

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA	i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Asumsi dan Batasan	12
1.4. Tujuan Penelitian	12
1.5. Manfaat Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
BAB III LANDASAN TEORI	28
3.1 Additive Manufacturing	28
3.2 Fused Deposition Modeling	29
3.3 <i>Master Pattern</i>	32
3.4 Defect dalam 3D <i>Printing</i>	33

3.5 Struktur Pori dan Porositas	34
3.6 Hip Prosthesis	35
3.7 <i>Design of Experiment (DOE)</i>	37
3.8 Response Surface Method (RSM)	38
3.9 ANOVA dan Koefisien Determinasi dalam RSM	41
3.10 Uji Asumsi Residual (IIDN)	42
BAB IV METODE PENELITIAN	44
4.1 Objek Penelitian	44
4.2 Alat Penelitian	44
4.3 Bahan Penelitian	48
4.4 Tahap Penelitian	49
4.4.1 Studi Literatur	50
4.4.2 Persiapan Desain Obyek	51
4.4.3 Persiapan Alat dan Bahan	53
4.4.4 <i>Pilot Study</i>	53
4.4.5 Perancangan Experimen	56
4.4.6 Pengambilan data	61
4.4.7 Pengolahan Data	66
4.4.8 Penentuan Respons Optimum	67
4.4.9 Uji Validasi	67
4.4.10 <i>Pembuatan Master Pattern Hip Ukuran 1:1</i>	68
4.4.11 Interpretasi Hasil	68
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	69
5.1 Analisis Data Eksperimen dan Validitas Model	69
5.1.1 Hasil Eksperimen	69
5.1.2 Analisis Model Orde Pertama	74

5.1.3	Analisis Model Orde Kedua	80
5.1.4	Uji Asumsi Residual	88
5.2	Optimasi Response surface method	92
5.2.1	Hasil Analisis <i>Surface Plot</i>	92
5.2.2	Optimasi Hasil dengan Multi-Respon	96
5.2.3	Validasi Hasil Optimasi	98
5.3	Pembahasan Hasil Analisis	100
5.3.1	Pengaruh Parameter Proses <i>Printing</i>	100
5.3.2	Perbandingan dengan Literatur dan Studi Sebelumnya	103
5.3.3	Hasil <i>Study case</i> Pembuatan Hip Prosthesis Ukuran Asli	106
BAB VI PENUTUP		113
6.1	Kesimpulan	113
6.2	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA		115
LAMPIRAN		121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Tren Jumlah THA dari tahun 2014 hingga 2019 RS. Dr. R. Soeharso (Mustiko and Pristianto, 2021)	1
Gambar 1.2. Pengukuran tulang femoral dari hasil foto radiografi (Mishra et al., 2009)	2
Gambar 1.3 Desain Hip Prosthesis Komersial (a) Modular Double-tapered Stem (Metha Stem by B-Braun (b) Straight Double-tapered Non modular (CeraVer)(c) Curved Stem (Taperloc Stem by Zimmer Biomet)	3
Gambar 3.1. Scope teknologi AM. (Tontowi, 2016)	28
Gambar 3.2. Ilustrasi FDM (3DPROS, 2024)	30
Gambar 3.3. Proses Pencetakan 3DP (Kumar et al., 2018)	31
Gambar 3.4. <i>Master Pattern</i> Hasil <i>3D Printing</i> (Garg, A., et al., 2016)	32
Gambar 3.5. <i>Defect</i> pada <i>3D Printing</i> (Erokhin et al., 2023).	34
Gambar 3.6. Komponen dan Parameter <i>Design Hip prosthesis</i> (Jaypee Brothers Medical Publishers, 2017)	36
Gambar 3.7. Visualisasi Hasil RSM	41
Gambar 4.1. Mesin FDM Ender 3 Max	45
Gambar 4.2. ANALYTIC BALANCE OHAUS PA214	45
Gambar 4.3. Mitutoyo Digimatic calipers	45
Gambar 4.4. Krisbow Dry Cabinet AD 040	46
Gambar 4.5. <i>Sandpaper</i>	46
Gambar 4.6. Filament PolyCast	48
Gambar 4. 7 Isoprophyl Alcohol 99%	49
Gambar 4..8. Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 4.9. <i>Drawing</i> Spesimen Representatif <i>Prosthesis Hip</i>	52

Gambar 4.10. <i>Drawing Study case Prosthesis Hip</i>	53
Gambar 4.11. Representasi Parameter <i>Printing</i> terhadap Hasil Cetakan FDM (Medibew, 2022)	54
Gambar 4.12. waktu pencetakan rata-rata saat <i>pilot study</i>	54
Gambar 4..13. <i>Setting</i> Parameter <i>Build angle</i> (a) 0° terhadap sumbu-x (b) 30° terhadap sumbu-x	56
Gambar 4.14. Rangkuman Variabel Penelitian	56
Gambar 4.15. <i>Setting</i> untuk Variabel Bebas	61
Gambar 4.16. Proses Pencetakan Spesimen	62
Gambar 4.17. Hasil pencetakan spesimen (a) Sebelum <i>Post processing</i> (b) Setelah <i>Post processing</i>	62
Gambar 5.1. Hasil Printing Spesimen	69
Gambar 5.2. Bar Chart Hasil Run Test	72
Gambar 5.3. Pengujian Asumsi Homoskedastisitas	89
Gambar 5.4. Pengujian Asumsi Independensi	90
Gambar 5..5. Pengujian Asumsi Normalitas	91
Gambar 5. 6 Grafik Surface Plot Galat Porosity	92
Gambar 5.7. Grafik Surface Plot Galat Diameter	94
Gambar 5.8. Grafik Surface Plot Skor Defect	95
Gambar 5. 9 Tampilan Printing Build angle 0 ° (a) Pada sofftware cura	108
Gambar 5. 10 Hasil Printing dengan Penyesuaian Build Angle 90°	108
Gambar 5. 11 Struktur Pori Tidak Terbentuk	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ringkasan Perbandingan Teknis Material Master Pattern	22
Tabel 2.2. Peta Penelitian	26
Tabel 3.1. Komponen Nilai ANOVA (Montgomery, 2017)	42
Tabel 3.2. Uji Asumsi Residual	43
Tabel 4.1. Spesifikasi dari Filament Polycast	48
Tabel 4.2. Faktor Penelitian	57
Tabel 4.3. DoE Orde 1	59
Tabel 4.4. DoE Orde 2	60
Tabel 4.5. Penjabaran Bobot dan Keterangan Subkriteria Skor Defect	64
Tabel 4.6. Penjabaran Bobot dan Keterangan Subkriteria Skor Defect (lanjutan)	
Error! Bookmark not defined.	
Tabel 5.1. Hasil <i>Run Test</i> untuk Tiga Respon Utama	70
Tabel 5.2. Hasil Eksperimen Orde Pertama	74
Tabel 5.3. Analisis model matematika	76
Tabel 5.4. Analisis Varian Respon Galat <i>Porosity</i> Orde Pertama	78
Tabel 5.5. Analisis Varian Respon Galat Diameter Orde Pertama	78
Tabel 5.6. Analisis Varian Respon Skor <i>Defect</i> Orde Pertama	78
Tabel 5.7. Rangkuman Hasil Uji ANOVA	80
Tabel 5.8. Hasil Eksperimen Orde Kedua	81
Tabel 5.9. Analisis Perbandingan Model antara Orde Pertama dengan Orde Kedua	83
Tabel 5.10. Analisis Varian Respon Galat <i>Porosity</i> Orde Kedua	84
Tabel 5.11. Analisis Varian Respon Galat Diameter Orde Kedua	85
Tabel 5.12. Analisis Varian Respon Skor <i>Defect</i> Orde Kedua	85
Tabel 5.13 Perbandingan Uji ANOVA antara Orde Pertama dengan Orde Kedua	87
Tabel 5.14 Hasil Uji Normalitas Residual Respon	91
Tabel 5.15. Kriteria Optimasi pada <i>Software Design Expert</i>	96
Tabel 5.16. Kriteria Optimasi pada <i>Software Design Expert</i> (lanjutan)	97

Tabel 5.17. Titik Optimum Faktor Terpilih	97
Tabel 5.18. Nilai Prediksi Respon pada Titik Optimum	97
Tabel 5.19. Hasil Eksperimen Validasi	98
Tabel 5.20. Validasi dengan <i>One Sample t-test</i>	99
Tabel 5.21. Perbandingan Hasil Penelitian ini dengan Toleransi Acuan	104
Tabel 5.22. Perbandingan Galat atau Deviasi dengan Penelitian Sebelumnya	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Parameter Proses tetap dan default pada Cura 5.10	121
Lampiran 2. Proses Pengukuran Diameter	123
Lampiran 3. Proses Pengukuran Porositas	123
Lampiran 4. Proses Inspeksi Defect	124
Lampiran 5. Perhitungan Galat Diameter	126
Lampiran 6. Perhitungan Galat Porositas	127
Lampiran 7. Perhitungan Skor Defect	128
Lampiran 8. Hasil Lengkap Anova	129
Lampiran 9. Hasil Sebelum dan Setelah Pelepasan <i>Support</i>	131
Lampiran 10. Proses <i>Post processing</i> hasil printing <i>Master Pattern</i>	132
Lampiran 11. Perbandingan Hasil <i>Master Pattern</i> setelah <i>Post processing</i>	133