

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	v
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xx
INTISARI .....	xxii
ABSTRACT .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Asumsi dan Batasan .....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
3.1. <i>Stent</i> .....	14

3.2.	Fleksibilitas <i>Stent</i> ( <i>Curvature Index</i> ) .....	17
3.3.	Tegangan <i>Von Mises</i> .....	18
3.4.	Properti Mekanis .....	19
3.5.	<i>Response Surface Methodology</i> (RSM) .....	20
3.6.	<i>Finite Element Method</i> (FEM) .....	22
3.7.	Analisis Varian dan Koefisien Determinasi ( $R^2$ ).....	24
3.8.	Uji Hipotesis .....	24
<b>BAB IV METODE PENELITIAN.....</b>		<b>26</b>
4.1.	Objek Penelitian .....	26
4.2.	Alat Penelitian.....	28
4.3.	Material Model <i>Stent</i> .....	29
4.4.	Tahapan Penelitian .....	31
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>46</b>
5.1.	Analisis Hasil Simulasi pada Konfigurasi <i>Crimped Stent</i> .....	46
5.1.1.	Analisis hasil simulasi kombinasi pertama .....	46
5.1.2.	Analisis hasil simulasi kombinasi kedua.....	53
5.2.	Analisis Hasil Simulasi pada Konfigurasi <i>Expanded Stent</i> .....	58
5.2.1.	Analisis hasil simulasi kombinasi pertama .....	58
5.2.2.	Analisis hasil simulasi kombinasi kedua.....	66
5.3.	Optimasi Desain Terhadap Respon .....	73
5.3.1.	Optimasi parameter desain pada konfigurasi <i>crimped stent</i> .....	74
5.3.2.	Optimasi parameter desain pada konfigurasi <i>expanded stent</i> .....	78
5.4.	Perbandingan Nilai Prediksi Respon dan Nilai Aktual Respon .....	83
5.4.1.	Perbandingan nilai prediksi respon dan nilai aktual respon pada <i>crimped stent</i> .....	83

5.4.2. Perbandingan nilai prediksi respon dan nilai aktual respon pada <i>expanded stent</i> .....	85
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>88</b>
6.1. Kesimpulan .....	88
6.2. Saran.....	89
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>90</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>96</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Pemasangan <i>Balloon-expandable Stent</i> : (a) <i>Stent</i> Kondisi <i>Crimped</i> Dibawa Kateter Balon (b) Kateter Balon Mengembangkan <i>Stent</i> (c) <i>Stent</i> Menopang Pembuluh Darah (Vishnu et al., 2022) .....	15
Gambar 3.2 Klasifikasi <i>Stent</i> Berdasarkan Struktur <i>Cell</i> : (a) <i>Coil Stent</i> (b) <i>Open Cell</i> (c) <i>Close Cell</i> (Fareed et al., 2008; Korei et al., 2022).....	17
Gambar 3.3 Sketsa dari <i>Stent</i> dengan Perubahan Sudut $\phi$ (Petrini et al., 2004) ...	18
Gambar 3.4 Grafik Tegangan dan Regangan (Workshopscience, 2024) .....	19
Gambar 3.5 Contoh Hasil Grafik RSM: (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> (Myers et al., 2009).....	20
Gambar 3.6 Desain $2^k$ dengan <i>Center Point</i> (Krishnaiah & Shahabudeen, 2012)	21
Gambar 3.7 <i>Cental Composite Design</i> untuk Dua Variabel Independen (Krishnaiah & Shahabudeen, 2012) .....	22
Gambar 3.8 <i>Finite Element Method</i> dari sebuah Roda (Bathe, 2008) .....	23
Gambar 3.9 Model Helm Sepeda dengan Elemen <i>Mesh</i> (Bathe, 2008).....	23
Gambar 4.1 Desain <i>Stent</i> Kombinasi Pertama: (a) <i>Crimped</i> 2D (b) <i>Crimped</i> 3D (c) <i>Expanded</i> 2D (d) <i>Expanded</i> 3D .....	27
Gambar 4.2 Desain <i>Stent</i> Kombinasi Kedua: (a) <i>Crimped</i> 2D (b) <i>Crimped</i> 3D (c) <i>Expanded</i> 2D (d) <i>Expanded</i> 3D .....	27
Gambar 4.3 Keterangan Dimensi <i>Stent</i> .....	28
Gambar 4.4 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	31
Gambar 4.5 Tata Cara <i>Import</i> Berkas dalam Bentuk <i>Part</i> .....	33
Gambar 4.6 Pendefinisian Material PLLA.....	33
Gambar 4.7 Pengaplikasian Material dan Pembuatan <i>Tipe Instance</i> .....	34
Gambar 4.8 Pembuatan Titik-titik Referensi .....	34
Gambar 4.9 Pembuatan <i>MPC Constraint</i> .....	35
Gambar 4.10 Pemberian Beban di Kedua Ujung <i>Stent</i> .....	35
Gambar 4.11 Pemberian Kondisi Batas .....	36
Gambar 4.12 Proses <i>Meshing</i> Desain <i>Stent</i> .....	36

Gambar 4.13 Tampilan Geometri Desain <i>Stent</i> Sebelum Bertabrakan .....	37
Gambar 5.1 Visualisasi Respon <i>Curvature Index</i> pada Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	74
Gambar 5.2 <i>Optimization Plot</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	75
Gambar 5.3 Visualisasi Respon <i>Curvature Index</i> pada Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	76
Gambar 5.4 Visualisasi Respon <i>Von Mises</i> pada Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	76
Gambar 5.5 <i>Optimization Plot</i> Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> .....	77
Gambar 5.6 Visualisasi Respon <i>Curvature Index</i> pada Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	79
Gambar 5.7 Visualisasi Respon <i>Von Mises</i> pada Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	79
Gambar 5.8 <i>Optimization Plot</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	80
Gambar 5.9 Visualisasi Respon <i>Curvature Index</i> pada Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	81
Gambar 5.10 Visualisasi Respon <i>Von Mises</i> pada Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> : (a) <i>Surface Plot</i> (b) <i>Contour Plot</i> .....	81
Gambar 5.11 <i>Optimization Plot</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	82
Gambar 5.12 Hasil Simulasi Kombinasi Faktor Optimal untuk Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> : (a) <i>S Mises</i> (b) UR1 .....	84
Gambar 5.13 Hasil Simulasi Kombinasi Faktor Optimal untuk Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> : (a) <i>S Mises</i> (b) UR2 .....	84
Gambar 5.14 Hasil Simulasi Kombinasi Faktor Optimal untuk Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> : (a) <i>S Mises</i> (b) UR1 .....	86
Gambar 5.15 Hasil Simulasi Kombinasi Faktor Optimal untuk Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> : (a) <i>S Mises</i> (b) UR2 .....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peta Penelitian .....	12
Tabel 3.1 Pengambilan Keputusan dalam Uji Hipotesis .....	25
Tabel 4.1 <i>Material Properties</i> PLLA (Pauck & Reddy, 2015).....	30
Tabel 4.2 Kode Faktor dan Level Parameter Desain <i>Crimped Stent</i> .....	38
Tabel 4.3 Kode Faktor dan Level Parameter Desain <i>Expanded Stent</i> .....	38
Tabel 4.4 Desain Eksperimen Orde Pertama untuk <i>Crimped Stent</i> Kombinasi Pertama .....	39
Tabel 4.5 Desain Eksperimen Orde Pertama untuk <i>Crimped Stent</i> Kombinasi Kedua .....	39
Tabel 4.6 Desain Eksperimen Orde Pertama untuk <i>Expanded Stent</i> Kombinasi Pertama .....	40
Tabel 4.7 Desain Eksperimen Orde Pertama untuk <i>Expanded Stent</i> Kombinasi Kedua.....	40
Tabel 4.8 Desain Eksperimen Orde Kedua untuk <i>Crimped Stent</i> Kombinasi Pertama .....	41
Tabel 4.9 Desain Eksperimen Orde Kedua untuk <i>Expanded Stent</i> Kombinasi Pertama .....	42
Tabel 4.10 Desain Eksperimen Orde Kedua untuk <i>Expanded Stent</i> Kombinasi Kedua.....	42
Tabel 5.1 Hasil Simulasi Orde Pertama untuk <i>Stent</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	46
Tabel 5.2 Data Nilai <i>P-value</i> Orde Pertama Setiap Respon untuk Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	48
Tabel 5.3 Hasil Simulasi Orde Kedua untuk <i>Stent</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	48
Tabel 5.4 Nilai Koefisien Determinasi untuk Model Orde Kedua Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	49
Tabel 5.5 <i>F-test Two-sample for Variances Curvature Index</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	50

Tabel 5.6 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Curvature Index Kombinasi Pertama Crimped</i> .....	51
Tabel 5.7 <i>F-test Two-sample for Variances Von Mises Kombinasi Pertama Crimped</i> .....	52
Tabel 5.8 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Von Mises Kombinasi Pertama Crimped</i> .....	52
Tabel 5.9 Hasil Simulasi Orde Pertama untuk <i>Stent</i> Kombinasi Kedua <i>Crimped</i>	53
Tabel 5.10 Data Nilai <i>P-value</i> Orde Pertama Setiap Respon untuk Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> .....	54
Tabel 5.11 Nilai Koefisien Determinasi untuk Model Orde Pertama Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> .....	55
Tabel 5.12 <i>F-test Two-sample for Variances Curvature Index Kombinasi Kedua Crimped</i> .....	56
Tabel 5.13 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Curvature Index Kombinasi Kedua Crimped</i> .....	56
Tabel 5.14 <i>F-test Two-sample for Variances Von Mises Kombinasi Kedua Crimped</i> .....	57
Tabel 5.15 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Von Mises Kombinasi Kedua Crimped</i> .....	58
Tabel 5.16 Hasil Simulasi Orde Pertama untuk <i>Stent</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	59
Tabel 5.17 Data Nilai <i>P-value</i> Orde Pertama Setiap Respon untuk Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	60
Tabel 5.18 Hasil Simulasi Orde Kedua untuk <i>Stent</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	61
Tabel 5.19 Nilai Koefisien Determinasi untuk Model Orde Kedua Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	61
Tabel 5.20 <i>F-test Two-sample for Variances Curvature Index Kombinasi Pertama Expanded</i> .....	63
Tabel 5.21 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Curvature Index Kombinasi Pertama Expanded</i> .....	63

Tabel 5.22 <i>F-test Two-sample for Variances Von Mises</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	64
Tabel 5.23 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Von Mises</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	65
Tabel 5.24 Hasil Simulasi Orde Pertama untuk <i>Stent</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	66
Tabel 5.25 Data Nilai <i>P-value</i> Orde Pertama Setiap Respon untuk Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	67
Tabel 5.26 Hasil Simulasi Orde Kedua untuk <i>Stent</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i>	68
Tabel 5.27 Nilai Koefisien Determinasi untuk Model Orde Kedua Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	69
Tabel 5.28 <i>F-test Two-sample for Variances Curvature Index</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	70
Tabel 5.29 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Curvature Index</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	70
Tabel 5.30 <i>F-test Two-sample for Variances Von Mises</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	71
Tabel 5.31 <i>T-test: Two-sample Assuming Equal Variances Von Mises</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	72
Tabel 5.32 Perbandingan Nilai Respon Aktual dan Prediksi untuk Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	84
Tabel 5.33 Perbandingan Nilai Respon Aktual dan Prediksi untuk Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> .....	85
Tabel 5.34 Perbandingan Nilai Respon Aktual dan Prediksi untuk Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	86
Tabel 5.35 Perbandingan Nilai Respon Aktual dan Prediksi untuk Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	87



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Simulasi <i>Bending</i> untuk Kombinasi Pertama: (a) <i>Crimped</i> (b) <i>Expanded</i> .....	96
Lampiran 2 Grafik Perbandingan <i>Curvature Index</i> pada Kedua Sumbu .....	97
Lampiran 3 Hasil Simulasi <i>Bending</i> untuk Kombinasi Kedua: (a) <i>Crimped</i> (b) <i>Expanded</i> .....	100
Lampiran 4 Grafik Perbandingan <i>Curvature Index</i> pada Kedua Sumbu .....	100
Lampiran 5 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> Orde Pertama .....	103
Lampiran 6 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> Orde Pertama .....	103
Lampiran 7 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> Orde Kedua .....	104
Lampiran 8 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> Orde Kedua .....	104
Lampiran 9 Hasil Respon dari Model Regresi Orde Kedua Kombinasi Pertama <i>Crimped</i> .....	105
Lampiran 10 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> Orde Pertama .....	105
Lampiran 11 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> Orde Pertama .....	105
Lampiran 12 Hasil Respon dari Model Regresi Orde Pertama Kombinasi Kedua <i>Crimped</i> .....	106
Lampiran 13 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> Orde Pertama .....	106
Lampiran 14 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> Orde Pertama .....	106
Lampiran 15 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> Orde Kedua .....	107

Lampiran 16 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> Orde Kedua.....	107
Lampiran 17 Hasil Respon dari Model Regresi Orde Kedua Kombinasi Pertama <i>Expanded</i> .....	107
Lampiran 18 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> Orde Pertama .....	108
Lampiran 19 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> Orde Pertama .....	108
Lampiran 20 Hasil Analisis Respon <i>Curvature Index</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> Orde Kedua.....	108
Lampiran 21 Hasil Analisis Respon <i>Von Mises</i> Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> Orde Kedua.....	109
Lampiran 22 Hasil Respon dari Model Regresi Orde Kedua Kombinasi Kedua <i>Expanded</i> .....	109
Lampiran 23 Hasil <i>Von Mises</i> Semua Desain .....	110
Lampiran 24 Perbandingan Hasil Optimasi pada Konfigurasi <i>Crimped</i> ..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	
Lampiran 25 Perbandingan Hasil Optimasi pada Konfigurasi <i>Expanded</i> ..... <b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>	