

LAPORAN TUGAS AKHIR

**SIMULASI KONTAK KOMPONEN *ACETABULAR* PADA
SAMBUNGAN TULANG PINGGUL BUATAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**

Diajukan Sebagai Salah Satu Tugas dan Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)



Disusun oleh:

INDRA CAHYONO

L2E007049

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2011

TUGAS AKHIR

Diberikan kepada:

Nama : Indra Cahyono

NIM : L2E 007 049

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA.

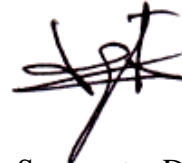
Jangka Waktu : 9 (sembilan) bulan

Judul : **Simulasi Kontak Komponen *Acetabular* pada Sambungan Tulang Pinggul Buatan menggunakan Metode Elemen Hingga.**

Isi Tugas :

1. Analisa kontak pada komponen *acetabular* tulang pinggul buatan.
2. Membandingkan hasil yang diperoleh dengan penelitian yang ada.
3. Analisa kontak pada komponen *acetabular* tulang pinggul buatan dengan rancangan baru.

Dosen Pembimbing,



Ir. Sugiyanto, DEA

NIP. 196001251987031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Indra Cahyono

NIM : L2E007049

Tanda Tangan :



Tanggal : Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Indra Cahyono

NIM : L2E 007 049

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Simulasi Kontak Komponen *Acetabular* pada Sambungan Tulang Pinggul Buatan menggunakan Metode Elemen Hingga.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

()

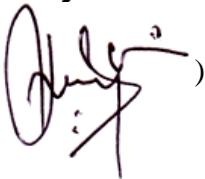
Penguji : Dr. Sulardjaka, ST, MT

()

Penguji : Dr. Rusnaldy, ST, MT

()

Penguji : Dr. MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT

()

Semarang, Desember 2011

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : INDRA CAHYONO
NIM : L2E 007 049
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

SIMULASI KONTAK KOMPONEN *ACETABULAR* PADA SAMBUNGAN
TULANG PINGGUL BUATAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN
HINGGA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Desember 2011

Yang menyatakan



Indra Cahyono
NIM. L2E007049

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

”Kegagalan hanya terjadi apabila kita menyerah”

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ❖ Kedua orang tua saya yang selalu memberikan do’a, nasehat, kasih sayang serta dukungan baik moral maupun material.
- ❖ Adik saya Rama Wijaya dan Erna Widhiyanti yang selalu memberikan motivasi untuk selalu melakukan yang terbaik.
- ❖ Yulita Ismaya yang selalu mengingatkan saya untuk menyelesaikan tugas sarjana ini tepat pada waktunya.

ABSTRAK

Sambungan tulang pinggul adalah salah satu sambungan tulang pada manusia yang sangat rentan cedera karena menopang beban yang besar. Pada orang yang menderita penyakit *osteoarthritis*, tulang rawan pada sambungan hip mengalami keausan atau penipisan akibat gesekan. Keausan atau penipisan ini akan mengakibatkan permukaan tulang rawan *hip joint* bergelombang dan tidak rata. Selain menimbulkan rasa sakit, gerakan *hip joint* tidak lancar, kadang-kadang berbunyi, dan bahkan dapat menimbulkan pergeseran dari posisi normalnya. Selanjutnya, *hip joint* perlu diganti dengan tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*).

Saat ini bantalan hip (*hip bearing*) pada sambungan tulang pinggul buatan dikelompokkan dalam *hard-on-hard bearing* dan *hard-on-soft bearing*. Dalam jenis *hard-on-soft bearing* material yang sering digunakan adalah UHMWPE dan *stainless steel* 316L. Kegagalan masih sering terjadi pada sambungan tulang pinggul buatan, antara lain dapat disebabkan oleh aspek medis dan aspek tribologi. Aspek tribologi antara lain seperti keausan pada bantalan *hip joint* karena terjadinya kontak antar komponen.

Pada penelitian kali ini akan diambil kasus kontak antar komponen *acetabular* pada sambungan tulang pinggul buatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh perancangan desain seperti *radial clearance acetabular liner* dan variasi pemasangan komponen *acetabular* terhadap distribusi tegangan *von mises*. Beban diberikan pada titik tengah dari *femoral head*, statis sebesar 3000 N dan kontak antar komponen *acetabular* terjadi gaya gesek dengan koefisien gesek sebesar 0,09.

Dari hasil yang diperoleh semakin besar *radial clearance acetabular liner*, semakin tinggi tegangan *von mises* maksimum yang terjadi. Sebaliknya, semakin kecil *radial clearance acetabular liner* semakin kecil tegangan *von mises* maksimum yang terjadi.

Kata kunci: sambungan tulang pinggul buatan, tegangan *von mises*, *radial clearance*, *acetabular*.

ABSTRACT

Hip joints is one of human's joint which are very vulnerable and prone to injuries because it sustains heavy weight of the body. For those who suffer from osteoarthritis, the cartilage in the joint hip is wearing and thinning due to friction. Wear or depletion will result in hip joint cartilage surface bumpy and uneven, causing pain, rough movement, sometimes sounds, and can even cause a shift from its normal position. Furthermore, the hip joint needs to be replaced with an artificial hip bone (artificial hip joint).

Nowdays, bearing hip (hip bearing) on artificial hip joints is grouped in a hard-on-hard bearing and hard-on-soft bearings. In this kind of a hard-on-soft bearing material that used is UHMWPE and 316L stainless steel. Failure is still common in artificial hip joints. It can be caused by medical aspects and tribological aspects. Tribologi aspects such as the hip joint wear and tear on the pads because of contact between components.

The present study would take the case of contact between the acetabular components in artificial hip joints. This study aims to analyze the influence of design planning such as the radial clearance of the acetabular liner and variations pairs of acetabular component towards von Mises stress distribution. Static load 3000 N is given at the midpoint of femoral head and the contact between the acetabular component occurred with a friction coefficient of friction of 0.09.

From the results, the greater radial clearance of the acetabular liner, the higher the maximum von Mises stress occurs. Conversely, the smaller the radial clearance acetabular liner, smaller maximum von Mises stress occurs

Keywords: artificial hip joint, von mises stress, radial clearance, acetabular.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat 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 terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sugiyanto, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana, atas bimbingan dan bantuannya.
2. Bapak dr. Iwan Budiwan Anwar, SpOt selaku tim dokter pembimbing Tugas Sarjana, atas bimbingan dan bantuannya.
3. Bapak Dr. Jamari, ST, MT selaku kepala laboratorium EDT jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
4. Bapak Rifky Ismail, ST, MT, Bapak Muhammad Tauviqirrahman, ST, MT, dan Mbak Nur, atas bimbingan, motivasi dan bantuannya.
5. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Sarjana ini.

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 dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Desember 2011

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Metodologi Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TEORI <i>HIP JOINT</i>	7
2.1 Sambungan Tulang Pinggul (<i>Hip Joint</i>).....	7
2.2 Gambaran Umum Tentang <i>Hip Joint Replacement</i>	8
2.3 Komponen Tulang Pinggul Buatan (<i>Artificial Hip Joint</i>).....	10
2.4 Jenis-Jenis Material <i>Bearing</i> pada <i>Artificial Hip Joint</i>	12
2.4.1 <i>Metal-on-Metal Hip Bearing</i>	13
2.4.2 <i>Ceramic-on-Ceramic Hip bearing</i>	15
2.4.3 <i>Hard -on- Soft Bearing</i>	16
2.5 Geometri Komponen <i>Acetabular</i>	17

2.5.1 <i>Femoral Head Bone</i>	17
2.5.2. Penggambaran Model Komponen <i>Acetabular</i>	18
BAB III KONTAK PADA KOMPONEN <i>ACETABULAR</i>	20
3.1 Pendahuluan	20
3.2 Perkembangan Komponen <i>Acetabular</i>	22
3.3 UHMWPE	23
3.3 Kontak pada Komponen <i>Acetabular</i>	24
BAB IV PROSEDUR PEMODELAN DENGAN METODE ELEMEN HINGGA ...	27
4.1 Teori Dasar Metode Elemen Hingga	27
4.1.1 Konsep Dasar Analisis MEH.....	28
4.1.2 Jenis Elemen pada Metode Elemen Hingga	28
4.1.3 Sistem Persamaan	29
4.2 Pengenalan Abaqus	31
4.3 <i>Flow Chart</i> Pemodelan dalam Abaqus 6.10-1	32
4.4 <i>Spesifikasi</i> Masalah	33
4.5 Pembangunan Model dalam Solidworks 2010.....	35
4.6 <i>Pre-processing</i>	38
4.6.1 Langkah untuk Meng- <i>import</i> Komponen dalam Abaqus 6.10-1	38
4.6.2 Pemberian Properti Material pada Komponen.....	42
4.6.3 Assembly Komponen.....	43
4.6.4 Menentukan Jenis Analisa FEM (<i>Step</i>)	44
4.6.5 Menentukan Pasangan Kontak (<i>Interaction</i>)	44
4.6.6 Pembebanan dan Pemberian Kondisi Batas	45
4.6.7 <i>Meshing</i>	49
4.7 Pemecahan Masalah (<i>Solving</i>)	49
4.8 <i>Post-processing</i>	51
BAB V HASIL DAN ANALISA.....	52
5.1 Validasi Model dan Proses Simulasi	52
5.2 Perbandingan Ukuran Komponen <i>Acetabular</i>	56
5.3 Simulasi Rancangan Komponen <i>Acetabular</i>	58
5.3.1 Simulasi <i>Femoral Head - Acetabular Liner</i>	59

5.3.2 Simulasi <i>Femoral Head - Acetabular Liner - Acetabular Shell</i>	60
5.3.3 Simulasi <i>Femoral Head - Acetabular Liner - Acetabular Shell - Cancellous Bone</i>	61
5.4 Simulasi rancangan komponen <i>acetabular</i> dalam beberapa variasi aktivitas	64
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	66
6.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	
A. Gambar Kerja Rancangan <i>Artificial Hip Joint</i>	
B. Data Rekam Medis Pasien THR dan HA Rumah Sakit Prof. R. Soeharso	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Sambungan hip (<i>hip joint</i>) pada manusia.....	1
Gambar 1.2	Sambungan tulang pinggul buatan.....	2
Gambar 1.3	<i>Flowchart</i> penelitian.....	5
Gambar 2.1	Bagian - bagian <i>hip joint</i> normal	7
Gambar 2.2	Bagian - bagian <i>hip arthritis</i>	8
Gambar 2.3	<i>Hip joint</i> yang normal	8
Gambar 2.4	Indikasi terjadinya <i>arthritis</i>	9
Gambar 2.5	Pemotongan tulang <i>femur</i> dan pemasangan <i>hip joint prosthesis</i>	9
Gambar 2.6	<i>Hip joint</i> sebelum dan sesudah dilakukan <i>hip replacement</i>	10
Gambar 2.7	<i>Artificial hip joint</i>	10
Gambar 2.8	Komponen <i>acetabular</i>	11
Gambar 2.9	<i>Femoral stem</i>	12
Gambar 2.10	Perkembangan material <i>bearing</i> pada sambungan tulang pinggul buatan.....	13
Gambar 2.11	<i>Metal-on-metal hip bearing</i>	14
Gambar 2.12	<i>Metal-on- UHMWPE hip bearing</i>	16
Gambar 2.13	<i>FEM</i> pada komponen sistem <i>acetabular</i>	19
Gambar 3.1	Skema <i>ethylene</i> dan <i>polyethylene</i>	23
Gambar 3.3	Contoh kerusakan UHMWPE pada <i>acetabular liner</i>	24
Gambar 4.1	Aplikasi penggunaan FEM pada masalah teknik.....	27
Gambar 4.2	Elemen garis.....	28
Gambar 4.3	Elemen bidang.....	29
Gambar 4.4	Elemen volume.....	29
Gambar 4.5	Diagram benda bebas dari elemen pegas linier.....	30
Gambar 4.6	<i>Flow chart</i> pemodelan dalam Abaqus 6.10-1	32
Gambar 4.7	Pemodelan komponen <i>acetabular</i> sambungan tulang pinggul buatan	33
Gambar 4.8	Ukuran komponen <i>acetabular</i>	34
Gambar 4.9	Tampilan fasilitas <i>new part</i> dan lembar kerja	36

Gambar 4.10	<i>Cancellous bone</i> dalam Solidworks 2010	37
Gambar 4.11	<i>Acetabular Shell part</i> dalam Solidworks 2010	37
Gambar 4.12	<i>Acetabular Liner part</i> dalam Solidworks 2010.....	37
Gambar 4.13	<i>Femoral head part</i> dalam Solidworks 2010.....	38
Gambar 4.14	Step-step cara <i>import</i> ke Abaqus 6.10-1	39
Gambar 4.15	Cara memilih <i>file filter iges</i>	39
Gambar 4.16	Pemberian properti material <i>elastic</i> pada komponen.....	40
Gambar 4.17	<i>Create section</i>	41
Gambar 4.18	<i>Edit section</i>	41
Gambar 4.19	<i>Section assignment</i>	42
Gambar 4.20	<i>Femoral head analitical rigid</i>	43
Gambar 4.21	<i>Assembly</i> dari semua komponen	43
Gambar 4.22	Pemilihan <i>step</i>	44
Gambar 4.23	<i>Create interaction</i>	45
Gambar 4.24	<i>Create boundary condition</i>	46
Gambar 4.25	Menu <i>boundary condition</i>	47
Gambar 4.26	<i>Create load</i>	48
Gambar 4.27	Memasukkan data dan pemilihan titik untuk <i>load</i>	48
Gambar 4.28	<i>Meshing</i>	49
Gambar 4.29	<i>Create job</i>	50
Gambar 4.30	<i>Job manager</i>	50
Gambar 4.31	Contoh hasil <i>von misses stress</i> pada <i>acetabular liner</i> dengan <i>radial clearance</i> 0,05 ($\Delta r_i = 0,05$)	51
Gambar 5.1	Jenis <i>meshing hexahedron with open cubic box model</i>	52
Gambar 5.2	Keterangan ukuran <i>acetabular liner</i>	53
Gambar 5.3	Pembebanan dengan <i>load angle</i> 0^0 dan <i>fixed boundary condition</i>	54
Gambar 5.4	<i>Von misses stress acetabular liner (22/39)</i> dengan <i>radial clearance</i> 0,05 ($\Delta r_i = 0,05$).....	54
Gambar 5.5	<i>Von misses stress acetabular liner (22/39)</i> dengan <i>radial clearance</i> 0,22 ($\Delta r_i = 0,22$).....	55

Gambar 5.6	<i>Von misses stress acetabular liner (28/43) dengan radial clearance 0,05 ($\Delta r_i = 0,05$)</i>	57
Gambar 5.7	<i>Von misses stress acetabular liner (28/43) dengan radial clearance 0,22 ($\Delta r_i = 0,22$)</i>	57
Gambar 5.8	Perbandingan hasil simulasi <i>von misses stress</i> pada ukuran <i>acetabular 22/39 dan 28/43</i> dengan variasi <i>radial clearance 0,05 dan 0,22</i>	58
Gambar 5.9	Simulasi <i>femoral head - acetabular liner</i>	59
Gambar 5.10	<i>Von misses stress acetabular liner (28/43)</i> hasil rancangan (simulasi <i>femoral head - acetabular liner</i>)	59
Gambar 5.11	Simulasi <i>femoral head - acetabular liner - acetabular shell</i>	60
Gambar 5.12	<i>Von misses stress acetabular liner (28/43)</i> hasil rancangan (simulasi <i>femoral head - acetabular liner - acetabular shell</i>)	60
Gambar 5.13	<i>Von misses stress back surface acetabular liner (28/43)</i> hasil rancangan (simulasi <i>femoral head - acetabular liner - acetabular shell</i>).....	61
Gambar 5.14	Simulasi <i>femoral head - acetabular liner - acetabular shell - bone</i>	61
Gambar 5.15	<i>Von misses stress acetabular liner (28/43)</i> hasil rancangan (simulasi <i>head - liner - acetabular shell - cancellous bone</i>).....	62
Gambar 5.16	<i>Von misses stress back surface acetabular liner (28/43)</i> hasil rancangan (<i>head - liner - shell - cancellous bone</i>).....	62
Gambar 5.17	Hasil simulasi <i>von mises stress</i> dengan beberapa variasi pasangan komponen <i>acetabular</i>	63
Gambar 5.18	Hasil simulasi <i>von misses stress acetabular liner</i> hasil rancangan pada saat kondisi melompat.....	64
Gambar 5.19	Hasil simulasi <i>von misses stress acetabular liner</i> hasil rancangan pada saat kondisi melompat.....	65
Gambar 5.20	Hasil simulasi <i>von misses stress acetabular liner</i> hasil rancangan pada beberapa kondisi yang berbeda	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran <i>femoral head bone</i>	18
Tabel 2.2	Data ukuran komponen <i>acetabular</i> dan <i>femoral head</i>	22
Tabel 3.1	<i>Maximal joint forces in multiples of body weight</i>	26
Tabel 3.2	Pembebanan pada <i>hip joint</i> dengan beberapa variasi aktivitas.....	26
Tabel 4.1	Ukuran komponen <i>acetabular</i> hasil rancangan.....	34
Tabel 4.2	<i>Material properties</i>	35
Tabel 5.1	Data ukuran komponen komponen <i>acetabular 22/39</i>	53
Tabel 5.2	Perbandingan hasil <i>simulasi von misses stress</i> pada <i>acetabular liner</i> antara <i>present model</i> dengan Kurtz model.....	55
Tabel 5.3	Data ukuran komponen <i>acetabular 28/43</i> hasil rancangan	56

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
A	<i>Contact area</i>	[mm ²]
E	Modulus elastisitas	[MPa]
F_N	Gaya arah normal	[N]
$G(t)$	<i>Shear modulus</i>	[MPa]
p	Tekanan	[MPa]
R	Jari-jari	[mm]
S_y	<i>Yield strength</i>	[MPa]
u	<i>Displacement</i>	[-]
V	<i>Volume</i>	[mm ³]
ν	<i>Poisson's ratio</i>	[-]
δ	Deformasi	[mm]
μ	Koefisien gesek	[-]
ε	Regangan	[-]
σ	Tegangan	[MPa]
τ	Tegangan geser	[MPa]
Δr_1	<i>Radial clearance</i>	[mm]