

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxix
INTISARI	xxx
ABSTRACT	xxxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah.....	4
1.3.1 Asumsi	4
1.3.2 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II STUDI LITERATUR	8
2.1 Penelitian 3D <i>Printing</i> di Indonesia	8
2.2 <i>Literature Review</i> Optimasi 3D <i>Printing</i> Multimaterial dan Multinozel	12
2.2.1 Penelitian FDM.....	14
2.3 Penelitian Optimasi Parameter Proses FDM	15
2.3.1 Penggunaan Material	16
2.3.2 Parameter Proses.....	18
2.3.3 Karakteristik Mekanik	22
2.3.4 <i>Build Time</i>	27
2.3.5 <i>Dimensional accuracy</i>	30
2.3.6 <i>Surface Roughness</i>	32
2.3.7 <i>Energy Consumption</i>	33
2.4 Analisis <i>Trade-off</i> antara Input dan Output.....	36
2.4.1 Analisis <i>Trade-Off</i> antara Objektif	36
2.4.2 Alasan Pemilihan <i>Multi-objective optimization</i> (MOO).....	38
2.5 <i>Research Gap</i> dan <i>Novelty</i> Penelitian	39
2.5.1 Keterbatasan dalam Pendekatan <i>Single-Objective Optimization</i>	40
2.5.2 Optimasi <i>Multi-Objective</i> yang Masih Terbatas pada Simulasi	41
2.5.3 Kurangnya Integrasi Faktor-Faktor Proses Secara Komprehensif	41

2.5.4	Minimnya <i>Benchmarking</i> untuk Evaluasi Metode Optimasi.....	42
BAB III	LANDASAN TEORI.....	45
3.1	Teknologi FDM	45
3.1.1	Mesin FDM.....	45
3.1.2	Proses Pencetakan.....	46
3.1.3	Klasifikasi FDM Multimaterial dan Multinozel	47
3.2	Variabel Penelitian	47
3.2.1	Variabel Independen	47
3.2.2	Variabel Dependen	50
3.3	Multinozel	57
3.4	Material 3D <i>Printing</i>	58
3.4.1	Multimaterial	61
3.5	Pengembangan Kerangka Konsep Menggunakan Model Matematis.....	61
3.5.1	Kerangka Konseptual.....	62
3.5.2	Model Matematis	63
3.6	Metode.....	65
3.6.1	Metode response surface method (RSM).....	65
3.6.2	Metode <i>artificial neural network</i> (ANN)	66
3.4.3	Metode <i>particle swarm optimization</i> (PSO)	66
3.6.4	Metode <i>genetic algorithm</i> (GA)	67
3.6.5	Metode <i>factorial design</i> (FD)	68
3.6.6	Metode <i>gray relational</i> (GR).....	68
3.6.7	Metode <i>group method data handling</i> (GMDH).....	69
3.6.8	Metode Statistik Taguchi	70
3.6.9	Metode Optimasi <i>Hybrid</i>	72
BAB IV	METODE PENELITIAN	82
4.1	Objek Penelitian	82
4.2	Lokasi Penelitian	83
4.3	Alat dan Bahan Penelitian	83
4.3.1	Alat Penelitian.....	83
4.3.2	Bahan	87
4.4	Metode Penelitian.....	93
4.4.1	Metode Perancangan Eksperimen.....	93

4.4.2 Metode Optimasi <i>Hybrid</i> ANN-MOPSO	95
4.4.3 Model <i>Input-Process-Output</i> (IPO) dalam Optimasi	106
4.4.4 Metode <i>Benchmark</i> untuk Evaluasi Optimasi Metaheuristik	108
4.4.5 Diagram Alir Penelitian	111
4.5 Jadwal Rencana Penelitian	115
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	117
5.1. Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	117
5.1.1 Struktur PAP	119
5.1.2 Struktur PHP	124
5.1.3 Struktur APA	130
5.1.4 Struktur AHA.....	136
5.1.5 Struktur HPH	142
5.1.6 Struktur HAH.....	148
5.2. Kekuatan Tekan (<i>Compressive Strength</i>).....	154
5.2.1 Struktur PAP	155
5.2.2 Struktur PHP	162
5.2.3 Struktur APA	168
5.2.4 Struktur AHA.....	174
5.2.5 Struktur HPH	180
5.2.6 Struktur HAH.....	186
5.3. Kekuatan Lentur (<i>Flexure Strength</i>)	193
5.3.1 Struktur PAP	193
5.3.2 Struktur PHP	201
5.3.3 Struktur APA	207
5.3.4 Struktur AHA.....	213
5.3.5 Struktur HPH	219
5.3.6 Struktur HAH.....	225
5.4. Waktu Pencetakan (<i>Build time</i>)	231
5.4.1 Struktur PAP	235
5.4.2 Struktur PHP	248
5.4.3 Struktur APA	261
5.4.4 Struktur AHA.....	274

5.4.5 Struktur HPH	287
5.4.6 Struktur HAH.....	300
5.5. Konsumsi energi (<i>Energy consumption</i>)	312
5.5.1 Struktur PAP	316
5.5.2 Struktur PHP	329
5.5.3 Struktur APA	341
5.5.4 Struktur AHA.....	354
5.5.5 Struktur HPH	366
5.5.6 Struktur HAH.....	378
5.6. Akurasi dimensi (<i>Dimentional accuracy</i>)	390
5.6.1 Struktur PAP	390
5.6.2 Struktur PHP	405
5.6.3 Struktur APA	418
5.6.4 Struktur AHA.....	432
5.6.5 Struktur HPH	445
5.6.6 Struktur HAH.....	458
5.7. Analisis hubungan antara parameter proses dan <i>output</i>	471
5.7.1 Pengaruh parameter proses pada struktur PAP.....	471
5.7.2 Pengaruh parameter proses pada struktur PHP	473
5.7.3 Pengaruh parameter proses pada struktur APA	476
5.7.4 Pengaruh parameter proses pada struktur APA	478
5.7.5 Pengaruh parameter proses pada struktur HPH	480
5.7.6 Pengaruh parameter proses pada struktur HAH	483
5.7.7 Analisis pengaruh parameter proses terhadap <i>output</i>	485
5.7.8 Perbandingan Temuan dengan Literatur.....	487
5.8 Analisis Statistik.....	488
5.8.1 ANOVA Antar Konfigurasi <i>Sandwich</i> Multimaterial	488
5.8.2 <i>Effect Size Analysis (Percent Contribution)</i>	489
5.9. Pengembangan Model Prediktif	490
5.9.1 Arsitektur Struktur Jaringan.....	491
5.9.2 Training Parameter	493
5.9.3 Model Prediktif <i>Tensil Strength</i>	494

5.9.4 Model Prediktif <i>Compressive Strength</i>	504
5.9.5 Model Prediktif <i>Flexural Strength</i>	513
5.9.6 Model Prediktif <i>Rata-rata</i>	522
5.9.5 Pembahasan Performa Model Prediktif ANN	535
5.10. Optimasi MOPSO dan NSGA II.....	537
5.10.1 Perbandingan Hasil Optimasi MOPSO dan NSGA-II.....	537
5.10.2 Metodologi Stratifikasi dan Pengelompokan Berbasis Parameter Dinamis.....	540
5.10.3 Evaluasi dan Validasi Performa Algoritma	542
5.10.4 Optimasi <i>Tensile Strength</i>	543
5.10.5 Optimasi <i>Compressive strength</i>	590
5.10.6 Optimasi <i>Flexure Strength</i>	634
5.10.7 Optimasi Rata-rata	676
5.10.8 Validasi Solusi Optimal	734
5.10.9 Perbandingan Temuan Optimasi dengan Literatur	739
5.10.10 Perbandingan Hasil Kombinasi Material.....	742
5.11. <i>Manajerial Insight</i>	746
BAB VI PENUTUP	748
6.1 Kesimpulan.....	748
6.2 Saran	752
DAFTAR PUSTAKA	755