

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Asumsi dan Batasan	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7

BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Rapid Prototyping	13
3.2 <i>Design of Experiment</i> (DoE)	14
3.2.1. Tujuan DoE	14
3.2.2. Metode dalam DoE	15
3.3 Metode Taguchi	16
3.3.1. Kelebihan Taguchi	18
3.3.2. Kekurangan Taguchi	18
3.3.3. <i>Seven Point</i> Taguchi	18
3.3.4. Karakteristik Kualitas menurut Taguchi	19
3.4 Proses Ekstrusi	20
3.5 <i>PolyMethyl-MethaAcrylate</i> (PMMA)	21
3.6 Hidroksiapatit	23
3.7 Serisin	24
3.8 Perhitungan Galat	25
3.9 Kuat Mekanik Material	25
3.10 Uji Hipotesis dengan Statistik	27
BAB IV METODE PENELITIAN	35
4.1 Alat Penelitian	35
4.2 Bahan Penelitian	36
4.3 Diagram Alir Penelitian	36
4.4 Persiapan Penelitian	37
4.4.1 Persiapan Bahan Biokomposit	37
4.4.2 Persiapan Desain Material dan Parameter Mesin	39
4.5 Cara Pengujian dan Analisa	45
4.5.1. Pengolahan Data Hasil Penelitian	47
4.5.2. Pencetakan Spesimen kembali dengan Parameter Optimal	50

4.5.3. Validasi dengan Membandingkan <i>Error</i> Nilai dari Prediksi dan Eksperimen dengan Parameter Optimal	50
---	----

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN **51**

5.1. Analisis Data	51
5.2. Data Hasil Eksperimen	52
5.3. Analisa Hasil Eksperimen	55
5.3.1. Analisis <i>Tensile Strength</i>	55
5.3.2. Analisis Galat Dimensi	56
5.3.3. Analisis Faktor	57
5.4. Analisis Statistik	60
5.4.1. Respon <i>Tensile Strength</i>	
5.4.1.1. Uji Normalitas <i>Tensile Strength</i>	60
5.4.1.2. <i>Analysis of Variance Tensile Strength</i>	61
5.4.1.3. Rasio S/N respon <i>Tensile Strength</i>	62
5.4.1.4. Model Matematis dan prediksi nilai optimum	64
5.4.1.5. Validasi <i>Tensile Strength</i>	65
5.4.2. Respon Galat Dimensi	64
5.4.2.1. Galat Dimensi Panjang	
5.4.2.1.1. Uji Normalitas Galat Panjang	66
5.4.2.1.2. <i>Analysis of Variance</i> Galat Panjang	67
5.4.2.1.3. Rasio S/N Galat Panjang	68
5.4.2.1.4. Model Matematis dan Prediksi Nilai Optimum	70
5.4.2.1.5. Validasi Galat Panjang	72
5.4.2.2. Galat Dimensi Lebar	
5.4.2.2.1. Uji Normalitas Galat Lebar	71
5.4.2.2.2. <i>Analysis of Variance</i> Galat Lebar	73
5.4.2.2.3. Rasio S/N Galat Lebar	73
5.4.2.2.4. Model Matematis dan Prediksi Nilai Optimum	75

5.4.2.2.5. Validasi Galat Lebar	76
5.4.2.3. Galat Dimensi Lebar Nero	
5.4.2.3.1. Uji Normalitas Galat Lebar Nero	76
5.4.2.3.2. <i>Analysis of Variance</i> Galat Lebar Nero	78
5.4.2.3.3. Rasio S/N Galat Lebar Nero	78
5.4.2.3.4. Model Matematis dan Prediksi Nilai Optimum	80
5.4.2.3.5. Validasi Galat Lebar Nero	81
5.4.2.4. Galat Dimensi Tebal	
5.4.2.4.1. Uji Normalitas Galat Tebal	82
5.4.2.4.2. <i>Analysis of Variance</i> Galat Tebal	83
5.4.2.4.3. Rasio S/N Galat Tebal	83
5.4.2.4.4. Model Matematis dan Prediksi Nilai Optimum	85
5.4.2.4.5. Validasi Galat Tebal	86
5.5. Analisis Gabungan	88
5.5.1. Rasio S/N Respon	88
5.5.2. Normalisasi Rasio S/N	89
5.5.3. Menghitung <i>Grey Relational Coefficient</i>	90
5.5.4. Menghitung <i>Grey Relational Grade</i>	91
BAB VI PENUTUP	94
6.1. Kesimpulan	94
6.2. Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan Jenis Metode dalam <i>Design of Experiment</i> (DoE)	4
Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Berdasarkan Tujuan Penelitian	12
Tabel 3.1. Keputusan dalam Uji Hipotesis	28
Tabel 3.2. Kriteria Penolakan Uji Hipotesis $\mu = \mu_0$, σ^2 Tidak Diketahui (Montgomery dan Runger, 2003)	28
Tabel 3.3. <i>Three Way</i> ANOVA	30
Tabel 4.1. Hubungan antara Kode Level dengan Nilai Asli Variabel Bebas	41
Tabel 4.2. Parameter menggunakan <i>Orthogonal Array</i> L_9	41
Tabel 5.1. Faktor Beserta <i>Level</i> -nya	51
Tabel 5.2. Urutan <i>Run</i> Berdasarkan <i>Orthogonal Array</i> L_9	52
Tabel 5.3. Data Dimensi CAD	52
Tabel 5.4. Data Hasil Pengukuran	53
Tabel 5.5. Data Galat Dimensi	54
Tabel 5.6. <i>Analysis of Variance Tensile Strength</i>	62
Tabel 5.7. Rangkuman Perhitungan Rasio S/N <i>Tensile Strength</i>	63
Tabel 5.8. Koefisien Model Regresi Respon <i>Tensile Strength</i>	64
Tabel 5.9. Data Validasi <i>Tensile Strength</i>	65
Tabel 5.10. <i>Analysis of Variance</i> Galat Panjang	68
Tabel 5.11. Rangkuman Perhitungan Rasio S/N Galat Dimensi Panjang	69
Tabel 5.12. Koefisien Model Regresi Respon Galat Panjang	70
Tabel 5.13. Data Validasi Galat Panjang	71
Tabel 5.14. <i>Analysis of Variance</i> Galat Lebar	73
Tabel 5.15. Rangkuman Perhitungan Rasio S/N Galat Lebar	74

Tabel 5.16. Koefisien Model Regresi Respon Galat Lebar	75
Tabel 5.17. Data Validasi Galat Lebar	76
Tabel 5.18. <i>Analysis of Variance</i> Galat Lebar Nero	78
Tabel 5.19. Rangkuman Perhitungan Rasio S/N Galat Lebar Nero	79
Tabel 5.20. Koefisien Model Regresi Respon Galat Lebar Nero	80
Tabel 5.21. Data Validasi Galat Lebar Nero	81
Tabel 5.22. <i>Analysis of Variance</i> Galat Tebal	83
Tabel 5.23. Rangkuman Perhitungan Rasio S/N Galat Tebal	84
Tabel 5.24. Koefisien Model Regresi Respon Galat Tebal	86
Tabel 5.25. Data Validasi Galat Tebal	87
Tabel 5.26. Rekapitulasi Nilai Respon	88
Tabel 5.27. Rekapitulasi Rasio S/N	89
Tabel 5.28. Normalisasi Nilai Rasio S/N	89
Tabel 5.29. <i>Deviation Sequence</i>	90
Tabel 5.30. <i>Grey Relational Coefficient</i>	90
Tabel 5.31. <i>Grey Relational Grade Run 1-9</i>	91
Tabel 5.32. <i>Grey Relational Grade</i> dan Rangking Faktor	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi ukuran layer ekstrusi (Ridho, 2014)	8
Gambar 2.2. Mesin BioPrinter 3D dengan Sistem <i>Plunger</i> (Laboratorium Desain dan Pengembangan Produk Jurusan Mesin dan Industri UGM)	11
Gambar 3.1. Ilustrasi Proses Ekstrusi (ASM International, 2000)	20
Gambar 3.2. Reaksi Polimerisasi MMA menjadi PMMA (Koleva, 2010)	22
Gambar 3.3. Struktur Kristal Hidroksiapatit	23
Gambar 3.4. Ilustrasi Pengujian Tarik (Mahmuda dkk, 2013)	26
Gambar 3.5. Perubahan Spesimen Uji Tarik (Sastranegara, 2009)	27
Gambar 4.1. Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4.2. Hasil <i>Pilot Study</i> Penentuan Komposisi Pasta Biokomposit	38
Gambar 4.3. Hasil <i>Pilot Study</i> Penentuan Komposisi Hidroksiapatit	39
Gambar 4.4. Ilustrasi Parameter yang Digunakan (Nugroho, 2015)	40
Gambar 4.5. Standar Desain Spesimen <i>Tensile Strength Test</i> ASTM D638 Tipe V (Yilmaz, 2010)	42
Gambar 4.6. Tampilan <i>Software Slic3r</i> dengan Input Desain ASTM D368 Tipe V	43
Gambar 4.7. Pengaturan Parameter Kecepatan dan <i>Layer Height</i> pada <i>Software Slic3r</i>	43
Gambar 4.8. Tampilan Input File G-Code pada <i>Software Pronterface</i>	44
Gambar 4.9. Tampilan <i>Plate Building Tool</i>	45
Gambar 4.10. Hasil Input G-Code	45
Gambar 4.11. Titik Pengukuran Dimensi pada Spesimen	46
Gambar 4.12. Pengujian Tarik Spesimen	47
Gambar 5.1. Grafik Respon <i>Tensile Strength</i>	55

Gambar 5.2. Grafik Respon Galat Dimensi	57
Gambar 5.3. Uji Korelasi Faktor terhadap <i>Tensile Strength</i>	58
Gambar 5.4. Uji Korelasi Faktor terhadap Galat Dimensi	59
Gambar 5.5 Uji Normalitas <i>Tensile Strength</i>	61
Gambar 5.6. Grafik Nilai S/N <i>Tensile Strength</i>	63
Gambar 5.7. <i>Tensile Strength</i> Model Regresi vs Eksperimen	66
Gambar 5.8. Uji Normalitas Galat Panjang	67
Gambar 5.9. Grafik Nilai S/N Galat Panjang	69
Gambar 5.10. Uji Normalitas Galat Lebar	72
Gambar 5.11. Grafik Nilai S/N Galat Lebar	74
Gambar 5.12. Uji Normalitas Galat Lebar Nero	77
Gambar 5.13. Grafik Nilai S/N Galat Lebar Nero	79
Gambar 5.14. Uji Normalitas Galat Tebal	82
Gambar 5.15. Grafik Nilai S/N Galat Tebal	85
Gambar 5.16. Galat Dimensi Model Regresi vs Eksperimen	87
Gambar 5.17. <i>Grey Relational Grade</i>	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik <i>Tensile Strength</i> Spesimen	102
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Model Regresi Respon <i>Tensile Strength</i>	103
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Model Regresi Respon Galat Panjang	104
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Model Regresi Respon Galat Lebar	105
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Model Regresi Respon Galat Tebal	106
Lampiran 6. Hasil Perhitungan Model Regresi Respon Galat Lebar Nero	107
Lampiran 7. <i>S/N Ratio Tensile Strength</i>	108
Lampiran 8. <i>S/N Ratio Galat Panjang</i>	109
Lampiran 9. <i>S/N Ratio Galat Lebar</i>	111
Lampiran 10. <i>S/N Ratio Galat Tebal</i>	112
Lampiran 11. <i>S/N Ratio Galat Lebar Nero</i>	114
Lampiran 12. Tabel Distribusi F	115
Lampiran 13. Tabel Distribusi T	116
Lampiran 14. Tabel <i>Durbin Watson</i>	117
Lampiran 15. Tabel <i>Equation Galat Dimensi</i>	118