

SKRIPSI

OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* PADA MATERIAL *CARBON FIBER* (CF) TERHADAP UJI IMPAK DAN UJI KEKERASAN MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*



Oleh :

NAMA :

ABDI SATRYO MUKTI

NPM :

20036010002

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN

JAWA TIMUR

2024/2025

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

OPTIMASI PARAMETER 3D *PRINTING* PADA MATERIAL *CARBON FIBER (CF)* TERHADAP UJI IMPAK DAN UJI KEKERASAN MENGGUNAKAN METODE *TAGUCHI*

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

Oleh:

Nama : Abdi Satryo Mukti
NPM : 20036010002
Kosentrasi : Manufaktur

Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal: Senin / 02 September 2024

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :
1.



Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NIP. 199407262024061002

2.



Ir. Sutiyono, M.T
NIP. 19600713 198703 1 001

Dosen Pembimbing



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

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT
NIP. 19640611 199203 2001

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 : Abdi Satryo Mukti
NPM : 20036010002
Fakultas/Program Studi : Teknik dan Sains / Teknik mesin
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Optimasi Parameter 3d *Printing* Pada Material *Carbon Fiber* (CF) Terhadap Uji Impak Dan Uji Kekerasan 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, 12 September 2024

Mengetahui,

Yang Menyatakan,



Rizqa Ruviana, S.T., M.T
NIP. 19970125 202406 2 001



Abdi Satryo Mukti
NPM. 20036010002

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur mendalam penulis panjatkan kehadirat 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 wasallam, karena perjuangan beliau kita dapat hidup di peradaban islam yang telah disempurnakan. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Parameter 3d *Printing* Pada Material *Carbon Fiber* (CF) Terhadap Uji Impak Dan Uji Kekerasan 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. Bapak **Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.** selaku Dosen Penguji I skripsi ini.
5. Bapak **Ir. Sutiyono, M.T.** selaku Dosen Penguji II skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah tulus sepenuh hati memberikan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. 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.
8. 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,.....

Penyusun,

Abdi Satriyo Mukti

NPM : 20036010002

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 Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. 3D <i>Printing</i>	5
2.1.1 Jenis 3D <i>Printing</i>	6
2.2. Carbon Fiber.....	9
2.3. Metode <i>Taguchi</i>	10
2.4. Uji Konfirmasi	11
2.5. Uji Mekanik	12
2.5.1. Uji Impak	12
2.5.1.1. Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji.....	14
2.5.2. Uji Kekerasan	15
2.5.2.1. <i>Rockwell</i>	15
2.5.2.2. <i>Brinell</i>	15
2.5.2.3. <i>Knoop</i> dan <i>Vickers</i>	16
2.5.2.4. Durometer.....	16
2.5.2.5. Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji.....	17
2.6. Hipotesis.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	18

3.1.	Diagram Alir	18
3.2.	Prosedur Penelitian.....	19
3.3.	Alat dan Bahan	20
3.3.1.	Alat.....	20
3.3.2.	Bahan	22
3.4.	Rancangan Eksperimen	22
3.4.1.	Parameter Proses	22
3.4.2.	Parameter Respon	22
3.4.3.	Parameter Konstan	22
3.5.	Pemilihan Parameter Orthogonal	23
3.6.	Pengumpulan Data	25
3.6.1.	Persiapan Material dan Proses 3D <i>Printing</i>	25
3.6.2.	Desain Spesimen.....	25
3.6.3.	Pembuatan Spesimen Uji	26
3.6.4.	Pengujian Spesimen	26
3.7.	Pelaksanaan Eksperimen	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		28
4.1.	Pengambilan Data Hasil Pengujian	28
4.1.1.	Data Hasil Uji Kekerasan	28
4.1.2.	Data Hasil Uji Impak	29
4.2.	Perhitungan Rasio S/N	31
4.2.1.	S/N Rasio Terhadap Respon Nilai Kekerasan	31
4.2.2.	S/N Rasio Terhadap Respon Kekuatan Impak	34
4.3.	Analisis of Variance	37
4.3.1.	Hasil ANOVA Uji Kekerasan.....	37
4.3.2.	Hasil ANOVA Uji Impak	38
4.4.	Uji Konfirmasi	40
4.4.1.	Interval Kepercayaan Pada Uji Kekerasan	40
4.4.2.	Interval Kepercayaan Pada Uji Impak	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		44
5.1.	Kesimpulan	44
5.2.	Saran.....	44

DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D <i>Printing</i> tipe FDM (Sumber : Shuib dkk., 2021)	7
Gambar 2. 2 Filamen <i>Carbon Fiber</i> Sumber : (Kamaal dkk., 2020).....	10
Gambar 2. 3 Alat Uji Impak (Sumber : Handoyo, 2013)	13
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	18
Gambar 3. 3 Spesimen Uji Impak.....	26
Gambar 3. 4 Spesimen Uji Kekerasan	26
Gambar 4. 1. Grafik <i>Level</i> Optimal Respon Kekerasan	33
Gambar 4. 2. Grafik <i>Level</i> Optimal Respon Kekuatan Impak.....	36
Gambar 4. 3. Grafik Nilai Persentase Kontribusi Uji Kekerasan	38
Gambar 4. 4. Grafik Nilai Persentase Kontribusi Uji Kekerasan	40
Gambar 4. 5. Grafik Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi Kekerasan dan Prediksi	41
Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan Interval Kepercayaan Eksperimen Konfirmasi Impak dan Prediksi	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi Mesin 3D Printing	20
Tabel 3. 2. Spesifikasi Jangka Sorong	20
Tabel 3. 3. Spesifikasi Alat Uji Impak.....	21
Tabel 3. 4. Spesifikasi Alat Uji Kekerasan <i>Shore D</i>	21
Tabel 3. 5 Parameter Proses dan <i>Level</i>	22
Tabel 3. 6 <i>Ortogonal Array</i>	23
Tabel 3. 7 Rancangan Eksperimen	24
Tabel 4. 1. Hasil Uji Kekerasan	28
Tabel 4. 2. Hasil Uji Impak.....	30
Tabel 4. 3. S/N Rasio Dari Respon Uji Kekerasan.....	32
Tabel 4. 4. Respon Rasio S/N Uji Kekerasan (<i>Large Is Better</i>)	33
Tabel 4. 5. S/N Rasio Dari Respon Hasil Uji Impak	34
Tabel 4. 6. Respon Rasio S/N Uji Impak (<i>Large Is Better</i>).....	35
Tabel 4. 7. ANOVA Uji Kekerasan	37
Tabel 4. 8. ANOVA Uji Impak.....	39
Tabel 4. 9. Data Hasil Eksperimen Konfirmasi Kekerasan	41
Tabel 4. 10. Data Hasil Eksperimen Konfirmasi Uji Impak.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Diri	50
Lampiran 2. Dokumentasi Pencetakan	51
Lampiran 3. Hasil Pencetakan Spesimen Uji Kekerasan.....	52
Lampiran 4. Hasil Pencetakan Spesimen Uji Impak	53
Lampiran 5. Alat Uji Kekerasan <i>Shore D</i>	54
Lampiran 6. Alat Uji Impak Tipe <i>Izot</i>	54
Lampiran 7. Perhitungan Rata-Rata Respon Optimum	55
Lampiran 8. Perhitungan Nilai Rata-Rata S/N Rasio Eksperimen Konfirmasi	56

DAFTAR NOTASI

μ_p	= μ prediksi
n_{eff}	= Banyaknya pengamatan efektif
d_f	= Derajat kebebasan <i>error</i>
N	= Banyaknya data
MS_E	= Rata-rata Kuadrat <i>error</i>
$F_{\alpha;df1;df2}$	= Nilai rasio F dari tabel
CI	= <i>Confidence Interval</i> (Interval Kepercayaan)
HB	= Nilai kekerasan Brinell (kgf/mm ² atau MPa)
P	= Beban uji (kgf)
D	= Diameter rata-rata indentasi (mm)
HV	= Nilai kekerasan <i>Vickers</i> (kgf/mm ²)
HK	= Nilai kekerasan <i>Knoop</i> (kgf/mm ²)
h_1	= Jarak awal pendulum dengan benda uji (m)
h_2	= Jarak awal pendulum dengan benda uji (m)
W	= Usaha untuk mematahkan spesimen uji (Kg.m)
W_1	= Usaha yang dilakukan (Kg.m)
W_2	= Sisa usaha setelah mematahkan spesimen uji (Kg.m)
G	= Berat beban/Pendulum (Kg)
λ	= Jarak lengan pengayun (m)
$\cos \beta$	= Sudut posisi akhir pendulum
$\cos \lambda$	= Sudut posisi awal pendulum
HI	= Nilai Impak (J)
E	= Usaha yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji (J)
A	= Luas penampang dibawah takikan (mm ²)

INTISARI

3D *printing* menggunakan material *carbon fiber* menjadi semakin populer dalam industri manufaktur karena karakteristiknya yang ringan dan memiliki kekuatan mekanik tinggi. Namun, pengoptimalan terhadap nilai kekerasan dan kekuatan impak yang optimal tetap menjadi tantangan dalam proses 3D *printing* menggunakan material ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan nilai kekerasan dan kekuatan impak pada proses manufaktur 3D *Printing* menggunakan metode *Taguchi* pada material *carbon fiber*. Parameter 3D *printing* yang dioptimasi diantaranya yaitu *nozzle temperature*, *infill density*, *printing speed*, *layer thickness*, *infill patern* dan orientasi, dimana setiap parameter memiliki tiga tingkatan *level* yang berbeda. Parameter-parameter tersebut diuji dalam penelitian ini dengan menggunakan teknik desain eksperimen *Taguchi*. Dengan menggunakan 27 kombinasi parameter, dengan tiga kali percobaan pada setiap kombinasi parameter. Proses 3D *printing* dilakukan dengan menggunakan mesin *fused deposition modelling* bermerek FlashForge Guider II. Adapun pengujian kekerasan dengan menggunakan *hardness test Shore D* bermerek Zwickroell, sedangkan pengujian impak menggunakan alat uji impak tipe *izot*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang optimal untuk mencapai nilai kekerasan tertinggi adalah 0,3 mm untuk *layer thickness*, 80% untuk *infill density*, 80 mm/s untuk *printing speed*, pola *triangle* untuk *infill pattern*, 240°C untuk *nozzle temperature*, dan 30° untuk sudut orientasi. Sedangkan pada uji impak kombinasi yang mendapat nilai impak paling besar adalah adalah 40% untuk *infill density*, 60 mm/s untuk *printing speed*, 220°C untuk *nozzle temperature*, 0,1 mm untuk *layer thickness*, pola *line* untuk *infill pattern* 0° untuk orientasi. Hasil ini telah diverifikasi dengan eksperimen konfirmasi dan menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimal tersebut menghasilkan nilai kekekerasan tinggi dan hasil ipak tertinggi. Parameter-parameter optimal yang diidentifikasi melalui pendekatan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk akhir, serta membuka peluang penggunaan lebih luas dari material *carbon fiber* dalam berbagai aplikasi industri.

Kata kunci: 3D *Printing*, *carbon fiber*, impak, kekerasan, metode *Taguchi*, optimasi