UNIVERSITAS GADJAH MADA
Optimasi Parameter Proses 3D Printing Material TPU terhadap Aspek Hardness, Stiffness, dan Printing Time untuk Aplikasi Cushioning Insole
Rakha Fa'iq Muyassar, Prof. Dr. Eng. Ir. Herianto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA ..... **i**
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **ii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **iii**
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
UCAPAN TERIMA KASIH ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN ..... **xvii**
INTISARI ..... **xix**
ABSTRACT ..... **xx**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Asumsi dan Batasan 6
1.4.1 Asumsi 6
1.4.2 Batasan 7
1.5 Manfaat Penelitian 7
1.5.1 Manfaat Praktis: 7
1.5.2 Manfaat Akademis: 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
BAB III LANDASAN TEORI **17**
3.1 *Additive Manufacturing* 17
3.2 *Fused Deposition Modeling* (FDM) 17

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Optimasi Parameter Proses 3D Printing Material TPU terhadap Aspek Hardness, Stiffness, dan Printing
Time untuk Aplikasi Cushioning Insole**
Rakha Fa'iq Muyassar, Prof. Dr. Eng. Ir. Herianto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3 *Thermoplastic Polyurethane* (TPU) 18
3.4 *Infill density* 19
3.5 *Infill pattern* 20
3.6 *Print speed* 21
3.7 *Layer height* 22
3.8 *Compressive Stiffness* 23
3.9 *Hardness* 24
3.10 *Printing Time* 24
3.11 *Design of Experiments* (DoE) 25
3.12 Metode Taguchi 25
3.13 *Grey Relational Analysis* (GRA) 27
3.14 Analisis Kontribusi Faktor 29
3.15 Uji Signiffikansi Faktor (ANOVA) 30
BAB IV METODE PENELITIAN 31
4.1 Objek Penelitian 31
4.2 Lokasi Penelitian 32
4.3 Tahapan Penelitian 33
4.4 Perancangan Eksperimen 36
4.4.1 Alat dan Bahan 37
4.4.2 Respon Penelitian 37
4.4.3 Variabel Penelitian 38
4.4.4 Faktor dan Level Penelitian 38
4.4.5 Pemilihan *Orthogonal Array* (OA) 40
4.4.6 Matriks Eksperimen 41
4.5 Prosedur Eksperimen 41
4.5.1 Pembuatan Spesimen 42
4.5.2 Pengambilan Data *Printing Time* 42
4.5.3 Pengujian *Hardness* 42
4.5.4 Pengujian Compressive Stiffness 43
4.6 Analisis dan Interpretasi Data 43
4.6.1 Metode Taguchi 44

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Optimasi Parameter Proses 3D Printing Material TPU terhadap Aspek Hardness, Stiffness, dan Printing Time untuk Aplikasi Cushioning Insole
Rakha Fa'iq Muyassar, Prof. Dr. Eng. Ir. Herianto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.6.2 Grey Relational Analysis 45
4.6.3 Analisis Kontribusi Faktor 46
4.7 Validasi 46
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 47
5.1 Material TPU 85A 47
5.1.1 Hasil Eksperimen Material TPU 85A 47
5.1.2 Analisis Taguchi TPU 85A 51
5.1.3 *Grey Relational Analysis* TPU 85A 55
5.1.4 Penentuan Parameter Optimum TPU 85A 57
5.1.5 Analisis Kontribusi Faktor TPU 85A 58
5.1.6 Uji Signifikansi Faktor TPU 85A 60
5.1.7 Validasi Parameter Optimum TPU 85A 61
5.1.8 Sintesis Hasil TPU 85A 63
5.2 TPU 90A 63
5.2.1 Hasil Eksperimen TPU 90A 63
5.2.2 Analisis Taguchi TPU 90A 66
5.2.3 Grey Relational Analysis TPU 90A 69
5.2.4 Penentuan Parameter Optimum TPU 90A 71
5.2.5 Analisis Kontribusi Faktor TPU 90A 72
5.2.6 Uji Signifikansi Faktor TPU 90A 73
5.2.7 Validasi Parameter Optimum TPU 90A 74
5.2.8 Sintesis Hasil TPU 90A 75
5.3 TPU 95A 76
5.3.1 Hasil Eksperimen TPU 95A 76
5.3.2 Analisis Taguchi TPU 95A 79
5.3.3 *Grey Relational Analysis* TPU 95A 83
5.3.4 Penentuan Parameter Optimum TPU 95A 85
5.3.5 Analisis Kontribusi Faktor TPU 95A 86
5.3.6 Uji Signifikansi Faktor TPU 95A 87
5.3.7 Validasi Parameter Optimum TPU 95A 88
5.3.8 Sintesis Hasil TPU 95A 89

Optimasi Parameter Proses 3D Printing Material TPU terhadap Aspek Hardness, Stiffness, dan Printing
Time untuk Aplikasi Cushioning Insole
Rakha Fa'iq Muyassar, Prof. Dr. Eng. Ir. Herianto, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.4 Perbandingan Antar Material 90
5.4.1 Perbandingan *Grand Mean* dan Performa GRG 91
5.4.2 Perbandingan Faktor Dominan 92
5.4.3 Perbandingan Setting Parameter Optimal 95
5.4.4 Sintesis Perbandingan 96
5.4.5 Korelasi *Hardness* dan *Stiffness* 97
BAB VI PENUTUP 99
6.1 Kesimpulan 99
6.2 Saran 101
DAFTAR PUSTAKA 102
LAMPIRAN 106