

SKRIPSI

OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* PADA MATERIAL *CARBON FIBER* TERHADAP UJI TARIK DAN UJI *BENDING* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI



Oleh :

NAMA : ADIMAS DWI PRAYOGA

NPM : 20036010001

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN

JAWA TIMUR

2024

SKRIPSI

OPTIMASI PARAMETER 3D PRINTING PADA MATERIAL CARBON FIBER TERHADAP UJI TARIK DAN UJI BENDING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI



Oleh :

NAMA : ADIMAS DWI PRAYOGA

NPM : 20036010001

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN

JAWA TIMUR

2024

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PARAMETER 3D PRINTING PADA MATERIAL CARBON FIBER TERHADAP UJI TARIK DAN UJI BENDING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Proposal Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa timur.

Disusun Oleh :


Nama : Adimas Dwi Prayoga
NPM : 20036010001
Konsentrasi : Manufaktur

Telah Diuji Dalam Ujian Comprehensive Skripsi
Hari/Tanggal: Kamis / 4 Juli 2024

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :


1.


Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NPT. 20219940311205


2.


Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NPT. 21119940726300

Dosen Pembimbing


Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT
NPT. 20219910114203

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adimas Dwi Prayoga
NPM : 20036010001
Fakultas/Program Studi : Teknik & Sains/ Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas Akhir : OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* PADA MATERIAL *CARBON FIBER* TERHADAP UJI TARIK DAN UJI *BENDING* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN “Veteran” Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 4 Juli 2024

Yang Menyatakan,



Adimas Dwi Prayoga

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur mendalam saya panjatkan kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala, karena berkat limpahan Rahmat, hidayah, dan inayah-Nya maka tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada nabi kita Muhammad Shallallahu alaihi wasalam, karena perjuangan beliau kita dapat hidup di peradapan islam yang telah disempurnakan. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Parameter *3D printing* Pada Material *Carbon Fiber* Terhadap Uji Tarik dan Uji *Bending* Menggunakan Metode Taguchi” dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata (S1) Teknik Mesin.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus rasa terimakasih tersebut kami sampaikan kepada :

1. Ibu **Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu **Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu **Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., M.T.** selaku Dosen Pembimbing skripsi ini.
4. Ibu **Tria Puspa Sari, S.T., M.S.** selaku Dosen Penguji I Dosen skripsi ini.
5. Bapak **Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.** selaku Dosen Penguji II skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan bimbingan hidup yang sangat berarti dan berguna untuk kehidupan penulis dan menjadi inspirasi agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan giat.
7. Kepada semua pihak yang tidak sempat penulis tuliskan satu persatu dan telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian studi, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuannya.

Akhirnya, penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan hasil penelitian ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan, maka dari itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan dari semua pihak dan mudah-mudahan skripsi ini dapat berguna bagi kita semua. Semoga Allah SWT., selalu meridhoi niat baik hamba-Nya. Aamiin.

Surabaya, 4 Juli 2024

Penulis

Adimas Dwi Prayoga

NPM. 20036010001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
INTISARI	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Teknologi 3D <i>Printing</i>	6
2.1.1. Pengertian 3D <i>Printing</i>	6
2.1.2. Komponen 3D <i>Printing</i>	6
2.1.3. Mekanisme 3D <i>Printing</i>	8
2.1.4. Parameter 3D <i>Printing</i>	8
2.1.5. Jenis-jenis Metode 3D <i>Printing</i>	9
2.2 <i>Fused Deposition Modelling</i> (FDM).....	9
2.3 Uji Mekanik	10
2.3.1 Uji Tarik.....	10
2.3.2 Uji <i>Bending</i>	12

2.4	<i>Carbon Fiber</i>	14
2.5	Metode Taguchi	15
2.5.1	Pengertian Metode Taguchi	15
2.5.2	Langkah - Langkah Metode Taguchi	15
2.6	<i>Signal to Noise Ratio</i>	16
2.7	<i>Analysis of Variance (ANOVA)</i>	16
2.8	Uji Konfirmasi	17
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	19
3.1.1	Lokasi.....	19
3.1.2	Waktu	19
3.2.	Diagram Alir	20
3.3	Prosedur Penelitian.....	21
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
3.4.1	Alat.....	22
3.4.2	Bahan.....	22
3.5	Desain Eksperimen.....	22
3.5.1	Pemilihan Variabel Penelitian.....	22
3.5.2	Parameter Respon.....	23
3.5.3	Parameter Konstan	23
3.6	Rancangan Eksperimen (Parameter <i>Ortogonal</i>)	23
3.7	Pengumpulan Data	26
3.7.1	Persiapan Material Penelitian.....	26
3.7.2	Desain Spesimen	26
3.7.3	Pembuatan Spesimen Uji	27
3.7.4	Pengujian Spesimen	27

3.8	Metode Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Pengambilan Data Hasil Pengujian	29
4.1.1	Data Hasil Pengujian Tarik	29
4.1.2	Data Hasil Pengujian <i>Bending</i>	30
4.2	Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon	31
4.2.1	S/N Rasio Terhadap Respon Kekuatan Tarik	31
4.2.2	Rasio S/N Terhadap Respon Kekuatan <i>Bending</i>	33
4.3	ANOVA	35
4.3.1	Hasil ANOVA Uji Tarik	35
4.3.2	Hasil ANOVA Uji <i>Bending</i>	37
4.4	Prediksi Rata-Rata Respon Optimum	38
4.5	Eksperimen Konfirmasi	39
4.5.1	Eksperimen Konfirmasi Uji Tarik.....	39
4.5.2	Eksperimen Konfirmasi Uji <i>Bending</i>	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D <i>printing</i> tipe FDM	10
Gambar 2. 2 Kurva Tegangan Regangan	11
Gambar 2. 3 Standar Dimensi ASTM D638	12
Gambar 2. 4 Standar Dimensi ASTM D790	14
Gambar 2. 5 Filamen <i>Carbon Fiber</i>	14
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	20
Gambar 3. 2 Spesimen Uji Tarik	27
Gambar 3. 3 Spesimen Uji <i>Bending</i>	27
Gambar 4. 1 Hasil Data Pengujian Tarik	29
Gambar 4. 2 Hasil Data Pengujian <i>Bending</i>	30
Gambar 4. 3 Rasio S/N Terhadap Respon Uji Tarik	32
Gambar 4. 4 Pengaruh parameter proses pada respon kekuatan tarik	33
Gambar 4. 5 Rasio S/N Terhadap Respon Uji Tarik	33
Gambar 4. 6 Pengaruh parameter proses pada respon kekuatan <i>bending</i>	34
Gambar 4. 7 Grafik Nilai Persentase Kontribusi Uji Tarik	36
Gambar 4. 8 Grafik Persentase Kontribusi Uji <i>Bending</i>	38
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Tarik Eksperimen Konfirmasi	39
Gambar 4. 10 Nilai S/N Rasio Eksperimen Konfirmasi Uji Tarik	40
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi Uji Tarik	40
Gambar 4. 12 Hasil Eksperimen Konfirmasi Pengujian <i>Bending</i>	41
Gambar 4. 13 Nilai S/N Rasio Eksperimen Konfirmasi Uji <i>Bending</i>	42
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan prediksi Uji <i>Bending</i>	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen 3D <i>Printing</i>	7
Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan penelitian	19
Tabel 3. 2 Parameter Proses dan <i>Level</i>	22
Tabel 3. 3 <i>Orthogonal Array</i>	24
Tabel 3. 4 Rancangan Eksperimen	25
Tabel 4. 1 Rata - rata Nilai S/N Rasio Kekuatan Tarik (<i>Larger is better</i>).....	32
Tabel 4. 2 Rata - rata Nilai S/N Rasio Kekuatan <i>Bending</i> (<i>Larger is better</i>).....	34
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan ANOVA Uji Tarik.....	35
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan ANOVA Uji <i>Bending</i>	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Biodata Pribadi	49
Lampiran 2. Alat pengujian tarik (a) dan pengujian <i>bending</i> (<i>three point bending</i>) (b) dengan merek Zwickroell.	50
Lampiran 3. Spesimen uji <i>bending</i> dengan total 81 spesimen (a) dan (b).....	51
Lampiran 4. Spesimen uji tarik dengan total 81 spesimen	52
Lampiran 5. Proses pencetakan spesimen (a), (b), dan (c)	52
Lampiran 6 Sertifikat pengujian (a) dan (b)	54
Lampiran 7 Tabel Hasil Pengujian Tarik (a) dan Hasil Pengujian <i>Bending</i> (b).....	56
Lampiran 8 Tabel Rasio S/N dari Respon Uji Tarik (a) dan Uji <i>Bending</i> (b)	58
Lampiran 9 Data Hasil Eksperimen Konfirmasi Uji Tarik (a) dan Uji <i>Bending</i> (b) .	60
Lampiran 10. Perhitungan rata-rata respon optimum kekuatan tarik (a) dan kekuatan <i>bending</i> (b).....	61
Lampiran 11. Perhitungan nilai rata-rata rasio S/N eksperimen konfirmasi terhadap kekuatan tarik (a) dan kekuatan <i>bending</i> (b).....	62

DAFTAR NOTASI

P	= Gaya yang diberikan pada spesimen uji (N)
A_o	= Luas penampang awal benda uji (mm^2)
σ_b	= kekuatan bending (Mpa)
P	= Beban (N)
L	= Panjang material (mm)
b	= Lebar (mm)
d	= Tebal (mm)
n	= Jumlah pengulangan dari suatu percobaan
μ_p	= Rata-rata prediksi
y_m	= Nilai rata-rata dari keseluruhan S/N Rasio
y_i	= Rata-rata S/N Rasio kondisi level optimal
$F_{\alpha; d_{f1}; d_{f2}}$	= Nilai F-rasio dari Tabel
α	= Resiko; level kepercayaan = 1- resiko
df_1	= Derajat kebebasan faktor
df_2	= Derajat kebebasan <i>error</i>
MS_E	= Rata-rata kuadrat <i>error</i>
N_{eff}	= Banyaknya pengamatan efektif

INTISARI

3D *printing* dengan menggunakan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) telah menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk memproduksi komponen dengan material komposit seperti carbon fiber. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter-parameter mesin FDM terhadap kekuatan tarik material carbon fiber menggunakan Metode Taguchi. Parameter mesin FDM yang dioptimasi meliputi *nozzle temperature*, *infill density*, *printing speed*, *layer thickness*, *infill pattern* dan orientasi. Percobaan dilakukan berdasarkan rancangan eksperimen Taguchi dengan matriks *Orthogonal Array L₂₇ (3⁶)*, yang menghasilkan 27 percobaan dengan kombinasi parameter yang berbeda. Setelah pencetakan selesai, dilakukan pengujian tarik untuk mengukur kekuatan tarik dan pengujian *bending* untuk mengukur kekuatan *bending* dari sampel-sampel yang dicetak. Hasil analisis menggunakan Metode Taguchi menunjukkan pengaturan optimal dari parameter-parameter mesin FDM untuk mencapai kekuatan tarik dan kekuatan *bending* yang maksimal pada material *carbon fiber*. Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter yang dapat mengoptimalkan respon kekuatan tarik yaitu *nozzle temperature* terletak pada level 2 (230°C), *infill density* pada level 3 (80 %), *printing speed* pada level 3 (100 mm/s), *layer thickness* pada level 3 (0,3 mm), *infill pattern* pada level 1 (line), dan orientasi pada level 3 (30°) dengan nilai uji tarik tertinggi 27,7766 Mpa, selanjutnya untuk parameter yang dapat mengoptimalkan respon kekuatan *bending* yaitu *nozzle temperature* terletak pada level 3 (240°C), *infill density* pada level 3 (80 %), *printing speed* pada level 2 (80 mm/s), *layer thickness* pada level 3 (0,3 mm), *infill pattern* pada level 2 (*triangle*), dan orientasi pada level 3 (30°) dengan nilai uji *bending* tertinggi 110,775 MPa. Saran untuk penelitian berikutnya diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menganalisa parameter-parameter berbagai *level* dan parameter proses optimal ini berlaku untuk mesin 3D *printing* tipe FDM dengan merek *FlashForge Guider II*.

Kata Kunci: 3D *Printing*, *Carbon Fiber*, Metode Taguchi, Uji Tarik, Uji *Bending*