

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M7-024 Analisa Kontak Sambungan Tulang Pinggul Buatan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Sugiyanto¹, Iwan Sutrisno¹, Jamari¹, Rifky Ismail¹, M. Tauviqirrahman^{1*},

¹Laboratorium Perancangan Teknik dan Tribologi, Jurusan Teknik Mesin,
Universitas Diponegoro, Semarang
*e-mail: mtauviq99@yahoo.com

ABSTRAK

Respon tiap material terhadap beban luar yang diberikan tergantung sifat material tersebut. Material dapat bersifat elastik, elastik-plastik, plastik, viskoelastik atau viskoplastik. Respon material yang menunjukkan karakteristik viskosus dan elastik ketika terjadi deformasi dikatakan bersifat viskoelastik. Aplikasi material viskoelastik salah satunya ada pada bidang bio-engineering. Dalam bidang ini material viskoelastik dapat diaplikasikan pada sistem sambungan tulang pinggul buatan sebagai bearing.

Teori mengenai kontak viskoelastik telah dikembangkan oleh Lee & Radok secara analitik dari teori kontak elastik Hertz. Penelitian pada sistem sambungan tulang pinggul buatan dilakukan dengan membuat model kontak antara femoral head dengan acetabular cup yang menerima beban statik selama kurun waktu tertentu. Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan software ANSYS 9.0

Hasil simulasi kontak pada sistem sambungan tulang pinggul buatan menunjukkan pengaruh bearing dari material UHMWPE yang bersifat viskoelastik terhadap distribusi tegangan von Mises yang terjadi. Karena sifat viskoelastik UHMWPE ini, tegangan von Mises yang dialami tulang dan semen acrylic dapat tereduksi.

Kata kunci: viskoelastik, sistem sambungan tulang pinggul buatan, metode elemen hingga

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

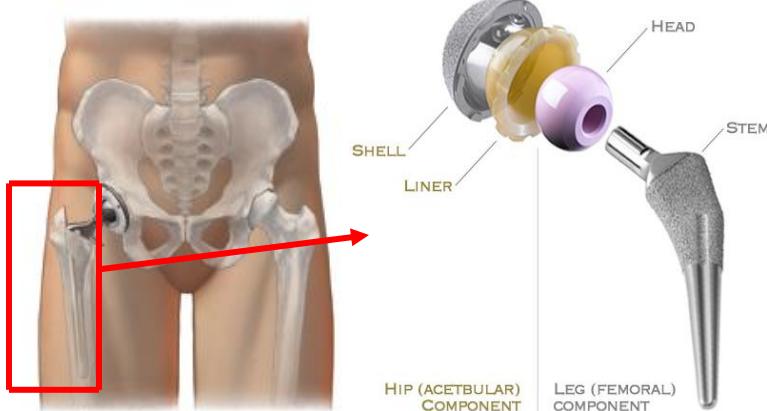
1. Pendahuluan

Sifat *viscoelastic* merupakan suatu sifat material yang menunjukkan respon *elastic* dan *viscous* ketika terjadi deformasi. Tegangan dan regangan yang terjadi pada material *viscoelastic* merupakan suatu fungsi waktu. Beberapa material yang menunjukkan sifat *viscoelastic* adalah *polymer*, tubuh manusia, kayu, dan beberapa logam pada temperatur tinggi. Aplikasi *polymer* sebagai material yang memiliki sifat *viscoelastic* salah satunya ada pada bidang *bio-engineering* yaitu sebagai *bearing* di sistem sambungan tulang buatan. Sistem sambungan tulang buatan dibuat untuk menggantikan sambungan tulang manusia yang mengalami kerusakan akibat penyakit tulang (*arthritis*) atau kerusakan akibat faktor lain seperti kecelakaan dan kekurangan nutrisi [1]. Ada beberapa jenis sambungan tulang buatan seperti pada bahu, lutut, pinggul, jari, dan sendi-sendi lainnya. Pada penelitian kali ini dipilih sambungan tulang pinggul buatan seperti ditunjukkan Gambar 1 sebagai objek penelitian.

Penelitian ini menfokuskan pada pemodelan kasus kontak dengan menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak ANSYS 9.0 pada sambungan tulang pinggul buatan yang menerima beban statik selama kurun waktu tertentu. Tujuan penelitian ini dikhususkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan material *viscoelastic* terhadap hasil distribusi tegangan *von Mises* yang terjadi pada sistem sambungan tulang buatan jika diberi beban statik selama kurun waktu tertentu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lagi untuk membuat optimasi desain sambungan tulang pinggul buatan.

2. Metodologi

Material properties yang digunakan sebagai masukan dalam pemodelan di *software* ANSYS dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel 3 menunjukkan dimensi pemodelan yang dibuat dalam penelitian ini. Pemodelan dengan metode elemen hingga dengan *software* ANSYS menggunakan tipe elemen PLANE182 dan jenis kontak TARGE169 dengan CONTA172. Gambaran kasus kontak sambungan tulang pinggul buatan dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan metode elemen hingga, kasus kontak pada Gambar 2 dapat disederhanakan seperti pada Gambar 3. Kasus pembebahan yang dilakukan adalah beban statik sebesar 2500 N atau setara empat kali berat manusia dewasa selama 5 menit pembebahan. Kurun waktu yang diberikan adalah untuk mengetahui pengaruh sifat *viscoelastic* yang merupakan suatu fungsi waktu.



Gambar 1. Sambungan tulang pinggul buatan [2, 3]

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 1. *Material properties [4, 5]*

Material	Young modulus [MPa]	Poisson's ratio	Yield strength [MPa]
Acrylic cement	2300	0.30	29
Bone	17000	0.30	120
PMMA	2944	0.38	92
Stainless steel	200000	0.30	875
UHMWPE	1000	0.45	20

Tabel 2. *Shear modulus hasil relaxation test [6, 7]*

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

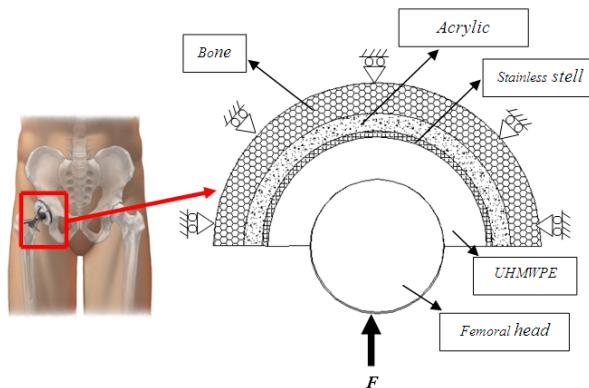
UHMWPE	
<i>t</i> (s)	<i>G</i> (MPa)
1	2.99
12	1.38
24	1.23
36	1.12
48	1.11
60	1.08
72	1.06
84	1.04
108	1.01
120	0.98
240	0.86
360	0.79
480	0.74
600	0.69
720	0.66
840	0.64
960	0.61

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

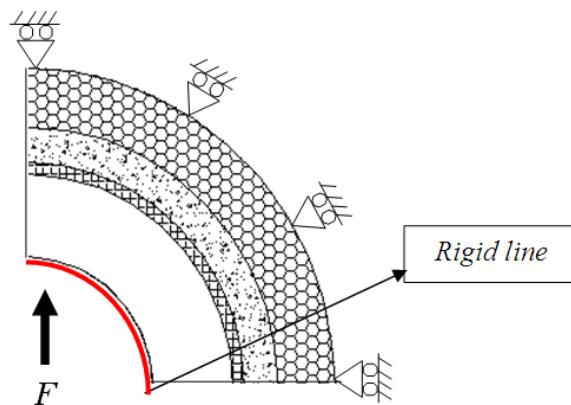
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 3. Dimensi *artificial hip joint system*

Bagian <i>artificial hip joint system</i>	Dimensi (mm)
<i>Femoral head radius</i>	11
<i>UHMWPE radius</i>	11.1
Ketebalan <i>UHMWPE</i>	7
Ketebalan <i>shell</i>	1
Ketebalan <i>cement</i>	3



Gambar 2. Kontak sambungan tulang pinggul buatan



Gambar 3. Penyederhanaan model kontak

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 4 menunjukkan plot distribusi tegangan *von Mises* hasil pemodelan *present model* untuk kasus kontak sambungan tulang pinggul buatan ketika awal pembebahan dan ketika sudah 5 menit waktu pembebahan.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Pada awal waktu pembebangan tegangan *von Mises* maksimum pada tiap lapisan adalah:

- Lapisan UHMWPE = 12.89 MPa
- Lapisan *Stainless stell* = 45.44 MPa
- Lapisan *Acrylic cement* = 2.79 MPa
- Lapisan *Bone* = 2.73 MPa

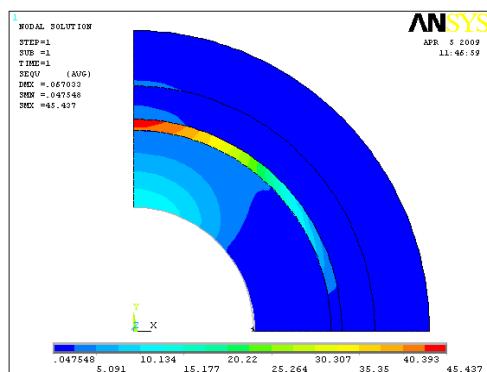
Setelah 5 menit pembebangan terjadi penurunan tegangan *von Mises* maksimum menjadi:

- Lapisan UHMWPE = 8.53 MPa
- Lapisan *Stainless stell* = 36.63 MPa
- Lapisan *Acrylic cement* = 2.15 MPa
- Lapisan *Bone* = 2.06 MPa

Penurunan tegangan *von Mises* ini dikarenakan material UHMWPE pada lapisan pertama adalah material *viscoelastic* yang mengalami *creep* ketika diberikan tegangan konstan. Area kontak antara *rigid indenter* dengan lapisan UHMWPE semakin meluas seiring dengan waktu sehingga tegangan semakin turun.

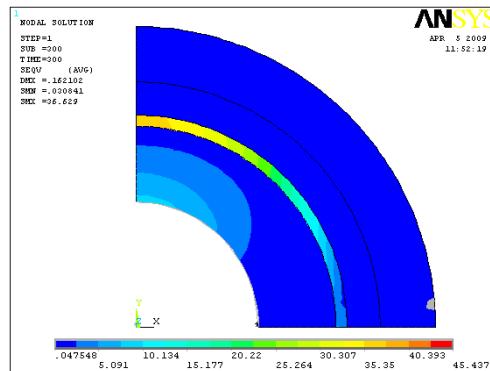
Penurunan tegangan *von Mises* maksimum yang terjadi pada masing-masing material adalah sebagai berikut:

- Lapisan UHMWPE = 4.3648 MPa
- Lapisan *Stainless stell* = 8.808 MPa
- Lapisan *Acrylic cement* = 0.64 MPa
- Lapisan *Bone* = 0.67 MPa



Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 4. Distribusi tegangan *von Mises* awal pembebangan dan setelah 5 menit pembebangan

4. Kesimpulan

Simulasi kontak menggunakan metode elemen hingga pada sistem sambungan tulang pinggul buatan dapat menunjukkan pengaruh material *viscoelastic* terhadap distribusi tegangan yang terjadi pada tiap-tiap lapisan.

Daftar Pustaka

- [1] R. E. Smallman dan R. J. Bishop, 2000, *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*, PT.Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- [2] ANSYS, Inc., 2005, ANSYS Contact Technology Guide, ANSYS, Inc., USA.
- [3] P. Ghost, 2002, *Polymer Science and Technology*, Mc.Graw-Hill, New Delhi, India.
- [4] ANSYS, Inc., 2005, ANSYS Contact Technology Guide, ANSYS, Inc., USA.
- [5] R. Lakes,1998, *Viscoelastic solids*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- [6] T. Stolarski, Y. Nakasone and S. Yoshimoto, 2006, *Enginering Analysis with ANSYS SOFTWARE*, Butterworth-Heinemann, Amsterdam.
- [7] Sheldon, www.ansys.net/sheldon_tips/, 30 Agustus 2008.