

**ANALISIS MODEL KONSTITUTIF DARI MATERIAL VISCOELASTIS KARET
UNTUK APLIKASI *SPIN CASTING***

TUGAS AKHIR

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



**YEFRRY VALDANO UNTORO
11 06 06447**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2015**

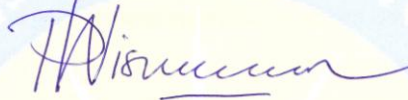
HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul
**ANALISIS MODEL KONSTITUTIF DARI MATERIAL VISCOELASTIS KARET
UNTUK APLIKASI SPIN CASTING**

yang disusun oleh
Yefry Valdano Untoro
11 06 06447

Dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 29 September 2015

Dosen Pembimbing 1,



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

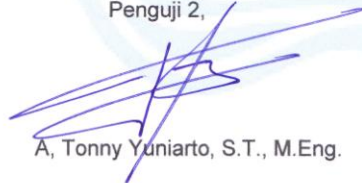
Tim Penguji,

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, 29 September 2015
Universitas Atma Jaya Yogyakarta,
Fakultas Teknologi Industri,
Dekan,



Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yefry Valdano Untoro

NPM : 11 06 06447

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul "Analisis Model Konstitutif dari Material Viscoelastis Karet untuk Aplikasi *Spin Casting*" 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 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, 29 September 2015

Yang menyatakan,


Yefry Valdano Untoro

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus atas berkat dan anugrah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Laporan ini disusun sebagai 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 beberapa pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan kakak penulis atas doa dan dukungan yang diberikan.
2. Bapak Paulus Wisnu Anggoro, S.T., M.T. atas kesediaan menjadi pembimbing penulis dan memberikan saran yang membangun didalam Tugas Akhir ini.
3. Gina Primasari Putri karena telah memberikan semangat, cinta, doa, dan dukungan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.
4. Keluarga besar Lab PP TI UAJY yaitu Mas Budi, Mbak Yuli, Black, Ive, Babi, 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 YP Fams dan Culai Grup (Fani, Yoshua, Adi, Gio, Erik, Farizki, Okqi, David, Aliong, Martin, Nana, Yenny, Albert, Anjas, Babski, Astrid dan yang tidak dapat disebutkan satu-satu atas dukungan doa yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa laporan 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 kepada penulis.

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

Yogyakarta, 29 September 2015

Yefrry Valdano Untoro

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	10
	2.3. Elastomers	11
	2.4. Fitur Dasar Elastomers	12
	2.5. Jenis – Jenis Elastomers	14
	2.6. Vulkanisasi	17
	2.7. Material <i>Hyperelastic</i>	17
	2.8. Karakteristik <i>Hyperelastic</i>	21
	2.9. Kontak <i>Hyperelastic</i>	25
3	Metodologi Penelitian	26
	3.1. Data Penelitian	26
	3.2. Alat Bantu dan Mesin Penelitian	26
	3.3. Tahapan Penelitian	27

	3.4. Identifikasi Masalah	29
	3.5. Studi Pustaka	29
	3.6. Pengembangan Model	29
	3.7. Paramater Model	32
	3.8. Pemodelan dalam FEA (Abaqus 6.13.)	32
	3.9. <i>Pre Processing</i>	32
	3.10. <i>Post Processing</i>	35
	3.11. Pembahasan	35
	3.12. Penarikan Kesimpulan	35
4	Data	36
	4.1. Laboratorium Proses Produksi Teknik Industri UAJY	36
	4.2. Abaqus 6.13.	37
	4.3. Spesifikasi Komputer untuk Software Abaqus 6.13.	37
	4.4. STV Sillicone Rubber	39
5	Pemodelan Kasus Kontak dengan Metode Elemen Hingga	41
	5.1. Tujuan Penggunaan Abaqus dalam Penelitian	41
	5.2. Flow Chart Pemodelan dalam FEA Abaqus 6.13.	42
	5.3. Analisis Pembebanan kontak <i>mold base spin casting</i> dengan Silicone Rubber <i>Castaldo Gellato Fuschea (SRCGF)</i>	44
	5.4. Langkah – Langkah Pemodelan	45
	5.5. Hasil dan Analisis Kontak Material SRCGF VS Sil8800	65
	5.6. Hasil Verifikasi SRCGF VS Sil8800 dengan Variasi Ketebalan 20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, dan 100 mm	66
	5.7. Pengaruh Variasi Geometri SRCGF	69
	5.8. Rekapitulasi Hasil Penelitian	75
6	Kesimpulan dan Saran	77
	6.1. Kesimpulan	77
	6.2. Saran	77
	Daftar Pustaka	79
	Lampiran	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jenis Karet yang Sering Digunakan dalam Kehidupan Sehari-hari	14
Tabel 2.2.	Standar Spesimen untuk <i>Tensile Testing</i>	23
Tabel 5.1.	Koordinat Model 1	46
Tabel 5.2.	Koordinat Model 2	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Bentuk Dasar Struktur <i>Macromolecule</i>	13
Gambar 2.2.	Struktur Ikatan Kimia <i>Natural Rubber</i>	15
Gambar 2.3.	Struktur Ikatan Kimia <i>Styrene-butadiene Rubber</i>	16
Gambar 2.4.	Struktur Ikatan Kimia <i>Poly-butadiene Rubber</i>	17
Gambar 2.5.	Grafik Tegangan-Regangan <i>Elastic</i> dan <i>Hyperelastic</i>	18
Gambar 2.6.	Grafik Hubungan <i>Engineering Stress</i> dengan <i>Extension Ratio</i> untuk Beberapa Jenis <i>Elastomers</i>	19
Gambar 2.7.	<i>Principal Stretch Ratio</i>	20
Gambar 2.8.	Kurva <i>Stress-Strain</i>	21
Gambar 2.9.	<i>Uniaxial Test</i>	22
Gambar 2.10.	<i>Planar Shear Test</i>	23
Gambar 2.11.	Spesimen <i>Biaxial</i>	24
Gambar 2.12.	Kurva Eksperimental Tegangan-Regangan untuk <i>Elastomers</i>	25
Gambar 3.1.	Spesifikasi PC yang Diinstalasi dengan <i>Software</i> Abaqus 6.13.	27
Gambar 3.2.	Spesifikasi Grafik PC di Laboratorium Proses Produksi	27
Gambar 3.3.	Tahapan Metodologi Penelitian	28
Gambar 3.4.	Tampilan Awal Abaqus 6.13.	33
Gambar 3.4.	Tampilan Lembar Kerja Baru Abaqus 6.13.	33
Gambar 4.1.	Denah Laboratorium Proses Produksi UAJY	38
Gambar 4.1.	Spesifikasi Umum yang Digunakan untuk Instalasi Abaqus 6.13.	38
Gambar 4.2.	Spesifikasi Umum yang Digunakan untuk Instalasi Abaqus 6.13. (lanjutan)	38
Gambar 4.3.	Spesifikasi Umum yang Digunakan untuk Instalasi Abaqus 6.13.(lanjutan)	39
Gambar 4.4.	Spesifikasi Tambahan yang Digunakan untuk Instalasi Abaqus 6.13.	39
Gambar 5.1.	<i>Flowchart</i> Pemodelan dalam FEA Abaqus 6.13.	42
Gambar 5.2.	Pembebanan Kontak <i>Mold Base Spin Casting</i> dengan <i>Silicone Rubber Castaldo Gellato Fuschea (SRCGF)</i>	44
Gambar 5.3.	Menu <i>Create Part</i>	45

Gambar 5.4. <i>Plot Lines</i>	46
Gambar 5.5. <i>Part</i>	46
Gambar 5.6. <i>Menu Create Part</i>	47
Gambar 5.7. <i>Plot Lines</i>	48
Gambar 5.8. <i>Part</i>	48
Gambar 5.9. <i>Material Flat Indenter</i>	49
Gambar 5.10. <i>Material SRCGF</i>	50
Gambar 5.11. <i>Create Section</i>	50
Gambar 5.12. <i>Edit Section</i>	51
Gambar 5.13. <i>Section Assignment Indenter</i>	51
Gambar 5.14. <i>Part yang Sudah diberi Sifat Material Steel</i>	52
Gambar 5.15. <i>Section Assignment SRCGF</i>	52
Gambar 5.16. <i>Part yang Sudah diberi Sifat Material SRCGF</i>	52
Gambar 5.17. <i>Assembly Indenter dan Rubber</i>	53
Gambar 5.18. <i>Create Step</i>	54
Gambar 5.19. <i>Create Field Output</i>	54
Gambar 5.20. <i>Create Interaction</i>	55
Gambar 5.21. <i>Hasil Interaction antar Surface</i>	55
Gambar 5.22. <i>Edit Interaction dan Contact Property</i>	56
Gambar 5.23. <i>Plot Contact</i>	56
Gambar 5.24. <i>Reference Point</i>	57
Gambar 5.25. <i>Create Rigid Body</i>	57
Gambar 5.26. <i>Rigid Body</i>	57
Gambar 5.27. <i>Create Load</i>	58
Gambar 5.28. <i>Pemberian Bagian yang Diberi Tekanan</i>	58
Gambar 5.29. <i>Edit Load</i>	59
Gambar 5.30. <i>Create Boundary Condition</i>	59
Gambar 5.31. <i>Pemilihan Line pada Rubber untuk Penentuan Kondisi Batas</i>	60
Gambar 5.32. <i>Kondisi Batas yang Telah Jadi</i>	60
Gambar 5.33. <i>Pembagian Element pada Part Rubber</i>	60
Gambar 5.34. <i>Pemilihan Area Global Mesh</i>	61
Gambar 5.35. <i>Hasil Akhir Mesh pada Indenter</i>	61
Gambar 5.36. <i>Hasil Akhir Mesh pada Rubber</i>	62
Gambar 5.37. <i>Create Job</i>	62

Gambar 5.38. <i>Job Manager</i>	63
Gambar 5.39. Proses <i>Running / Iterasi</i>	63
Gambar 5.40. Hasil <i>Visualization</i>	64
Gambar 5.41. Kurva SEF pada Material SRCGF VS Sil8800	65
Gambar 5.42. Jenis – jenis variasi <i>flat indenter</i>	66
Gambar 5.43. Kurva Tegangan – Regangan pada Material SRCGF VS Sil8800	67
Gambar 5.44. Kurva Tegangan – Regangan pada Material SRCGF VS Sil8800	67
Gambar 5.45. Kurva Tegangan – Regangan pada Material SRCGF VS Sil8800	67
Gambar 5.46. Kurva Tegangan – Regangan pada Material SRCGF VS Sil8800	68
Gambar 5.47. Kurva Tegangan – Regangan pada Material SRCGF VS Sil8800	68
Gambar 5.48. Pengaruh Geometri <i>Flat Indenter</i> Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material SRCGF dengan Ketebalan 20 mm	69
Gambar 5.49. Pengaruh Geometri <i>Flat Indenter</i> Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material SRCGF dengan Ketebalan 40 mm	70
Gambar 5.50. Pengaruh Geometri <i>Flat Indenter</i> Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material SRCGF dengan Ketebalan 60 mm	71
Gambar 5.51. Pengaruh Geometri <i>Flat Indenter</i> Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material SRCGF dengan Ketebalan 80 mm	72
Gambar 5.52. Pengaruh Geometri <i>Flat Indenter</i> Terhadap Kedalaman Indentasi pada Material SRCGF dengan Ketebalan 100 mm	73

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar Pemodelan SRCGF
- Lampiran 2. Gambar Pemodelan Sil8800
- Lampiran 3. Pengaruh Geometri Indenter Terhadap Kedalaman Indentasi
- Lampiran 4. Hasil Verifikasi
- Lampiran 5. Data Kurva SEF pada Material SRCGF VS Sil8800



INTISARI

Indonesia merupakan negara produsen karet terbesar kedua di dunia. Konsumsi domestik karet di Indonesia mencapai 414 ribu ton atau sekitar 15 % dari total produksi. Konsumen utama dari karet antara lain industri *footwear*, *conveyor belts*, *sports goods*, dan industri karet lainnya. CV. Tin's Art merupakan perusahaan industri cor logam yang memproduksi produk *symbolic shorthand souvenir* (SSS) berbahan logam *pewter*. Proses pengecoran logam ini biasanya menggunakan teknologi *spin casting*. Tahapan awal yang dilakukan pada proses *spin casting* adalah dengan menempelkan dua lapisan material *Silicone Rubber Castaldo Gellato Fuschea* (SRCGF) menjadi satu bagian dengan master cetakan SSS berada diantaranya. Material SRCGF yang sudah direkatkan kemudian dimasukkan ke *mold frame vulcanizer* dan diberi penekanan oleh *cover mold frame vulcanizer (flat indenter)* pada mesin vulkanisir. Penekanan yang dilakukan berfungsi untuk menghindari rongga pada lapisan SRCGF yang dapat menghasilkan produk cacat/tidak layak produksi. Penelitian difokuskan pada fenomena yang terjadi antara *cover mold frame S45C (flat indenter)* dengan material SRCGF sebagai bahan dasar cetakan. Nantinya *flat indenter* akan diberikan beban bervariasi sehingga akan memberikan fenomena atau karakteristik apa saja yang dialami oleh material SRCGF.

Metode *Finite Element Analysis* (FEA) adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi struktur dan sistem, memberikan prediksi yang akurat dari respon komponen yang mengalami beban termal dan struktural. Metode FEA pada penelitian mengenai karet dinilai sangat menguntungkan selain karena cepat juga biaya yang dikeluarkan menjadi lebih hemat (*trial* produk di lantai produksi).

Berdasarkan hasil penelitian dengan software Abaqus 6.13., diperoleh pemodelan tekan pada SRCGF dengan *flat indenter S45C* yang dibuat *rigid* untuk menyesuaikan kondisi yang terdapat pada mesin vulkanisir untuk aplikasi *spin casting*. Selain itu kontur dan regangan maksimal ketika terjadi kontak antara *flat indenter* dan material *viscoelastic* dihasilkan dalam bentuk kurva.