

**KAJI DISTRIBUSI TEGANGAN DAN REGANGAN
PADA ARTIFICIAL HIP JOINT DENGAN
METODE ELEMEN HINGGA**



SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh

M GANJAR PUTRA

03091005039

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2014

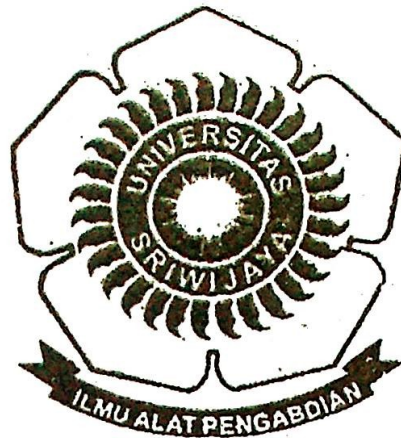
S
621.3907

Gan
k
2014

26153/26720



**KAJI DISTRIBUSI TEGANGAN DAN REGANGAN
PADA ARTIFICIAL HIP JOINT DENGAN
METODE ELEMEN HINGGA**



SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Mendapatkan Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

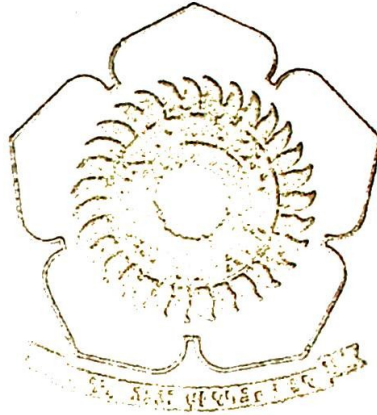
Oleh

**M GANJAR PUTRA
03091005039**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2014

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
INDRALAYA**



SKRIPSI

**KAJI DISTRIBUSI TEGANGAN DAN REGANGAN
PADA ARTIFICIAL HIP JOINT DENGAN
METODE ELEMEN HINGGA**

Oleh

**M GANJAR PUTRA
03091005039**

**Diketahui oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**



**Omarul Hadi, S.T., M.T.
19690213-199503 1 001**

**Diperiksa dan disetujui oleh:
Dosen Pembimbing,**

**Ir. Zainal Abidin, M.T.
19580910 198602 1 001**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No : 022/TA/TA/2014
Diterima Tanggal : 25/4-14
Paraf : *Weng*

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : M GANJAR PUTRA
NIM : 02081003009
Jurusan : TEKNIK MESIN
Bidang Studi : KONSTRUKSI
Judul : KAJI DISTRIBUSI TEGANGAN DAN REGANGAN PADA ARTIFICIAL HIP JOINT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA
Diberikan :
Selesai :

Indralaya, April 2014

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Oemarul Hadi, S.T., M.T.
19690213 199503 1 001

Dosen Pembimbing,



Ir. Zainal Abidin, M.T.
19580910 198602 1 001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

Kampus UNSRI Jl. Raya Prabumulih – Indralaya Ogan Ilir Telp. (0711) 580272

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa berikut ini :

Nama : M. GANJAR PUTRA
NIM : 03091005039
Jurusan : TEKNIK MESIN
Bidang Studi : KONSTRUKSI
Judul : KAJI DISTRIBUSI TEGANGAN DAN REGANGAN PADA
ARTIFICIAL HIP JOINT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Skripsi / Tugas Akhir ini adalah benar hasil karya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah dinyatakan dengan benar dan saya dapat mempertanggungjawabkan bahwa hasil yang saya tulis tidak plagiat.

Demikianlah surat ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, April 2014

Penulis,



M. Ganjar Putra

NIM. 03091005039

Motto:

- ❖ *Hidup itu seperti naik sepeda. Agar tetap seimbang, kau harus terus bergerak*
- ❖ *Jika kita berhenti di hari ini, kita tidak akan pernah tahu apa yang akan terjadi di hari esok*

Kupersembahkan Kepada :

- ❖ *Allah SWT yang telah memberiku nikmat iman, kesehatan dan kemudahan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini*
- ❖ *Kedua orang tuaku tercinta*
- ❖ *Pembimbing skripsi Ir. Zainal Abidin M.T. yang telah membimbingku dan mendukungku dalam penyelesaian skripsi ini*
- ❖ *Semua teman-teman seperjuangan (TM 09)*
- ❖ *Almamaterku.*

ABSTRAK

Operasi penggantian sambungan tulang pinggul buatan merupakan solusi yang efektif, apabila sambungan tulang pinggul yang asli telah mengalami kerusakan yang parah akibat penyakit maupun benturan, tetapi dalam kenyataannya sambungan tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*) tersebut berpotensi mengalami kegagalan karena menopang beban yang cukup besar, untuk itu perlu dilakukan pengkajian tentang kualitas pada sambungan tulang pinggul buatan tersebut, dengan menggunakan perangkat lunak komputer untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat dan teliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui letak daerah kritis serta nilai faktor keamanan pada *artificial hip joint* guna meminimalisir kegagalan yang mungkin terjadi. Perangkat lunak berbasis metode elemen hingga digunakan untuk memodelkan *artificial hip joint* tersebut, dengan mengasumsikan pembebanan maksimum terjadi pada saat manusia melakukan gerakan seperti: berjalan, berlari, dan menaiki atau menuruni tangga maka pada kondisi inilah sendi pinggul mengalami pembebanan maksimum, ini dikarenakan pada kondisi tersebut berat tubuh hanya ditopang satu kaki/satu tumpuan. Berdasarkan studi ini diketahui bahwa daerah kritis terletak pada lapisan inlay, tepatnya pada node -5477 dengan nilai tegangan *Von Mises* dan *Tresca* maksimum sebesar 13,321 Mpa dan 14,17 Mpa. Berdasarkan nilai tegangan *Von Mises* dan *Tresca* maksimum yang terjadi pada lapisan inlay, *artificial hip joint* tersebut dapat dikategorikan aman, karena terbukti memenuhi persyaratan secara keteknisan karena tidak melebihi tegangan yield material penyusunnya.

Kata kunci : *artificial hip joint*, tegangan, regangan, kegagalan, MEH

ABSTRACT

The total hip joint replacement in medically surgeon process is one of very effective solutions when the hip joint (hip bone) in our body gets a fatal failure which is caused by one of diseases or getting such serious accident in the same time. But in fact, unfortunately artificial hip Joint also has a potential failure because it gives a massive force in its working process, therefore needed a further study specifically to “the Quality of that artificial hip joint” using a specific software to get an exact and detail result. Therefore, this research functions to know where the doom area and safety factor stand in the artificial hip joint in the same time to minimize a probable failure happened there. Using the software, the finite element method functions to make a model of artificial hip joint thru making an assumption for the maximum load happened when men do variant movements like walking, running, stepping up and stepping down the stairs when their hip joint get the maximum load, caused our body weight merely was supported by single leg (single legged stance). Based on those reasons above and supported by worth study, the critical area edges on the inlay layer, specifically in node -5477 with Von Misses and Tresca maximum stress reaching about 13,321 Mpa and 14,17 Mpa. According to that calculation, the artificial hip joint will be categorized in to the safe, because of complying the requirement technically in the same time it is not run over the yield stress of its material composers.

Keywords : *artificial hip Joint, Stress, Strain, failure, FEM*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat bagi seorang mahasiswa untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapunpihaktersebut :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya.
2. Bapak Ir. Zainal Abidin, M.T., Dosen Pembimbing yang dengan ikhlas dan tulus telah membimbing, mengarahkan, mendidik, dan memotivasi penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T. M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak. Ir. DyosSantoso, M.T., Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Bapak. Ir. Firmansyah Burlian, M.T., Dosen Pembimbing Akademik
6. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak memberikan ilmu, pengetahuan, dan wawasan.
7. Staf Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
8. Keluarga Penulis, Ayah dan ibu atas harapan doa dan dukungannya hingga yang selalu memberikan dukungan mental, materil, dan spiritual, serta doa dan kasih yang berlimpah.
9. Keponakanku tersayang, Adriana Batrisyah dan Jagaddhita Nalini
10. Teman-teman seperjuangan angkatan 2009, "*solidarity forever*".
11. Keluarga Besar Fakultas Teknik Unsri.

12. Seluruh keluarga besar sivitas akademika Universitas Sriwijaya.

Dalam penulisan skripsi ini, mungkin terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat Penulis diharapkan untuk membantu dalam perbaikan.

Penulis mengharapkan semoga skripsi dengan judul "*Kaji Distribusi Tegangan dan Regangan Pada Artificial Hip Joint Dengan Metode Elemen Hingga*" dapat berguna dan memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi sertamenjadi referensi bagi yang akan mengkaji sistem kogenerasi di masa yang akan datang.

Indralaya, April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pembatasan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Metode Elemen Hingga	5
2.2 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga	6
2.3 Langkah -Langkah Umum Penyelesaian Metode Elemen Hingga	7
2.3.1 Identifikasi dan Pemilihan Tipe Elemen	7
2.3.2 Menentukan Fungsi Perpindahan	8
2.4 Menentukan Hubungan Regangan - Perpindahan dan Tegangan -Regangan	14
2.5 Persamaan Matrik Kekakuan Elemen	18
2.6 Persamaan Elemen Global	19
2.7 Teori-Teori Kegagalan Untuk Material Ulet (<i>Ductile</i>)	19
2.7.1 Kriteria Tegangan Geser Maksimum	20
2.7.2 Kriteria <i>Von Mises</i>	22
2.8 Pengenalan <i>Artificial Hip Joint</i>	24
2.8.1 Klasifikasi <i>Artificial Hip Joint</i>	25
2.8.2 Bagian-Bagian Utama <i>Artificial Hip Joint</i>	25
2.8.3 Mekanisme <i>Hip Joint</i>	27
2.8.3.1 Mobilitas	27
2.8.3.2 Stabilitas	29
2.9 Studi Pustaka	29
BAB III Pengenalan Program	31
3.1 Pendekatan Umum	31
3.2 Asumsi Umum	31

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pembatasan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Metode Elemen Hingga	5
2.2 Konsep Dasar Metode Elemen Hingga	6
2.3 Langkah -Langkah Umum Penyelesaian Metode Elemen Hingga	7
2.3.1 Identifikasi dan Pemilihan Tipe Elemen	7
2.3.2 Menentukan Fungsi Perpindahan	8
2.4 Menentukan Hubungan Regangan - Perpindahan dan Tegangan -Regangan	14
2.5 Persamaan Matrik Kekakuan Elemen	18
2.6 Persamaan Elemen Global	19
2.7 Teori-Teori Kegagalan Untuk Material Ulet (<i>Ductile</i>)	19
2.7.1 Kriteria Tegangan Geser Maksimum	20
2.7.2 Kriteria <i>Von Mises</i>	22
2.8 Pengenalan <i>Artificial Hip Joint</i>	24
2.8.1 Klasifikasi <i>Artificial Hip Joint</i>	25
2.8.2 Bagian-Bagian Utama <i>Artificial Hip Joint</i>	25
2.8.3 Mekanisme <i>Hip Joint</i>	27
2.8.3.1 Mobilitas	27
2.8.3.2 Stabilitas	29
2.9 Studi Pustaka	29
BAB III Pengenalan Program	31
3.1 Pendekatan Umum	31
3.2 Asumsi Umum	31

3.3 Analisis dan Pengelolaan Data	31
3.4 Prangkat Lunak <i>Abaqus 6.9</i>	32
3.5 Terminologi <i>Abaqus 6.9</i>	32
3.6 Derajat Kebebasan	34
3.7 Output Tegangan Elemen <i>Solid</i>	35
3.8 Langkah-Langkah Umum Penganalisaan Menggunakan <i>Abaqus</i>	36
3.9 Diagram Alir	37
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data-Data	39
4.1.1 Geometri <i>Artificial Hip Joint</i>	39
4.1.2 Material <i>Artificial Hip Joint</i>	40
4.1.3 Pembebanan Pada <i>Hip Joint</i>	41
4.2 Analisa <i>Artificial Hip Joint</i> Dengan Menggunakan <i>Abaqus 6.9</i>	44
4.2.1 Data Input	44
4.2.2 Pemberian Kondisi Batas	45
4.2.3 <i>Meshing</i>	47
4.2.4 <i>Job Manager</i>	48
4.2.4.1 Data Output <i>Abaqus 6.9</i>	49
4.3 Hasil Analisa <i>Artificial Hip Joint</i>	49
4.3.1 Analisa Pada <i>Acetabular</i> dan <i>Inlay</i>	49
4.3.2 Analisa Pada <i>Femoral Head</i> dan <i>Stem</i>	53
4.3.4 <i>Factor Of Safety</i> (FOS)	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN	xiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Elemen dan Nodal	7
2.2 Elemen 3 dimensi	8
2.3 Grafik Hubungan Tegangan <i>Von Mises</i> dan <i>Tresca</i>	22
2.4 Kriteria Kegagalan Material Ulet	23
2.5 <i>Artificial Hip Joint</i>	24
2.6 Bagian-Bagian <i>Artificial Hip Joint</i>	25
2.7 Derajat Kebebasan <i>Hip Joint</i>	27
2.8 Abduksi dan Adduksi	28
2.9 Flexi dan Extensi	28
2.10 Rotasi	29
3.1 Enam Derajat Kebebasan pada system Koordinat	34
3.2 Tampilan <i>Software Abaqus 6.9</i>	35
3.3 Diagram Alir	38
4.1 Gambar Geometri <i>Acetabular Shell</i>	39
4.2 Gambar Geometri <i>Inlay</i>	39
4.3 Gambar Geometri <i>Femoral Head</i>	40
4.4 Gambar Geometri <i>Stem</i>	40
4.5 Pembebanan Pada <i>Hip Joint</i>	42
4.6 Diagram Benda Bebas Pada <i>Hip Joint</i>	42
4.7 Geometri Struktur <i>Artificial Hip Joint</i>	45
4.8 <i>Material Property</i>	45
4.9 Kondisi Batas Pada <i>Artificial HipJoint</i>	46
4.10 Pembuatan <i>Meshing</i> Pada <i>Acetabular</i> dan <i>Inlay</i>	47

4.11 Pembuatan <i>Meshing</i> Pada <i>Femoral Head</i> dan <i>Stem</i>	48
4.12 Hasil Analisis Pada <i>Acetabular</i> dan <i>Inlay</i>	50
4.13 Distribusi Tegangan Pada Node 5477	50
4.14 Diagram Lingkaran Mohr Pada Node 5477	51
4.15 Distribusi Regangan Pada <i>Inlay</i>	53
4.16 Hasil Analisis Pada <i>Femoral Head</i> dan <i>Stem</i>	54
4.17 Distribusi Tegangan Pada Node 2426	54
4.16 Diagram Lingkaran Mohr Pada Node 2426	55
4.17 Distribusi Regangan Pada <i>Femoral Head</i> dan <i>Stem</i>	57

DAFTAR SIMBOL

Simbol Umum

F	=	Gaya (N)
F_J	=	<i>Joint reaction forces</i> (N)
F_M	=	<i>Muscle forces</i> (N)
W	=	<i>Body weigh</i> (Kg)
σ	=	Tegangan (Mpa)
τ	=	Tegangan geser (Mpa)
θ / ϕ	=	<i>Sudut</i>
τ_{max}	=	Tegangan Geser Maksimum
σ_{max}	=	Tegangan Maksimum
$\sigma_{von Mises}$	=	Tegangan <i>Von Mises</i> (Mpa)
σ_{Tresca}	=	Tegangan <i>Tresca</i> (Mpa)
σ_{yield}	=	Tegangan luluh bahan (Mpa)
σ_x	=	Tegangan arah x
σ_y	=	Tegangan arah y
σ_z	=	Tegangan arah z
ε	=	Regangan arah
E	=	Modulus Elastisitas (Mpa)
$\{K\}$	=	Matrik kekakuan global

Singkatan

AHJ	<i>Artificial Hip Joint</i>
FEM	<i>Finite Elemen Method</i>
MEH	Metode Elemen Hingga
FOS	<i>Factor Of Safety</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Spesifikasi material <i>Titanium Alloy Ti6Al4V</i>	A-1
2. Spesifikasi material UHMWPE	A-2
3. Gambar Teknik <i>Artificial Hip Joint</i>	A-3
4. Gambar <i>assembly Artificial Hip Joint</i>	A-4
5. <i>File output Abaqus 6.9</i>	A-5



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi kedokteran merupakan bidang multidisiplin yang memanfaatkan bidang keteknikan dan teknologi, yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan dalam bidang medis dan tentunya meningkatkan kualitas layanan kesehatan. Berkaitan dengan hal tersebut, khususnya pada aktivitas operasi penggantian sambungan tulang pinggul buatan (*total hip joint replacement*) sebagai solusi yang efektif dibidang medis, tetapi dalam kenyataannya *artificial hip joint* tersebut berpotensi mengalami kegagalan struktur karena menopang beban yang cukup besar. Untuk itu, perlu dilakukan pengkajian tentang kualitas pada sambungan tulang pinggul buatan dengan menggunakan perangkat lunak komputer untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dan tepat. Adapun analisa terhadap *artificial hip joint* sebagian besar menggunakan metode numerik, dimana metode ini memberikan solusi yang hasilnya cukup memuaskan. Metode yang digunakan ini disebut metode elemen hingga (*finite element method*).

Konsep dasar yang melandasi elemen hingga adalah prinsip diskritisasi, yaitu membagi suatu benda menjadi elemen-elemen kecil, dengan bentuk yang sederhana. Setiap elemen tersebut dibatasi oleh beberapa titik yang disebut titik simpul /titik nodal.

1.2 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini perhitungan-perhitungan yang akan dibahas dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Analisa dilakukan pada struktur *artificial hip joint* pada saat posisi tubuh berdiri dengan satu tumpuan/satu kaki.
2. Analisa yang dilakukan adalah analisa statik.
3. Struktur *artificial hip joint* dimodelkan sebagai struktur solid tiga dimensi.
4. Jenis *artificial hip joint* yang akan dianalisa adalah *hard on soft material (metal on polyethylene (MOP))*.
5. Berat tubuh pasien adalah 70 kg.
6. Sambungan antara tulang paha dan *stem* di asumsikan terikat sempurna.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penggunaan metode elemen hingga adalah untuk perhitungan sistem yang rumit dan kompleks. Hasil perhitungan yang akurat sehingga dengan demikian pemakaian metode elemen hingga dapat menjadi pilihan yang sesuai untuk melakukan perhitungan tersebut. Program *Abaqus 6.9* sebagai salah satu penerapan metode elemen hingga diharapkan mampu menjawab permasalahan yang muncul dalam analisis suatu konstruksi.

Sedangkan tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Mempelajari dan menggunakan salah satu perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yaitu *Abaqus 6.9*
2. Mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada *artificial hip joint* berdasarkan parameter yang dianalisis
3. Mengetahui faktor keamanan dari bahan dan letak daerah kritis yang terjadi pada *artificial hip joint*, agar dapat menjamin kualitas sambungan tulang tersebut guna meningkatkan kualitas layanan kesehatan
4. Memberikan kontribusi atau pengetahuan kepada para peneliti yang relevan dalam mengkaji tentang distribusi tegangan dan regangan yang terjadi pada *artificial hip joint*.

1.4 Metode Penulisan

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Studi literatur, berupa mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan sambungan tulang pinggul buatan dan semua yang berhubungan dengan analisa *artificial hip joint* dengan metode elemen hingga.
2. Konsultasi dengan dosen pembimbing dan sumber-sumber lain yang dapat dijadikan acuan pada tugas akhir ini.
3. Studi perangkat lunak yaitu dengan mempelajari dan menggunakan perangkat lunak *Solid Works* dan *Abaqus* untuk menyelesaikan perhitungan dan analisa model dengan metode elemen hingga.

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membahas berdasarkan atas susunan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, tujuan penulisan, permasalahan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini mempelajari teori-teori tentang metode elemen, jenis-jenis elemen serta tegangan dan regangan yang terjadi pada *artificial hip joint*

BAB III PENGENALAN PROGRAM

Pada bab ini menjelaskan langkah-langkah dari program computer yang digunakan yaitu program Abaqus 6.9

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini pembahsan analisa *artificial hip joint* dari perhitungan yang didapat dengan perangkat lunak abaqus 6.9

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari analisa penelitian tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduksi, adduksi, flexi, extensi dan rotasi. (2013). Diakses dari <http://www.scielo.br>. Pada tanggal 2 November 2013
- Artificial hip joint. (2013). Diakses dari <http://mark.space.4goo.net/brand/100300q=h.i.p>. Pada tanggal 2 November 2013.
- ASTM. (2005). ASTM Standard F2033-05. *Specification for total hip joint prosthesis and hip endoprosthesis bearing surfaces made of metallic, ceramic, and polymeric materials*. West Conshohocken, PA, USA.: ASTM International
- Bagian-bagian artificial hip joint. (2013). Diakses dari www.exac.com. Pada tanggal 2 November 2013.
- Derajat kebebasan hip joint. (2013). Diakses dari <http://www.Woodhavenlabs.com> Pada tanggal 2 November
- El-shiekh, H.D.E.F. (2002). *Finite element simulation of hip joint replacement under static and dynamic loading*. A Thesis of Dublin City University. Dublin: Dublin City University.
- Kanis, J. A. (2010). Osteoporosis. *Journal of medical science*, 3 (2), 120-130.
- Kurtz S.M., 2009, *UHMWPE Biomaterial Handbook*, Elsevier Inc, USA.
- Liu R.G dan Quek S.S. (2003). *The finite element method* Jordan Hill. Oxford
- Logan, Daryl. 1985. *A First Course in the Finite Element Method*, PWS Engineering, Boston.

Robinovitch. (2007). *Pembebanan pada hip joint*. Diakses dari www.sfu.ca/steve/kin210/lecture. Pada tanggal 4 November 2013

Samekto, H. (2013). Design and stress analysis of artificial hip joint. *ISSN: 2180-3811*, 4(1), 220-230.

Setyoadi, Y. dkk. (2011). Analisa kontak pada sambungan tulang buatan menggunakan metode elemen hingga. *Prosiding sminar sain dan teknologi*, 2, 159-163.

Tözeren Aydın. (2006) *Human Body Dynamics Classical Mechanics and Human Movement*. Newyork, USA : Springer

Winarso. R. (2010). Aplikasi highly crosslinked UHNWPE pada pemodelan artificial hip joint system menggunakan metode elemen hingga. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2010*. Fakultas Teknik : Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Wirjosoedirjo, S. J. (1996). *Dasar-dasar elemen hingga*. Jakarta, ID: Erlangga

Zeinkiewicz, O.C & Taylor, R.L. (2000). *Finite element method*. Oxford, UK: McGraw-Hill