

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>v</b>
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>viii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b>	<b>xix</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xxi</b>
<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah	5
1.3.1 Asumsi	5
1.3.2 Batasan	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>

<b>LANDASAN TEORI</b>	<b>14</b>
3.1 Anatomi Sendi Pinggul	14
3.2 <i>Hip Prosthesis</i>	15
3.2.1 Definisi dan Komponen <i>Hip Prosthesis</i>	15
3.2.2 Prosedur Pemasangan <i>Hip Prosthesis</i>	15
3.3 Kegagalan <i>Hip Prosthesis</i> Setelah Operasi	17
3.4 Parameter Desain <i>Hip Prosthesis</i>	17
3.4.1 Material <i>Hip Prosthesis</i>	17
3.4.2 Pori <i>Femoral Stem</i> pada <i>Hip Prosthesis</i>	18
3.5 Sifat-Sifat Mekanis	19
3.5.1 <i>Yield Strength</i>	19
3.5.2 <i>Ultimate Tensile Strength</i>	20
3.5.3 <i>Modulus Young</i>	20
3.5.4 Tegangan <i>Von Mises</i>	20
3.6 <i>Finite Element Analysis</i>	21
3.7 <i>Response Surface Method</i>	22
3.8 Analisis Varian dan Koefisien Determinasi ( $R^2$ )	24
3.9 Uji Asumsi	24
3.9.1 Uji Normalitas	24
3.9.2 Uji Homoskedastisitas	24
3.9.3 Uji Multikolinearitas	25
3.9.4 Uji Homogenitas	25
3.10 Uji Hipotesis	25
<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>27</b>
4.1 Objek Penelitian	27

4.2	Alat-Alat Penelitian	29
4.3	Parameter Desain <i>Hip Prosthesis</i>	29
4.4	Tahapan Penelitian	30
4.4.1	Studi Literatur	30
4.4.2	Pemodelan Objek Penelitian	30
4.4.3	Simulasi Tahap Pertama Objek Penelitian	30
4.4.4	Menentukan Faktor dan Level Penelitian	32
4.4.5	Merancang <i>Design of Experiment (DoE)</i>	33
4.4.6	Membuat Desain Sesuai <i>Design of Experiment (DoE)</i>	35
4.4.7	Simulasi Desain	35
4.4.8	Analisis dan Pengolahan Data Hasil Simulasi	42
4.4.9	Uji Kecukupan Model	43
4.4.10	Uji Asumsi Model	43
4.4.11	Validasi Model	43
4.4.12	Optimasi Variabel Bebas	43
4.4.13	Pembahasan Hasil dan Penarikan Kesimpulan	44
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>45</b>
5.1	Analisis Data Response Hasil Eksperimen	45
5.2	Uji Asumsi	48
5.2.1	Uji Normalitas	48
5.2.2	Uji Homoskedastisitas	49
5.2.3	Uji Multikolinearitas	50
5.2.4	Uji Homogenitas	51
5.3	Validasi Model Regresi	51
5.3.1	Validasi Model Regresi <i>Von Mises Stress</i>	51

5.3.2	Validasi Model Regresi Massa	52
5.4	Optimasi Kombinasi Parameter	53
5.5	Perbandingan Hasil Model Regresi dan Hasil Simulasi	55
5.6	<i>Managerial Insight</i>	57
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>58</b>
6.1	Kesimpulan	58
6.2	Saran	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>59</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peta Penelitian	12
Tabel 2.1 Peta Penelitian (lanjutan)	12
Tabel 3.1 Perbandingan Material <i>Hip Prosthesis</i>	18
Tabel 3.2 <i>Central Composite Design</i>	22
Tabel 3.3 Rancangan Pemodelan dengan <i>Coded Variable</i>	23
Tabel 4.1 <i>Mechanical Properties</i> Ti6Al4V dan Cortical Bone	30
Tabel 4.2 Faktor dan Level Penelitian	33
Tabel 4.3 <i>Design of Experiment (DoE)</i>	34
Tabel 5.1 Data Hasil Simulasi	45
Tabel 5.2 Nilai Koefisien Determinasi	46
Tabel 5.3 Hasil Uji Normalitas	49
Tabel 5.4 Nilai VIF Setiap Variabel Independen	50
Tabel 5.5 Nilai <i>P-value Levene</i> Setiap Variabel Independen	51
Tabel 5.6 Perbandingan Nilai Response Model dan Simulasi	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Komponen <i>Hip Prosthesis</i>	2
Gambar 3.1 Anatomi Sendi Pinggul	14
Gambar 3.2 Komponen <i>hip prosthesis</i>	15
Gambar 3.3 Analisis peletakan <i>prosthesis</i>	16
Gambar 3.5 Visualisasi Yield Strength dan Ultimate Tensile Strength	20
Gambar 3.6 Contoh Finite Element Analysis	22
Gambar 4.1 Desain Cementless Hip Prosthesis	27
Gambar 4.2 Dimensi Tulang Femur Pasien	28
Gambar 4.3 Desain 3D Objek Penelitian	28
Gambar 4.4 Dimensi Objek Penelitian	29
Gambar 4.5 Pemosisian <i>Hip Prosthesis</i>	31
Gambar 4.6 Simulasi Desain Solid	31
Gambar 4.7 Area <i>Stem</i> yang Akan Diaplikasikan Pori	32
Gambar 4.8 Penentuan Luas Area Pori	33
Gambar 4.9 Perancangan DoE	34
Gambar 4.10 Proses <i>Import File</i>	35
Gambar 4.11 Proses Input Material Properties	36
Gambar 4.12 Penambahan <i>Section</i>	36
Gambar 4.13 Proses Pembuatan <i>Instance</i>	36
Gambar 4.14 Proses Penambahan <i>Constraint Stem</i> dan <i>Base</i>	37
Gambar 4.15 Proses Penambahan <i>Constraint Stem</i> dan <i>Femoral Head</i>	37
Gambar 4.16 Proses Penambahan <i>Constraint</i> di <i>Femoral Head</i>	38
Gambar 4.17 Penambahan <i>Reference Point</i> pada <i>Femoral Head</i>	38

Gambar 4.18 Pengaplikasian <i>Constraint</i> pada <i>Femoral Head</i>	39
Gambar 4.19 Perangkaian <i>Part</i>	39
Gambar 4.20 Penambahan <i>Step</i>	40
Gambar 4.21 Penambahan <i>Boundary Condition</i>	40
Gambar 4.22 Pengaplikasian Beban	41
Gambar 4.23 Hasil <i>Mesh</i>	42
Gambar 4.24 Penambahan <i>Job</i> Simulasi	42
Gambar 4.25 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 5.1 ANOVA Respons <i>Von Mises Stress</i>	47
Gambar 5.2 ANOVA Respons Massa	48
Gambar 5.3 Uji Homoskedastisitas Respons Tegangan Von Mises	49
Gambar 5.4 Uji Homoskedastisitas Respons Massa	50
Gambar 5.5 Hasil Validasi Model Regresi <i>Von Mises Stress</i>	52
Gambar 5.6 Hasil Validasi Model Regresi Massa	53
Gambar 5.7 Surface Plot Von Mises Stress	53
Gambar 5.8 <i>Surface Plot</i> Massa	54
Gambar 5.9 Optimizer Plot	55
Gambar 5.10 <i>Hip Prosthesis</i> dengan Parameter Optimal	56
Gambar 5.11 Ilustrasi <i>Femur</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Hip Prosthesis</i>	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Simulasi Desain Solid	64
Lampiran 2. Hasil Simulasi Abaqus (Respons Tegangan Von Mises)	64
Lampiran 3. <i>Design Properties</i> (Respons Berat Implan)	69
Lampiran 4. Hasil <i>Response Surface Method</i> (RSM)	73
Lampiran 5. Hasil Uji Normalitas	75
Lampiran 6. Hasil Uji Homoskedasitas	77
Lampiran 7. Hasil Uji Multikolinearitas	78
Lampiran 8. Hasil Uji Homogenitas	79
Lampiran 9. Hasil Validasi	79
Lampiran 10. Hasil Simulasi Desain dengan Parameter Optimal	80

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$\sigma_y$	=	<i>Yield Strength</i>
E	=	Modulus Elastisitas
mm	=	Milimeter
MPa	=	Mega Pascal (N/mm <sup>2</sup> )
OA	=	Osteoarthritis
THR	=	<i>Total Hip Replacement</i>
VM	=	<i>Von Mises</i>
RSM	=	<i>Response Surface Method</i>
FEA	=	<i>Finite Element Analysis</i>
FEM	=	<i>Finite Element Method</i>
Ti6Al4V	=	<i>Titanium alloy</i> untuk implan ortopedi