubah (Ketinggian <i>Insole</i> 5 mm)	66
Gambar 5.38. Titik Kritis <i>Insole</i> ketinggian 5 mm	67
Gambar 5.39. Grafik Perbandingan <i>Displacement vs Time</i>	68

## INTISARI

Kaki merupakan bagian satu sistem anggota tubuh manusia yang mempunyai fungsi sebagai penyangga tubuh ketika melakukan aktivitas (berdiri, berlari, dan berjalan). Seringkali ketika melakukan aktivitas manusia sering mengalami rasa sakit berlebih karena memiliki kelainan kaki. Kasus kelainan kaki yang terjadi banyak diakibatkan oleh penyakit bawaan atau terkena penyakit tertentu. Salah satu jenis kelainan bentuk kaki yang sering tidak disadari oleh sejumlah orang adalah kaki datar (*flat feet*). *Flat feet* ini merupakan bentuk kelainan yang jarang disadari oleh penderita, namun dapat dilihat secara visual dimana permukaan bawah kaki berbentuk datar. Kelainan ini merupakan kondisi yang paling umum ditemui oleh dokter *orthotic* dan prostetik di dunia. Gangguan yang terjadi pada pasien jenis ini biasanya dialami oleh sekitar 20% sampai 30% dari populasi penduduk dunia.

Masih sedikitnya penelitian tentang hal itu maka dalam tulisan ini akan dibahas mengenai desain insole sepatu *orthotic* pada pasien *flat feet* sehingga pasien merasa nyaman dalam menggunakannya dan tidak memperparah kelainan kaki pada penderita. Pada penelitian ini akan dibahas bagaimana membuat model kontak antara kaki pasien sebagai indenter dengan insole shoe *orthotic* for *flat feet* berbahan EVA rubber sebagai material yang dikenai kontak dengan bantuan teknologi CAE Abaqus 6.13. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan 3D CAD *insole shoe orthotic* yang optimal dengan menggunakan teknologi yaitu CAD dan CAE. Dalam penelitian ini material rubber yang digunakan adalah *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)* yang memiliki nilai massa jenis = 138.3024 kg/m<sup>3</sup>, *Young's Modulus* = 10.358 GPa, dan *Poisson's Ratio* = 0.49. Kaki hasil scan digunakan sebagai indenter untuk menekan *EVA Rubber* yang dikondisikan sehingga menyerupai proses penekanan kaki yang berjalan pada insole. Material *plantar Fascia* yang digunakan dalam penelitian memiliki massa jenis = 937 kg/mm<sup>3</sup>, *Young's Modulus* = 350 GPa, dan *Poisson's Ratio* = 0. Hasil dari penelitian ini adalah proses simulasi yang terjadi antara kaki sebagai indenter dengan *insole shoe orthotic*. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan bahwa desain yang optimal pada *software* Abaqus 6.13, sehingga muncul nilai *von mises stress*, tekanan, dan *displacement* yang diinginkan.

Kata kunci : *Computer Aided Engineering (CAE)*, *Computer Aided Design*, *finite element analysis*, *EVA rubber foam*, *flat feet*, kaki datar, parameter, kelainan kaki.