

SKRIPSI
ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG
PINGGUL BUATAN (ARTIFICIAL HIP JOINT)
DENGAN DIMPLE PADA PERMUKAAN FEMORAL



DHIKA WICAKSONO
03051281419086

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

SKRIPSI
ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG
PINGGUL BUATAN (ARTIFICIAL HIP JOINT)
DENGAN DIMPLE PADA PERMUKAAN FEMORAL

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH
DHIKA WICAKSONO
03051281419086

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG PINGGUL BUATAN (ARTIFICIAL HIP JOINT) DENGAN DIMPLE PADA PERMUKAAN FEMORAL

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH:
DHIKA WICAKSONO
03051281419086



Sadiq Adi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19511225 199702 1 001

Indralaya, Juli 2018
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi,

Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri
NIP. 19580201 198403 1 002

HALAMAN PERSETUJUAN

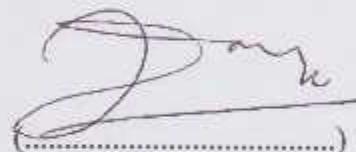
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG PINGGUL BUATAN (ARTIFICIAL HIP JOINT) DENGAN DIMPLE PADA PERMUKAAN FEMORAL" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Juli 2018.

Indralaya, 27 Juli 2018

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

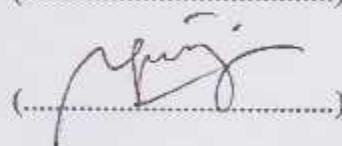
Ketua :

Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.
NIP. 19590823 198903 1 001



Anggota :

1. Ir. Dyos Santoso, M.T.
NIP. 19601223 199102 1 001
2. Ir. Hj. Marwani, M.T
NIP. 19650322 199102 2 001

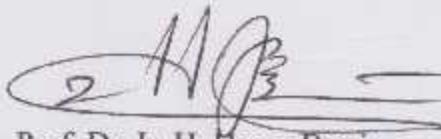
Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,


Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri
NIP. 19580201 198403 1 002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : DHIKA WICAKSONO
NIM : 03051281419086
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : KONSTRUKSI
JUDUL : ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN
TULANG PINGGUL BUATAN (ARTIFICIAL
HIP JOINT) DENGAN DIMPLE PADA
PERMUKAAN FEMORAL

DIBUAT TANGGAL : MARET 2018

SELESAI TANGGAL : JULI 2018

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Iesvadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Indralaya, Juli 2018
Diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing,

Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri
NIP. 19580201 198403 1 002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DHIKA WICAKSONO

NIM : 03051281419086

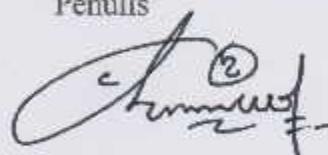
Judul : ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG PINGGUL
BUATAN (ARTIFICIAL HIP JOINT) DENGAN DIMPLE PADA
PERMUKAAN FEMORAL

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2018

Penulis



Dhika Wicaksono

NIM. 03051281419086

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DHIKA WICAKSONO

NIM : 03051281419086

Judul : ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG PINGGUL
BUATAN (ARTIFICIAL HIP JOINT) DENGAN DIMPLE PADA
PERMUKAAN FEMORAL

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Juli 2018



Dhika Wicaksono

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Keausan Pada Sambungan Tulang Pinggul Buatan (*Artificial Hip Joint*) Dengan *Dimple* Pada Permukaan Femoral”.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Ayahanda, Ibunda, Kakak, Adik-adik dan keluarga besar yang selalu memberikan doa serta dukungan kepada penulis selama menggapai cita-cita di tanah rantau.
2. Pakde Drs. H. Amir Soenarso, Ak. yang selalu mendukung dan memberikan bantuan berupa dana yang tak terbatas.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri selaku dosen Pembimbing Skripsi.
4. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng. Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Aneka Firdaus S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan Jurusan Teknik Mesin 2014.
10. Teman-teman seluruh angkatan Jurusan Teknik Mesin.

11. Rekan-rekan sekret squad seperjuangan (Sufran, Raka, Andre, Iqbal, Dahlan, Aviv, Erlangga, Furqon, Tirto, Yudi, Tareq, Asep, Imam, Andeni) dalam menyusun skripsi.
12. Teman seperjuangan skripsi dinegeri melayu seberang (Kak Akbar, Rendi, Risky, Apreka) yang selalu cemas dan khawatir akan skripsi.
13. Keluarga Pelajar Mahasiswa Batanghari (KPMB) terkhususnya angkatan 14 (Akmal, Syarif, Septian, Yudha, Yoga, Bella, Dian, Ayu, Desi, Ocha, Nanda, Fara) yang selalu memberikan semangat dan menjadi keluarga dirantauan.
14. Para penghuni kosan Pondok Bersyukur yang membuat suasana ceria.
15. Sahabat kampung yang selalu menyuruh penulis untuk pulang (Omi, Firman, Diana, Endah, Wiwid, Reni).
16. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, Juli 2018

Penulis

RINGKASAN

ANALISIS KEAUSAN PADA SAMBUNGAN TULANG PINGGUL BUATAN (*ARTIFICIAL HIP JOINT*) DENGAN *DIMPLE* PADA PERMUKAAN FEMORAL.

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2018

Dhika Wicaksono; Dibimbing Oleh Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri.

The Analysis of Wear on Artificial Hip Joint With Dimple on Femoral Surface.

xxvii + 69 halaman, 12 tabel, 44 gambar, 2 lampiran

RINGKASAN

Perkembangan ilmu pengetahuan menimbulkan ilmu-ilmu baru yang memadukan antara ilmu yang sudah ada dengan ilmu perkembangan yang terbaru. Seperti berkembangnya ilmu perpaduan antar ilmu kedokteran dan ilmu teknik mekanika yang bisa disebut juga sebagai biomekanika (*biomechanics*). Aplikasi dalam hal bidang ini misalnya seperti tentang persendian buatan pada manusia. Salah satu dari persendiannya adalah sambungan tulang pinggul (*Hip Joint*). Ada banyak gerakan yang terjadi pada sambungan tulang pinggul, dan itu berarti akan terjadi banyaknya gesekan. Untuk meredakan gesekan yang terjadi, maka tubuh manusia membentuk lapisan tulang rawan (*cartilage*). Namun, tulang rawan ini akan mengalami dampak keausan atau penipisan dari waktu ke waktu (atau hancur dalam dampak yang traumatis) dan tidak dapat beregenerasi. Akhirnya yang terjadi adalah kontak antar tulang sehingga apabila setiap kali bergerak hal ini akan menimbulkan rasa sakit. Selain menimbulkan rasa sakit, gerakan sambungan tulang pinggul menjadi tidak lancar, kadang kala menghasilkan bunyi, dan bahkan dapat menimbulkan pergeseran dari posisi normalnya. Akhirnya, sambungan tulang pinggul perlu diganti dengan tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*). Tribologi adalah cabang ilmu dan teknologi yang mempelajari peristiwa interaksi dua permukaan yang bergerak relative antar satu terhadap yang lainnya, dimana terdapat fenomena gesekan, pelumasan, dan keausan. Dengan penggunaan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*), maka proses gesekan dan keausan yang terjadi dapat disimulasikan dengan metode elemen hingga. Lalu dilanjutkan dengan mengaplikasikan ilmu permukaan bertekstur berupa dengan penambahan *dimple* pada *artificial hip joint* diharapkan dapat mampu mengurangi tingkat dari laju keausan, sehingga dapat mengurangi tekanan kontak yang terjadi antar permukaan.

Kata Kunci : Sambungan Tulang Pinggul Buatan, Keausan, Gesekan, Tekanan

Kontak, Metode Elemen Hingga.

Kepustakaan: 31 (1953-2017)

SUMMARY

THE ANALYSIS OF WEAR ON ARTIFICIAL HIP JOINT WITH DIMPLE ON FEMORAL SURFACE.

Scientific papers in the form of a thesis, July 2018

Dhika Wicaksono; Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri.

Analisis Keausan pada Sambungan Tulang Pinggul Buatan (*Artificial Hip Joint*) Dengan *Dimple* pada Permukaan Femoral.

xxvii + 69 pages, 12 tables, 44 figures, 2 attachment

Summary

Rapid advances of knowledge to give rise to a new sciences that incorporates the already existing science with science's latest developments, As the development of the science fusion between medical science and the science of mechanical engineering that was also known as biomechanics. The application in terms of this field of artificial joints, for example like in humans. One of the joints is the hip bone connection (Hip Joint). There are many movements that occur at the hip bone connection, and that means a large number of friction will occur. To eased the friction that occurs, then the human body to form a layer of cartilage. However, this cartilage will experienced the effect of wear or thinning over time (or crushed in a traumatic impact) and cannot regenerated. Eventually what happens is the contact between the bones so that when every time it moves it will cause pain. In addition to inflicting pain, movemented of the hip joint becomes not smooth, sometime produced a sound, and can even caused a shift from its normal position. Finally, hip bones connections need to be replaced with an artificial hip joint. Tribology is the branch of science and technology who studies the interactions incident two relative between moving surfaces of one against the other, where there is the phenomenon of friction, lubrication, and wear. With the used of Finite Element Method, then the process of friction and wear that occurs can be simulated by the Analysis Element Method. And continued with applied the science surface textured form with the addition of dimple on the artificial hip joint is expected to be able to reduced the level of a rate of wear, so that it can reduced the contact pressure occurs between the surface.

Keywords : Artificial Hip Joint, Wear, Friction, Contact Pressure, Finite Element Method.

Literature : 31 (1953-2017)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
LAMPIRAN.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sambungan tulang pinggul (hip joint).....	5
2.2 Gambaran umum tulang pinggul buatan (hip joint replacement).....	6
2.3 Komponen tulang pinggul buatan (artificial hip joint).....	8
2.4 Jenis-jenis material pada artificial hip joint.....	9
2.4.1 Bantalan hip (hip bearing)	9
2.4.2 Stem	12
2.5 Studi teoritis tribologi pada artificial hip joint.....	13
2.5.1 Mekanika kontak pada artificial hip joint	14
2.5.2 Friksi (friction)	15

2.5.3	Keausan (wear).....	16
2.5.3.1	Keausan yang disebabkan prilaku mekanis (mechanical).....	16
2.6	Pemodelan keausan.....	20
2.6.1	Model keausan Archard	20
2.6.2	Model keausan Sarkar.....	21
2.6.3	Metode prediksi keausan Podra.....	21
2.7	Permukaan bertekstur (surface texturing).....	22
2.7.1	Parameter permukaan bertekstur.....	22
2.7.2	Pengaruh permukaan bertekstur pada performansi tribologi.....	23
2.7.2.1	Gesekan.....	24
2.7.2.2	Keausan.....	25
2.8	Teori dasar metode elemen hingga .. .	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1	Diagram alir penelitian	31
3.2	Metode Penelitian	32
3.3	Pengumpulan data	32
3.3.1	Dimensi pemodelan artificial hip joint	32
3.3.2	Material properties.....	33
3.3.3	Koefisien keausan	33
3.3.4	Pembebanan pada sambungan tulang pinggul buatan.....	33
3.4	Prosedur pemodelan FEM pada artificial hip joint.....	36
3.4.1	Pemodelan femoral head tanpa dimple	37
3.4.2	Pemodelan femoral head menggunakan dimple.....	38
3.4.3	Memasukkan nilai properties dari material	39
3.4.4	Assembly antara femoral head dengan acetabular cup	40
3.4.5	Menentukan step dari geometri hip joint	40
3.4.6	Interaction antara femoral head dan acetabular cup.....	41
3.4.7	Load dan boundary condition yang digunakan	42
3.4.8	Meshing pada geometri hip joint.....	43
3.3.9	Proses simulasi	43
3.5	Analisa keausan	46

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Pendahuluan	47
4.2 Hasil simulasi	47
4.2.1 Distribusi tekanan kontak femoral head tanpa dimple	47
4.2.2 Distribusi tekanan kontak femoral head menggunakan dimple.....	52
4.3 Volume keausan (volumetric wear) dan kedalaman keausan (wear depth).....	56
4.3.1 Volume keausan (volumetric wear).....	56
4.3.2 Kedalaman keausan (wear depth)	58
4.3.2.1 Hip joint tanpa dimple	58
4.3.2.2 Hip joint menggunakan dimple	60
4.4 Perbandingan hasil	62
4.4.1 Perbandingan hasil volume keausan (volumetric wear).....	62
4.4.2 Perbandingan hasil kedalaman keausan (wear depth)	64
4.5 Pembahasan	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR RUJUKAN.....	i
LAMPIRAN	i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian-bagian sambungan tulang pinggul normal	5
Gambar 2.2	Bagian-bagian hip arthritis pada hip joint	6
Gambar 2.3	Sambungan tulang pinggul normal	6
Gambar 2.4	Indikasi terjadinya artritis	7
Gambar 2.5	Pemotongan tulang femur dan pemasangan.....	7
Gambar 2.6	Hip joint sebelum dan sesudah dilakukan pergantian sambungan tulang pinggul buatan	8
Gambar 2.7	Komponen sambungan tulang pinggul buatan.....	9
Gambar 2.8	Metal-on-plastic hip bearing.....	10
Gambar 2.9	Metal-on-metal hip bearing.....	11
Gambar 2.10	Ceramic-on-ceramic hip bearing.....	11
Gambar 2.11	Ceramic-on-plastic hip bearing	12
Gambar 2.12	Abrasive wear	16
Gambar 2.13	Adhesive wear	17
Gambar 2.14	Fatigue wear karena retak di bagian dalam dan merambat	17
Gambar 2.15	Skema penggambaran proses retak dari awal retak dan merambatnya retak permukaan	18
Gambar 2.16	Tiga tahap keausan dan perlakunya	19
Gambar 2.17	Bentuk tekstur permukaan 3D (dimple)	23
Gambar 2.18	Elemen garis	27
Gambar 2.19	Elemen bidang	28
Gambar 2.20	Elemen volume.....	28
Gambar 2.21	Tetrahedral	28
Gambar 2.22	Piramida.	29
Gambar 2.23	Triangular prisma.....	29
Gambar 2.24	Hexahedral	30
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	31
Gambar 3.2	Pembebanan yang terjadi pada hip dan perubahan sudut ketika berjalan dalam keadaan normal	34

Gambar 3.3	Pembebaan yang terjadi pada hip dengan menggunakan perangkat lunak hip joint loading	36
Gambar 3.4	Contoh meshing ..	37
Gambar 3.5	Model geometri femoral head tanpa dimple	38
Gambar 3.6	Model geometri femoral head menggunakan dimple ..	39
Gambar 3.7	Properties material yang digunakan.....	39
Gambar 3.8	Assembly bagian femoral head dan acetabular cup	40
Gambar 3.9	Step pada geometri hip joint	41
Gambar 3.10	Penginputan Interaction pada hip joint ..	41
Gambar 3.11	Pemberian Load pada geometri hip joint	42
Gambar 3.12	Kondisi batas yang digunakan pada hip joint	42
Gambar 3.13	Mesh pada geometri hip joint	43
Gambar 3.14	Proses simulasi dengan menjalankan job pada aplikasi	43
Gambar 4.1	Grafik perbandingan tekanan kontak maksimal terhadap perbedaan sensitivitas mesh hip joint tanpa dimple	49
Gambar 4.2	Distribusi tekanan kontak pada acetabular cup fase 1 s/d fase 32 tanpa dimple.....	50
Gambar 4.3	Grafik perbandingan tekanan kontak maksimal terhadap perbedaan sensitivitas mesh hip joint menggunakan dimple.....	53
Gambar 4.4	Distribusi tekanan kontak pada acetabular cup fase 1 s/d fase 32 menggunakan dimple	54
Gambar 4.5	Grafik perbandingan volume keausan (volumetric wear) antara hip joint tanpa dimple dan hip joint menggunakan dimple	64
Gambar 4.6	Grafik perbandingan kedalaman keausan (wear depth) antara hip joint tanpa dimple dan hip joint menggunakan dimple	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Dimensi Pemodelan Artificial Hip Joint	32
Tabel 3.2	Material properties Artificial Hip Joint	33
Tabel 3.3	Output Xact: Beban dan Sudut yang terjadi tiap fase	35
Tabel 4.1	Perbandingan uji sensitivitas mesh tanpa dimple	48
Tabel 4.2	Tekanan kontak fase 1 s/d 32 tanpa dimple	51
Tabel 4.3	Perbandingan uji sensitivitas mesh menggunakan dimple	52
Tabel 4.4	Tekanan kontak fase 1 s/d 32 menggunakan dimple	55
Tabel 4.5	volume keausan (volumetric wear) tiap fase	57
Tabel 4.6	Kedalaman keausan (wear depth) tiap fase tanpa dimple	60
Tabel 4.7	Kedalaman keausan (wear depth) tiap fase menggunakan dimple ..	62
Tabel 4.8	Perbandingan volume keausan (volumetric wear)	63
Tabel 4.9	Perbandingan kedalaman keausan (wear depth)	65

LAMPIRAN

Lampiran A.1 Visual Hasil Simulasi	i
Lampiran A.2 Metode Perhitungan.....	i

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan pada ilmu pengetahuan menimbulkan ilmu-ilmu baru yang memadukan antara ilmu yang sudah ada dengan ilmu perkembangan terbaru. Seperti berkembangnya ilmu perpaduan antara ilmu kedokteran dan ilmu teknik mekanika yang bisa juga disebut biomekanika (*biomechanics*). Aplikasi dalam bidang ini misalnya tentang persendian buatan pada manusia, Salah satu dari persendian adalah sambungan tulang pinggul(*hip joint*). Sambungan tulang pinggul adalah merupakan suatu sendi yang penting dalam sistem kerangka tubuh manusia. Sambungan ini berlokasi diantara pinggul dan pangkal tulang paha atas.

Ada banyak gerakan yang terjadi pada sambungan tulang pinggul, dan itu berarti terjadi banyak gesekan. Untuk meredakan gesekan yang terjadi, maka tubuh manusia membentuk lapisan tulang rawan (*cartilage*). Namun, tulang rawan ini akan mengalami keausan atau penipisan dari waktu ke waktu (atau hancur dalam dampak traumatis) dan tidak beregenerasi. Akhirnya yang terjadi adalah kontak antar tulang sehingga apabila setiap kali bergerak hal ini akan menimbulkan rasa sakit. Selain menimbulkan rasa sakit, gerakan dari sambungan tulang pinggul menjadi tidak mulus, terkadang berbunyi, dan bahkan juga bisa menimbulkan pergeseran dari posisi normalnya. Akhirnya, sambungan tulang pinggul perlu ditukar dengan tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*).

Bagian pada tulang pinggul buatan yang terjadi gaya kontak dan disertai dengan pergerakan terhadap satu sama lain secara perlahan akan mengalami gesekan dan keausan selama penggunaan rutin. Pasien yang lebih muda secara fisik dan lebih aktif maka implan yang dipakai akan semakin cepat mengalami keausan. Pembentukan partikel keausan pada tulang pinggul buatan mengakibatkan reaksi sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan tulang (*osteolysis*) serta keracunan pada darah.

Tribologi merupakan cabang ilmu dan teknologi yang mempelajari mengenai interaksi dua permukaan yang bergerak relatif satu terhadap lainnya, dimana terdapat fenomena gesekan, keausan, dan pelumasan. Tribologi sangat besar peranannya bagi dunia industri bahkan dunia kedokteran. Mekanika kontak (*contact mechanics*) merupakan bagian ilmu tribologi yang membahas mengenai deformasi dan tegangan dari dua benda yang bersinggungan. Kontak yang terjadi antara dua benda dapat berupa permukaan (*surface*), garis (*line*) maupun titik (*point*). Jika kontak diteruskan dengan diberi suatu beban kontak, maka kontak yang pada awalnya berupa suatu titik dapat berubah menjadi bentuk yang lain.

Kemajuan teknologi telah membuat penggunaan perangkat lunak dapat mensimulasikan masalah keausan maupun mekanika kontak. Walaupun memerlukan waktu yang relatif lama, pemakaian Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) dengan bantuan aplikasi dalam menganalisis keausan ini memakai biaya yang lebih murah. Keunggulan yang lain yaitu hasil analisis bisa langsung divisualisasikan. Sedangkan pada metode lama yaitu metode analitik yang berupa formulasi angka, disamping memerlukan pemahaman konsep dasar dan penguasaan rumus dalam menganalisa sebuah kasus, hasil yang diperoleh tidak langsung terlihat seperti pada Metode Elemen Hingga. Dengan kelebihan dan kekurangan yang dimiliki masing-masing metode, sepertinya diperlukan penelitian untuk dapat menyempurnakan, yaitu simulasi ataupun perhitungan analitik. Teknik metode elemen hingga ini dikenalkan pada dunia biomekanika ortopedik sejak tahun 1972 untuk menganalisa mengenai tegangan pada tulang manusia. Mulai saat itu metode elemen hingga digunakan untuk menganalisa dan mendesain tulang buatan, seperti tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*).

Dengan mengaplikasikan ilmu permukaan bertekstur berupa penambahan *dimple* pada *artificial hip joint* diharapkan dapat mengurangi tingkat laju keausan, sehingga dapat mengurangi tekanan kontak yang terjadi pada bantalan. Hal ini memotivasi penulis untuk melakukan modifikasi area kontak pada *acetabular cup* dengan menambahkan *dimple* (cekungan kecil) dan menganalisis pengaruh variasi geometri *dimple* tersebut terhadap performansi tribologi.

1.2 Rumusan Masalah

Penggantian sambungan tulang pinggul buatan pada proses operasi merupakan hal yang sudah sukses dalam dunia ortopedik. Namun, kenyataannya masih banyak kendala yang dihadapi dalam pergantian sambungan tulang pinggul (*hip joint replacement*) ini, seperti contohnya yaitu besarnya keausan dan gesekan yang terjadi akibat dari tekanan kontak antara permukaan *femoral head* dan *acetabular cup*. Dengan menambahkan *dimple* pada permukaan kontak *femoral head* dan *acetabular cup* ini, maka diharapkan mampu mengurangi keausan dan gesekan.

1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian yang dipakai dalam mendesain dan menganalisis sambungan tulang pinggul buatan untuk tugas akhir ini, antara lain:

1. Pemodelan geometri menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2014.
2. *metal-on-metal* (MoM) yang diasumsikan homogen merupakan material yang dipakai pada penelitian ini.
3. *Dimple* terdapat pada permukaan *femoral head*.
4. Analisa tekanan kontak menggunakan perangkat lunak Abaqus/CAE 6.14-1.
5. Pembebanan berupa resultan gaya pada saat kondisi siklus berjalan normal.
6. Pelumasan pada kontak yang terjadi diabaikan.
7. Temperatur diasumsikan kondisi tubuh normal.
8. Analisis pada penelitian ini tidak termasuk uji mekanik secara fisik dan pembuatan perangkat.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menganalisis tekanan kontak keadaan stabil dengan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*).
2. Menghitung volume keausan (*volumetric wear*) dan kedalaman keausan (*wear depth*) yang terjadi pada *metal-on-metal* tulang pinggul buatan.
3. Membandingkan hasil penghitungan volume keausan (*volumetric wear*) dan kedalaman keausan (*wear depth*) yang terjadi antara tanpa *dimple* dan menggunakan *dimple*.

1.5 Manfaat

1. Bentuk kontribusi untuk perkembangan ilmu biomekanika di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Penelitian tentang kinerja keausan pada tulang pinggul buatan *metal-on-metal* memiliki manfaat pada prediksi keausan yang terjadi. Keausan pada sambungan tulang pinggul akan menjadi kajian penting di dunia kedokteran ketika implan sudah di pasang pada pasien.

DAFTAR RUJUKAN

- Archard, J. F. 1953. "Contact and Rubbing of Flat Surfaces." *Journal of Applied Physics* 24(8): 981–88.
- Bartel, D. L., A. H. Burstein, M. D. Toda, and D. L. Edwards. 1985. "The Effect of Conformity and Plastic Thickness on Contact Stresses in Metal-Backed Plastic Implants." *Journal of Biomechanical Engineering* 107(3): 193.
- Blau, Peter J. 1997. "Fifty Years of Research on the Wear of Metals." *Tribology International* 30(5): 321–31.
- Brunetière, Noël, and Bernard Tournerie. 2012. "Numerical Analysis of a Surface-Textured Mechanical Seal Operating in Mixed Lubrication Regime." *Tribology International* 49: 80–89.
- Chan, F.W. et al. 1999. The Otto Aufranc Award. Wear and lubrication of metal-on-metal hip implants. *Clinical orthopaedics and related research*, (369), pp.
- Choudhury, Dipankar, Robert Walker, Ayoub Shirvani, and Rajshree Mootanah. 2013. "The Influence of Honed Surfaces on Metal-on-Metal Hip Joints." *Tribology Online* 8(3): 195–202.
- DoITPoMS. 2014. "Materials selection of femoral stem component." 10 Maret 2018. <http://www.doitpoms.ac.uk/tplib/bones/stem.php>.
- Galda, L., J. Sep, and S. Prucnal. 2016. "The Effect of Dimples Geometry in the Sliding Surface on the Tribological Properties under Starved Lubrication Conditions." *Tribology International* 99: 77–84.
- Gao, L. M. et al. 2010. "The Effect of Aspherical Geometry and Surface Texturing on the Elastohydrodynamic Lubrication of Metal-on-Metal Hip Prostheses under Physiological Loading and Motions." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science* 224(12): 2627–36.
- Gren, Per. 2009. "Feasibility of Using Digital Speckle Correlation in the Study of Seal Contacts." *Lubrication Science* (April): 123–34.
- Gropper, Daniel, Ling Wang, and Terry J Harvey. 2015. "Hydrodynamic Lubrication of Textured Surfaces: A Review of Modeling Techniques and Key

- Findings.” *Tribiology International*.
- Harris, T. A., and W. J. Anderson. 1967. 89 Journal of Lubrication Technology *Rolling Bearing Analysis*.
- Hegadekatte, V., N. Huber, and O. Kraft. 2005. “Finite Element Based Simulation of Dry Sliding Wear.” *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering* 13(1): 57–75.
- Hertz, Heinrich Rudolf, D.E Jones, and G.a Schott. 1986. “Miscellaneous Papers.” *Macmillan and Co. Ltd* 92: 156–71.
- Ibatan, T, M S Uddin, and M A K Chowdhury. 2015. “Surface & Coatings Technology Recent Development on Surface Texturing in Enhancing Tribological Performance of Bearing Sliders.” *Surface & Coatings Technology* 272: 102–20.
- Ingham, Eileen, and John Fisher. 2005. “The Role of Macrophages in Osteolysis of Total Joint Replacement.” *Biomaterials* 26(11): 1271–86.
- Jamari. 2006. “Running-in of Rolling Contacts.” PhD Thesis, *University of Twente, Enschede, The Netherlands*.
- Jin, Z M. 2000. “A General Axisymmetric Contact Mechanics Model for Layered Surfaces, with Particular Reference to Artificial Hip Joint Replacements.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of engineering in medicine* 214(5): 425–35.
- Knight, Stephen Richard, Randeep Aujla, and Satya Prasad Biswas. 2011. “Total Hip Arthroplasty - Over 100 Years of Operative History.” 3: 2–4.
- Li, Kangmei, Zhenqiang Yao, Yongxiang Hu, and Weibin Gu. 2014. “Friction and Wear Performance of Laser Peen Textured Surface under Starved Lubrication.” *Tribiology International*.
- Liu, F. et al. 2005. “Comparison of Contact Mechanics between a Total Hip Replacement and a Hip Resurfacing with a Metal-on-Metal Articulation.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science* 219(7): 727–32.
- Logan, D. L. et al. 2007. “A First Course in the Finite Element Method Fourth Edition, Transport.”
- MedlinePlus. 2016. “Hip joint replacement-series.” 10 Maret 2018.

https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/presentations/100006_1.htm

- Öqvist, Mona. 2001. "Numerical Simulations of Mild Wear Using Updated Geometry with Different Step Size Approaches." *Wear* 249(1–2): 6–11.
- Peppas, N.A., 2000. "Handbook of Biomaterial Properties."
- Ramesh, Ashwin et al. 2013. "Friction Characteristics of Microtextured Surfaces under Mixed and Hydrodynamic Lubrication." *Tribology International* 57: 170–76.
- Roy, Taposh et al. 2014. "Improved Friction and Wear Performance of Micro Dimpled Ceramic-on-Ceramic Interface for Hip Joint Arthroplasty." *Ceramics International* 41(1): 681–90.
- Stachowiak, Gwidon W. 2005. "Wear—Materials, Mechanisms and Practice." England : John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex.
- Syafa'at, I. 2008. "Tribologi, daerah pelumasan dan keausan." *Jurnal Ilmiah Momentum* Vol 4. No2. 21-26.
- Tang, Wei, Yuankai Zhou, Hua Zhu, and Haifeng Yang. 2013. "The Effect of Surface Texturing on Reducing the Friction and Wear of Steel under Lubricated Sliding Contact." *Applied Surface Science* 273: 199–204.
- Uddin, M. S., and L. C. Zhang. 2013. "Predicting the Wear of Hard-on-Hard Hip Joint Prostheses." *Wear* 301(1–2): 192–200.
- Zhang, Bo, Wei Huang, Jingqiu Wang, and Xiaolei Wang. 2013. "Comparison of the Effects of Surface Texture on the Surfaces of Steel and UHMWPE." *Tribology International* 65: 138–45.
- Zhang, Xiaoliang, and Junhong Jia. 2015. "Frictional Behavior of Micro/Nanotextured Surfaces Investigated By Atomic Force Microscope: A Review." 22(6): 1–10.