

TUGAS SARJANA

ANALISA KARAKTERISTIK KONTAK *CAPSULE ENDOSCOPY*
DI DALAM USUS KECIL MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA



Diajukan Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1)
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

WARIONO

L2E 005 496

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Wariono

NIM : L2E 00 496

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Jangka Waktu : 6 (Enam) bulan

Judul : **Analisa Karakteristik Kontak *Capsule Endoscopy* di Dalam Usus Kecil Menggunakan Metode Elemen Hingga**

Isi Tugas : 1. Menghitung *hoop stress* model *capsule endoscopy* yang bergerak di dalam usus kecil
2. Menganalisa nilai *hoop stress*

Semarang, Juni 2010

Dosen Pembimbing,


Ir. Sugiyanto, DEA
NIP. 196001251987031001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Sarjana dengan judul “**Analisa Karakteristik Kontak Capsule Endoscopy di Dalam Usus Kecil Menggunakan Metode Elemen Hingga**” disusun oleh:

Nama : Wariono
NIM : L2E 005 496

telah disetujui pada:

Hari :
Tanggal :

Dosen Pembimbing,

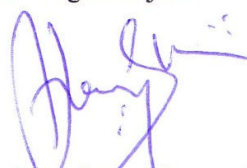

Ir. Sugiyanto, DEA
NIP. 196001251987031001

Mengetahui,

Pembantu Dekan I Fakultas Teknik


Ir. Bambang Pudjianto, MT.
NIP. 195212051985031001

Koordinator Tugas Sarjana


Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT.
NIP. 197104211999031003

ABSTRAK

Sifat viscoelastic adalah suatu sifat material yang menunjukkan respon *viscous* dan *elastic* ketika terjadi deformasi. Tegangan dan regangan yang terjadi pada material *viscoelastic* merupakan suatu fungsi waktu. Untuk mengetahui sifat *viscoelastic* suatu material perlu dilakukan pengukuran. Beberapa material yang menunjukkan sifat *viscoelastic* adalah *jaringan tubuh manusia*, polymer, kayu, dan beberapa logam pada temperatur tinggi. Sifat *viscoelastic* tersebut juga dimiliki oleh usus kecil.

Tugas akhir ini membahas tentang kontak antara *capsule endoscopy* dan usus kecil menggunakan metode elemen hingga. Jenis kontak yang terjadi adalah kontak *sliding* dengan kecepatan *capsule endoscopy* 0.5 mm/s, dimana *capsule endoscopy* dan usus kecil dimodelkan sebagai struktur 2D-*axisymmetric*. *Capsule endoscopy* bersifat *rigid* terhadap usus kecil.

Pada penelitian ini penulis menganalisa nilai *hoop stress* yang dipengaruhi oleh perubahan bentuk *capsule endoscopy*. Ada tiga *present* model yang akan dimodelkan sebagai variasi bentuk *capsule endoscopy*. Untuk setiap *present* model akan divariasikan jari-jari kontak areanya. Dari hasil yang diperoleh pada masing-masing *present* model menunjukkan karakteristik kontak dan nilai *hoop stress* yang berbeda.

Kata kunci: viskoelastik, kapsul endoskopi, metode elemen hingga, usus kecil, tegangan melingkar.

ABSTRACT

Viscoelasticity is a material properties which shows viscous and elastic responds when deformation occurs. Stresses and strains that occur in viscoelastic material is a function of time. To study the viscoelastic properties of a material, an experiment has to be performed. Some example of materials which have the viscoelastic property are tissue, polymer, wood and some metals at high temperature. The small intestine also has the viscoelastic properties.

This final project studies about the contact characteristic between capsule endoscopy and small intestine using finite element method. The contact that happened is a sliding contact with capsule endoscopy speed 0.5 mm/s, where capsule endoscopy and small intestine are modeled as the two-dimensional axisymmetric structures. The capsule endoscopy is considered as rigid.

Analysis has been performed to study the effect of hoop stress on the geometry of the capsule endoscopy. There are three present models that will be modeled as shape variation of the capsule endoscopy. For each present model will be varied on its radius. From the result obtained each present model shows different characteristic of contact and value of hoop stress.

Keywords: viscoelastic, capsule endoscopy, finite element method, small intestine, hoop stress.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ✚ Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- ✚ Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan do'a serta dukungan baik moril maupun material.
- ✚ Kakak-kakak tersayang yang telah memberi semangat dan dukungannya.
- ✚ My Sweetheart Luluk Novitasari atas perhatian, dukungan dan semangatnya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Sugiyanto, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Jamari, ST, MT selaku kepala LAB. EDT Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
3. Semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan Penulis di masa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Juni 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Metodologi Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II <i>VISCOELASTICITY</i>	6
2.1. Sifat <i>Viscoelastic</i>	6
2.2. Perbedaan <i>Viscoelastic</i> dengan <i>Elastic</i>	6
2.3. Fenomena Karakteristik Material <i>Viscoelastic</i>	8
2.4. Model Linier <i>Viscoelastic</i>	10
2.4.1. Elemen dasar.....	10
2.4.2. Model Maxwell	11
2.4.3. Model Kelvin Voigt.....	13
2.4.4. Model standard linear solid (SLS).....	16

2.5. Prinsip Superposisi Bolzman.....	18
BAB III PEMODELAN CAPSULE ENDOSCOPY	20
3.1. Pendahuluan	20
3.1.1. Usus kecil	20
3.1.2. <i>Capsule endoscopy</i>	21
3.2. Karakteristik <i>Viscoelastic</i> pada Usus Kecil.....	22
3.2.1. Cara menentukan sifat viscoelastic material usus kecil	22
3.3. Pengaruh Geometri <i>Capsule Endoscopy</i> Terhadap Gesekan	24
3.3.1. Pengaruh geometri permukaan dan kontak area <i>capsule endoscopy</i>	24
3.3.2. Pengaruh panjang dan diameter <i>capsule endoscopy</i>	24
3.4. Distribusi Tegangan	25
3.4.1. Deformasi usus halus.....	25
3.4.2. Tegangan pada usus kecil	27
BAB IV PEMODELAN CAPSULE ENDOSCOPY MENGGUNAKAN FEM	29
4.1 Pendahuluan	29
4.1.1 Metode elemen hingga.....	29
4.1.2 Teori dasar metode elemen hingga.....	29
4.2 Metodologi pemodelan.....	34
4.3 Spesifikasi pemodelan <i>capsule endoscopy</i> dan usus kecil	35
4.4 Prosedur Pembuatan model <i>capsule endoscopy</i> dan Usus Kecil	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	55
5.1 Hasil Metode Analitik	55
5.1.1 Analisa hasil perhitungan prediksi model untuk menentukan sifat <i>viscoelastic</i> pada material usus kecil	55
5.1.2 Analisa hasil perhitungan <i>present</i> model <i>capsule endoscopy</i>	56
5.2 Hasil Simulasi dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga.....	57

5.2.1	Analisa grafik <i>present</i> model 1 dan model Kim dkk.....	57
5.2.2	Analisa grafik <i>present</i> model 1, 2 dan 3 <i>capsule endoscopy</i>	58
5.2.2.1	<i>Present</i> model 1 dengan variasi jari-jari <i>filled</i>	58
5.2.2.2	<i>Present</i> model 2 dengan variasi jari-jari kontak area ...	59
5.2.2.3	<i>Present</i> model 3 dengan variasi jari-jari area kontak...	61
5.2.3	Analisa perbandingan grafik nilai <i>hoop stress</i> terhadap waktu antara <i>present</i> model 1, 2 dan 3 <i>capsule endoscopy</i>	63
BAB VI PENUTUP		65
6.1	Kesimpulan	65
6.2	Saran	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	a). <i>Capsule endoscopy</i> , b). Objek hasil diagnosis.....	2
Gambar 1.2	<i>Flowchart</i> penelitian.....	4
Gambar 2.1	Material <i>elastic</i> ketika diberi tegangan konstan.....	6
Gambar 2.2	Material <i>elastic</i> ketika diberi regangan konstan.....	7
Gambar 2.3	Kurva tegangan-regangan material <i>elastic</i> dan <i>viscoelastic</i> pada siklus pembebanan	7
Gambar 2.4	Fenomena pada material <i>viscoelastic</i>	9
Gambar 2.5	Elemen <i>spring</i>	10
Gambar 2.6	Elemen <i>dashpot</i>	11
Gambar 2.7	Respon dari elemen model Maxwell.....	11
Gambar 2.8	Model Maxwell untuk <i>creep</i> , <i>creep recovery</i> , dan <i>stress relaxation</i>	12
Gambar 2.9	Generalisasi model Maxwell <i>parallel</i>	13
Gambar 2.10	Model Kelvin Voigt.....	14
Gambar 2.11	Model Kelvin untuk <i>creep</i> , <i>creep recovery</i> , dan <i>stress relaxation</i>	15
Gambar 2.12	Generalisasi model Kelvin Voigt <i>parallel</i>	15
Gambar 2.13	Model <i>Standard Linear Solid (SLS)</i>	16
Gambar 2.14	Model SLS untuk <i>creep</i> , <i>creep recovery</i> , dan <i>stress relaxation</i>	17
Gambar 2.15	Prinsip superposisi Boltzman.....	18
Gambar 3.1	Posisi usus kecil di dalam tubuh.	21
Gambar 3.2	Pengujian tegangan relaksasi material usus kecil (a.gaya sensor b. spesimen holder c. roda esentrik d. spring e. motor).....	23
Gambar 3.3	Model <i>viscoelastic</i> untuk tegangan relaksasi usus kecil	23
Gambar 3.4	Perbandingan sudut kontak <i>capsule endoscopy</i>	24
Gambar 3.5	Pemodelan <i>capsule endoscopy</i> di dalam usus kecil	26

Gambar 3.6	Potongan usus kecil dimodelkan sebagai kontak <i>vessel</i>	27
Gambar 4.1	Elemen garis.....	31
Gambar 4.2	Elemen bidang.....	31
Gambar 4.3	Elemen volume.....	32
Gambar 4.4	a). Model elemen garis b) Model struktur gabungan dua elemen garis	32
Gambar 4.5	<i>Flow chart</i> pemodelan.....	35
Gambar 4.6	Pemodelan usus kecil a). 3D, b). <i>2D axisymmetric</i>	36
Gambar 4.7	<i>Present</i> model 1 a). 3D, b). <i>2D axisymmetric</i>	37
Gambar 4.8	<i>Present</i> model 2 a). 3D, b). <i>2D axisymmetric</i>	38
Gambar 4.9	<i>Present</i> model 3 a). 3D, b). <i>2D axisymmetric</i>	39
Gambar 4.10	a) Material <i>elastic</i> b) Material <i>viscoelastic</i>	42
Gambar 4.11	Parameter densitas.....	44
Gambar 4.12	<i>Create section</i>	45
Gambar 4.13	<i>Edit section</i>	45
Gambar 4.14	Memasukkan <i>section</i>	46
Gambar 4.15	<i>Assembly</i>	47
Gambar 4.16	<i>Create step</i>	48
Gambar 4.17	<i>Create interaction</i>	49
Gambar 4.18	<i>Edit interaction</i> dan <i>contact property</i>	50
Gambar 4.19	<i>Create boundary condition</i>	51
Gambar 4.20	<i>Edit boundary condition</i>	51
Gambar 4.21	<i>Create velocity</i>	52
Gambar 4.22	Memasukkan nilai kecepatan	52
Gambar 4.23	<i>Mesh</i>	53
Gambar 4.24	<i>Create job</i>	53
Gambar 4.25	<i>Job manager</i>	54
Gambar 4.26	Proses <i>running/iterasi</i>	54
Gambar 5.1	Grafik hasil eksperimen dan pemodelan Kim dkk.....	55
Gambar 5.2	Grafik perbandingan variasi elemen generalisasi model Maxwell	56

Gambar 5.3	Grafik perbandingan hasil perhitungan analitik dan FEM antara Kim dkk dan penulis.....	57
Gambar 5.4	<i>Present</i> model 1.....	58
Gambar 5.5	Grafik perbandingan <i>hoop stress</i> terhadap waktu dengan variasi jari-jari <i>filled</i>	59
Gambar 5.6	<i>Present</i> model 2.....	60
Gambar 5.7	Grafik perbandingan <i>hoop stress</i> terhadap waktu dengan variasi jari-jari kontak area	60
Gambar 5.8	<i>Present</i> model 3.....	61
Gambar 5.9	Grafik perbandingan <i>hoop stress</i> terhadap waktu dengan variasi jari-jari kontak area	62
Gambar 5.10	<i>Grafik perbandingan hoop stress terhadap waktu antara present model 1, 2 dan 3</i>	63

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Spesifikasi geometri pemodelan usus kecil	36
Tabel 4.2	Spesifikasi geometri <i>present</i> model 1.	37
Tabel 4.3	Spesifikasi geometri <i>present</i> model 2.	38
Tabel 4.4	Spesifikasi geometri <i>present</i> model 3	39
Tabel 4.5	Material propertis usus kecil.....	40
Tabel 4.6	Hasil eksperimen <i>stress relaxation test</i> sebagai respon <i>viscoelastic</i>	40
Tabel 4.7	Material propertis <i>capsule endoscopy</i>	41

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
ε	Regangan	[-]
σ	Tegangan	[MPa]
σ_0	<i>Hoop stress</i>	[MPa]
E	Modulus elastisitas	[MPa]
G	<i>Shear modulus Relaxation</i>	[MPa]
$\lambda(x)$	Tebal dinding usus kecil	[mm]
D_{ob}	Diameter luar usus kecil sebenarnya	[mm]
D_{ib}	Diameter dalam usus kecil sebenarnya	[mm]
D_{mb}	Diameter rata-rata usus kecil sebenarnya	[mm]
R_A	Jari-jari <i>filled</i> bagian A	[mm]
R_C	Jari-jari <i>filled</i> bagian C	[mm]
D_o	Diameter luar saat kontak	[mm]
D_i	Diameter dalam saat kontak	[mm]
D_m	Diameter rata-rata saat kontak	[mm]
v	Kecepatan <i>sliding</i>	[mm/s]
x	Jarak <i>sliding</i>	[mm]
t	Waktu	[s]
L_A	Jarak kontak area bagian depan terhadap sumbu y	[mm]
L_C	Jarak kontak area bagian belakang terhadap sumbu y	[mm]
H_A	Jarak kontak area bagian depan terhadap sumbu x	[mm]
H_C	Jarak kontak area bagian belakang terhadap sumbu y	[mm]
$q(x)$	Tekanan yang berubah terhadap jarak	[MPa]