

SKRIPSI
OPTIMASI PARAMETER PROSES PENCETAKAN 3D *FILAMENT* PLA
UNTUK MENGURANGI KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN
METODE TAGUCHI

(Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga)

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun Oleh:

M. Teguh Surya Susanto

21106060050

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-994/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : Optimasi Parameter Proses Pencetakan 3D Filament PLA untuk Mengurangi Kekasaran Permukaan dengan Metode Taguchi

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : M. TEGUH SURYA SUSANTO
Nomor Induk Mahasiswa : 21106060050
Telah diujikan pada : Rabu, 21 Mei 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

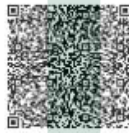
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6836f0839a13



Penguji I

Muhammad Arief Rochman, S.T., M.T.
SIGNED

Valid ID: 68358684b9c19



Penguji II

Ni Kadek Pujani Dewi, M.ERG.
SIGNED

Valid ID: 683555a6d470e



Yogyakarta, 21 Mei 2025

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Drs. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6847a60ca55e4

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi, serta mengadakan perbaikan seperlunya maka, kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : M. Teguh Surya Susanto

NIM : 21106060050

Judul Skripsi : Optimasi Parameter Proses 3d Printing Untuk Mengurangi Kekasaran Permukaan Hasil Ekstrusi (Cetak) Filamen Polylactic Acid (Pla) Dengan Menggunakan Metode Taguchi

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri.

Dengan ini kami mengharapkan agar skripsi/tugas akhir saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 09 Mei 2025

Dosen Pembimbing Skripsi,



Ir. Khusna Dwijayanti, ST., M.Eng., Ph.D.
ASEAN Eng.

NIP : 19851212 201903 2 018

SURAT KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Teguh Surya Susanto

NIM : 21106060050

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: **"Optimasi Parameter Proses 3D Printing Untuk Mengurangi Kekasaran Permukaan Hasil Cetak Ekstrusi (Cetak) Filamen Polylactic Acid (PLA) Dengan Menggunakan Metode Taguchi"** adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil sebagian dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 14 Mei 2025

Yang menyatakan,



M. Teguh Surya Susanto
NIM 21106060050

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Sesibuk apa pun kamu, jangan pernah lupa untuk sholat”

-Mamah-

“Semua jatuh bangunmu hal yang biasa, angan dan pertanyaan waktu yang menjawabnya, berikan tenggat waktu bersedihlah secukupnya, rayakan perasaanmu sebagai manusia”

Baskara Putra – Hindia



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan puji dan syukur yang sebesar-besarnya ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, kekuatan, kesabaran, dan keteguhan hati yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapat syafaat beliau di akhirat kelak dan dipertemukan dalam kebahagiaan yang abadi.

Skripsi ini tidak mungkin terwujud tanpa dukungan, doa, dan bimbingan dari berbagai pihak yang sangat berarti dalam kehidupan penulis. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan rasa terima kasih yang tulus, penulis menyampaikan apresiasi dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Khusna Dwijayanti, S.T., M.Eng., Ph.D., ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat berarti selama penyusunan skripsi ini.
2. Kedua orang tua, saudara, dan saudari penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam berbagai bentuk.
3. Ibu Herninanjati Paramawardhani, M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga, atas arahan dan kepercayaannya kepada penulis.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga atas ilmu dan bimbingan yang diberikan selama masa perkuliahan.
5. Seluruh Pranata Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga atas bantuan dan fasilitas selama proses penelitian.

6. Rekan-rekan “Thunder” (Teknik Industri 2021) dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bentuk bantuan dan semangat yang diberikan dalam penyusunan skripsi ini.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah dipanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan berkah dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Optimalisasi Parameter Proses 3D *Printing* Untuk Mengurangi Kekasaran Permukaan Hasil *Ekstrusi* (Cetak) *Filament Polylactic Acid* (Pla) Dengan Menggunakan Metode Taguchi”. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Tugas akhir ini berangkat dari permasalahan kualitas hasil cetak 3D *Printing*, khususnya terkait kekasaran permukaan yang dipengaruhi oleh parameter pencetakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter cetak menggunakan metode Taguchi, sehingga dapat menghasilkan cetakan yang lebih halus dan konsisten. Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan ruang untuk perbaikan. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima masukan dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Melalui tugas akhir ini, penulis berharap dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kualitas hasil cetak 3D *Printing* dan mendukung efektivitas praktikum di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT KEASLIAN SKRIPSI	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pertanyaan Penelitian.....	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Landasan Teori.....	10
2.2.1. Mesin 3D <i>Printing</i>	10
2.2.2. <i>Fused Deposition Modelling</i> (FDM)	11
2.2.3. <i>Filament Polyactic Acid</i> (PLA)	12

2.2.4.	<i>Design of Experiments (DOE)</i>	13
2.2.5.	<i>Metode Taguchi</i>	15
2.2.6.	Faktor	16
2.2.7.	<i>Ortogonal Array Taguchi (OA)</i>	18
2.2.8.	<i>Fishbone Diagram</i>	19
2.2.9.	<i>Signal to Noise Ratio (S/N)</i>	21
2.2.10.	Perhitungan <i>Analysis of Variance (ANOVA)</i>	22
2.2.11.	Konfirmasi Eksperimen	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1.	Objek Penelitian.....	26
3.2.	Metode Pengumpulan Data.....	26
3.2.1.	Jenis Data	26
3.2.2.	Pengumpulan Data	27
3.3.	Uji Validitas	28
3.4.	Variabel Penelitian	29
3.5.	Tahap Desain Eksperimen.....	31
3.6.	Diagram Alir Penelitian	37
3.7.	Model Analisis	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1.	Desain Eksperimen	40
4.1.1.	Tahap Perencanaan Eksperimen	40
4.1.2.	Tahap Pelaksanaan Eksperimen	60
4.1.3.	Tahap Analisa Eksperimen.....	68
4.1.4.	Tahap Analisa Eksperimen.....	78
4.2.	Eksperimen Konfirmasi	82
4.3.	Perbandingan Setting Parameter <i>Default</i> dan Hasil Eksperimen.....	84

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	88
5.1. Kesimpulan	88
5.2. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA.....	90



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Proses <i>Fused Deposition Modelling</i>	11
Gambar 2. 2. <i>Filament Polyactic Acid</i>	13
Gambar 2. 3. Pengaruh Faktor Terhadap Karakteristik Kualitas	18
Gambar 2. 4. Diagram <i>Fishbone</i>	20
Gambar 3. 1. <i>Flowchart</i> Pengaturan Parameter cetak.....	33
Gambar 3. 2. <i>Flowchart</i> Pencetakan Mesin 3D <i>Printing</i>	35
Gambar 3. 3. Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 4. 1. Mesin 3D <i>Printing</i> Flashforge Creator Pro	41
Gambar 4. 2. Laptop.....	41
Gambar 4. 3. <i>Filament Polylactic Acid</i> (PLA).....	42
Gambar 4. 4. <i>Dial gauge</i>	43
Gambar 4. 5. <i>Waterpass</i>	44
Gambar 4. 6. <i>Holder Dial Indicator</i>	45
Gambar 4. 7. <i>Ragum</i>	46
Gambar 4. 8. <i>Cutter</i>	46
Gambar 4. 9. <i>Fishbone Diagram</i>	47
Gambar 4. 10. Desain Benda Kerja.....	51
Gambar 4. 11. Ukuran Desain Benda Kerja.....	52
Gambar 4. 12. Titik Pengukuran Kekasaran	53
Gambar 4. 13. Contoh Pengukuran	64
Gambar 4. 14. <i>Main Effect Plot for Means</i>	70
Gambar 4. 15. <i>Main Effect Plot for SN Ratios</i>	72
Gambar 4. 16. <i>Interaction Plot for Means</i>	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2. 2 <i>Array Selector</i>	14
Tabel 2. 3 Matriks <i>Array Selector</i>	14
Tabel 3. 1 Variabel Faktor	30
Tabel 4. 1. <i>Level Factor</i>	50
Tabel 4. 2. <i>Array Selector</i>	56
Tabel 4. 3. Pola Matriks <i>Orthogonal Array</i> L ₉	56
Tabel 4. 4. Matriks <i>Orthogonal Array</i> L ₉	57
Tabel 4. 5. Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan	66
Tabel 4. 6. Rata-Rata Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan	67
Tabel 4. 7. <i>Response Table for Means</i>	68
Tabel 4. 8. <i>Response Table for Signal to Noise Ratio</i>	71
Tabel 4. 9. Tabel Kesimpulan <i>Interaction Plot</i>	76
Tabel 4. 10. Hasil <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	77
Tabel 4. 11. Dokumentasi <i>Visual</i> Hasil Cetakan	78
Tabel 4. 12. Parameter Optimal	83
Tabel 4. 13. Data Kekasaran Eksperimen Konfirmasi	83
Tabel 4. 14 Perbandingan Setting Parameter	84
Tabel 4. 15. Data Perbandingan Setting Parameter	85
Tabel 4. 16. Perbandingan Setting Parameter	86

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1. Hasil Pengukuran Benda Kerja.....	L-2
Lampiran 2. 1. Dokumentasi Selama Pengerjaan	L-5



ABSTRAK

Permukaan hasil cetakan 3D *Printing* metode *Fused Deposition Modeling* (FDM) kerap mengalami kekasaran yang tinggi dan tidak konsisten. Permasalahan ini terutama terjadi karena belum diterapkannya standar baku dalam pengaturan parameter pencetakan, khususnya dalam lingkungan praktikum akademik seperti di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga. Ketidakkonsistenan tersebut berdampak pada meningkatnya waktu dan biaya *finishing*, serta menurunkan kualitas produk prototipe. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan tiga parameter utama yaitu *layer height*, *print speed*, dan *nozzle temperature* guna meminimalkan kekasaran permukaan cetakan berbasis material *Polylactic Acid* (PLA). Metode Taguchi digunakan karena mampu menentukan kombinasi parameter terbaik dengan jumlah eksperimen yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Desain eksperimen menggunakan *Orthogonal Array* (L₉) dengan sembilan kombinasi percobaan. Hasil pengukuran kekasaran permukaan dianalisis menggunakan rasio *Signal-to-Noise* (S/N) dan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menentukan pengaruh masing-masing parameter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimal adalah *layer height* 0,15 mm, *print speed* 40 mm/s, dan *nozzle temperature* 205°C. Dari ketiga parameter tersebut, *layer height* memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan, dengan kontribusi sebesar 95,15%. Penelitian ini memberikan acuan praktis dalam penetapan parameter pencetakan 3D untuk menghasilkan permukaan cetakan yang lebih halus, konsisten, dan efisien, khususnya dalam konteks kegiatan pembelajaran dan praktikum di lingkungan akademik.

Kata Kunci: FDM, Kekasaran Permukaan, *Layer Height*, *Nozzle Temperature*, Parameter Cetak, *Print Speed*, Taguchi, 3D *Printing*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRACT

The surface of 3D printed objects produced using the Fused Deposition Modeling (FDM) method often exhibits high and inconsistent roughness. This issue primarily arises from the absence of standardized settings for printing parameters, particularly in academic environments such as the Industrial Engineering Laboratory at UIN Sunan Kalijaga. Such inconsistencies lead to increased finishing time and cost, as well as reduced prototype quality. This study aims to optimize three key parameters—layer height, print speed, and nozzle temperature—in order to minimize the surface roughness of prints made from Polylactic Acid (PLA) material. The Taguchi method is employed for its efficiency in determining the optimal parameter combination with a minimal number of experiments. The experimental design utilizes an L9 Orthogonal Array with nine combinations of trials. The surface roughness results are analyzed using the Signal-to-Noise (S/N) ratio and Analysis of Variance (ANOVA) to identify the significance of each parameter. The findings indicate that the optimal parameter combination consists of a 0.15 mm layer height, 40 mm/s print speed, and 205°C nozzle temperature. Among these, layer height has the most dominant influence on surface roughness, contributing 95.15%. This study provides practical guidelines for determining 3D printing parameters to achieve smoother, more consistent, and efficient print surfaces, particularly in academic learning and laboratory settings.

Keywords: 3D Printing, FDM, Layer Height, Nozzle Temperature, Parameter Setting, Print Speed, Surface Roughness, Taguchi Method



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi 3D Printing merupakan salah satu inovasi penting dalam dunia manufaktur modern karena kemampuannya mencetak objek dengan bentuk geometris kompleks secara cepat dan fleksibel. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah *Fused Deposition Modeling* (FDM), yang menawarkan efisiensi biaya, kemudahan pengoperasian, serta fleksibilitas dalam penggunaan berbagai jenis material (Arifin *et al.*, 2021). Teknologi ini memungkinkan pencetakan objek tiga dimensi secara bertahap melalui proses *ekstrusi* termoplastik yang membentuk lapisan-lapisan material hingga menghasilkan bentuk akhir sesuai desain digital (Suzen & Hasdiansah, 2021). Teknologi ini semakin banyak digunakan di lingkungan akademik, termasuk di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, terutama untuk kegiatan pembelajaran dan pembuatan prototipe. Namun, dalam praktiknya, kualitas hasil cetakan yang dihasilkan masih belum konsisten, terutama dalam hal kekasaran permukaan. Kekasaran yang tinggi tidak hanya memengaruhi tampilan produk, tetapi juga menambah waktu dan biaya pada proses *finishing*.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, pencetakan menggunakan metode FDM masih menghadapi tantangan teknis yang signifikan, terutama dalam kekasaran permukaan hasil cetakan. Kekasaran permukaan yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan kualitas estetika, ketidaksesuaian dimensi, serta kesulitan dalam perakitan (*assembly*). Dalam beberapa kasus, hasil cetakan yang kasar dapat meningkatkan gesekan antar komponen, mengurangi kekuatan

mekanis, serta memperpanjang waktu dan biaya *finishing* (Karuniawan *et al.*, 2022). Standar industri manufaktur aditif mengutamakan tingkat kekasaran permukaan yang rendah agar produk lebih presisi dan siap digunakan tanpa perlu banyak proses pasca-produksi. Namun, dalam lingkungan praktikum, belum ada penelitian yang menentukan standar kekasaran permukaan hasil cetakan 3D *Printing*, sehingga hasil cetakan sering kali bervariasi antar praktikan. Oleh karena itu, optimasi parameter pencetakan menjadi aspek krusial dalam meningkatkan kualitas hasil cetakan FDM, khususnya dalam mengurangi kekasaran permukaan.

Dalam praktikum di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga, penggunaan mesin 3D *Printing* FlashForge Creator Pro belum memiliki standar parameter pencetakan yang baku. Ketidakkonsistenan dalam pengaturan parameter seperti *Layer height*, *Print speed*, dan *Nozzle temperature* menyebabkan variasi hasil cetakan antar praktikan, di mana beberapa mengalami kekasaran permukaan yang tinggi. Masalah ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan *finishing* tambahan, yang tidak hanya mengurangi efisiensi waktu praktikum, tetapi juga menyulitkan proses perakitan model hasil cetakan. Dalam beberapa kasus, praktikan membutuhkan waktu tambahan hingga 15-30 menit untuk melakukan proses *finishing* akibat kekasaran yang tidak terkendali, sehingga mengurangi waktu yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk eksperimen lainnya. Selain itu, dalam industri manufaktur aditif, standar parameter pencetakan sudah lebih terstruktur, sementara dalam lingkungan akademik, belum ada pedoman yang dapat memastikan hasil cetakan lebih seragam dan berkualitas. Oleh karena itu, penelitian ini sangat diperlukan untuk mengidentifikasi kombinasi parameter optimal yang

dapat meminimalkan kekasaran permukaan dan meningkatkan efisiensi pencetakan.

Penelitian sebelumnya oleh Ansyah (2024) telah mengkaji pengaruh parameter pencetakan terhadap akurasi dimensi, tetapi belum meneliti aspek kekasaran permukaan sebagai faktor penting dalam kualitas cetakan. Padahal, dalam banyak aplikasi industri dan akademik, kekasaran permukaan merupakan salah satu indikator utama yang menentukan keberhasilan produk cetakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melengkapi studi sebelumnya dengan fokus pada optimasi parameter pencetakan guna meminimalkan kekasaran permukaan hasil cetakan *3D Printing*.

Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan metode Taguchi, yang dikenal efektif dalam menentukan kombinasi parameter optimal dengan jumlah eksperimen minimal dibandingkan metode konvensional lainnya. Metode Taguchi tidak hanya menentukan parameter optimal, tetapi juga mempertimbangkan faktor *noise*, yang umum terjadi dalam lingkungan praktikum. Dibandingkan dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM) yang membutuhkan jumlah eksperimen lebih banyak dan pendekatan pemodelan yang lebih kompleks, Taguchi lebih efisien dalam menemukan kombinasi parameter terbaik dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit, sehingga lebih sesuai untuk optimasi dalam skala laboratorium. Dengan menggunakan *Orthogonal Array* dan analisis *Signal-to-Noise* (*S/N Ratio*), metode ini memungkinkan identifikasi kombinasi parameter yang tidak hanya menghasilkan permukaan cetakan yang lebih halus, tetapi juga lebih stabil terhadap variasi dalam proses pencetakan (Zakaria *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi parameter pencetakan yang lebih presisi, sehingga dapat mengurangi *finishing*, meningkatkan efisiensi praktikum, serta memberikan standar acuan yang dapat diterapkan dalam pengaturan pencetakan 3D di lingkungan akademik. Dengan adanya standar parameter yang lebih jelas, mahasiswa dapat menghasilkan cetakan dengan kualitas permukaan yang lebih konsisten, mendukung efektivitas pembelajaran, serta meningkatkan kesiapan mereka dalam menghadapi teknologi manufaktur aditif di industri.

1.2. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja parameter yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kekasaran permukaan hasil cetakan 3D *Printing*?
2. Kombinasi parameter cetak manakah yang paling optimal dalam meminimalkan kekasaran permukaan pada hasil cetakan?
3. Berapa nilai kontribusi (dalam persen) masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan pada hasil cetakan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi parameter pencetakan yang digunakan dalam pengujian kekasaran permukaan hasil cetakan 3D *Printing*.
2. Menentukan kombinasi parameter cetak yang paling optimal dalam meminimalkan kekasaran permukaan pada hasil cetakan.

3. Mengetahui besaran pengaruh (persen kontribusi) dari masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan hasil cetakan.

1.4. Manfaat Penelitian

Berikut adalah beberapa keuntungan dari penelitian ini:

1. Memahami komponen yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada hasil *ekstrusi* (cetak) dengan menggunakan mesin 3D *Printer*.
2. Mampu mengoptimalkan pengaturan mesin 3D *Printer* untuk hasil cetak, sehingga kekasaran permukaan produk dapat diminimalkan.
3. Menentukan kombinasi parameter optimal pada 3D *Printing Flashforge Creator Pro* untuk mencetak desain 3D dengan tujuan meminimalkan kekasaran permukaan.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan masalah berikut:

1. Material yang digunakan yaitu *Polylactic Acid* (PLA) dengan ketebalan 1,75 milimeter.
2. Mesin dijalankan dalam kondisi standar, di mana semua komponen mesin beroperasi dengan baik sesuai fungsinya.
3. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan menggunakan *dial gauge* dengan mencatat variasi ketinggian pada beberapa titik permukaan hasil cetakan, kemudian dihitung rata-ratanya sebagai pendekatan kekasaran.

1.6. Sistematika Penulisan

Bab pertama menguraikan latar belakang penelitian, yang didasarkan pada pengamatan langsung dan tinjauan pustaka. Bab ini juga mencakup rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi, serta

sistematika penulisan, yang bertujuan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian. Bab kedua berisi tinjauan pustaka dan landasan teori yang mendukung penelitian ini. Pembahasan mencakup penelitian terdahulu yang relevan serta teori fundamental yang menjadi dasar dalam pengolahan dan analisis data.

Bab ketiga menjelaskan objek penelitian, yaitu mesin 3D *Printing* di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga beserta hasil cetakannya. Selain itu, bab ini juga membahas data yang digunakan, metode pengumpulan data, validitas penelitian, variabel yang dianalisis, desain eksperimen, serta diagram alir penelitian. Bab keempat menyajikan pengolahan data dan hasil penelitian, termasuk analisis yang dilakukan berdasarkan metode yang telah ditetapkan. Terakhir, Bab kelima merangkum kesimpulan dan implikasi penelitian, yang didasarkan pada hasil analisis di Bab empat, serta meninjau ketercapaian tujuan penelitian yang telah dirumuskan di Bab satu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan dalam penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Parameter yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan hasil cetakan 3D *Printing*, yaitu *layer height*, *print speed*, dan *nozzle temperature*, ditentukan berdasarkan tinjauan literatur dan pengaturan standar pada mesin 3D *Printing* FlashForge Creator Pro.
2. Hasil eksperimen dengan metode Taguchi menunjukkan bahwa kombinasi parameter cetak yang paling optimal untuk meminimalkan kekasaran permukaan pada hasil cetakan adalah *layer height* 0,15 mm, *print speed* 40 mm/s, dan *nozzle temperature* 205°C.
3. Nilai kontribusi masing-masing parameter terhadap kekasaran permukaan hasil cetakan 3D *Printing* berdasarkan analisis ANOVA adalah sebagai berikut: *layer height* memberikan kontribusi terbesar sebesar 95,15%, diikuti oleh *nozzle temperature* dengan nilai kontribusi sebesar 2,93%, dan *print speed* dengan nilai kontribusi sebesar 0,68%.

5.2. Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan selanjutnya.

1. Pengoperasian mesin 3D *Printing* disarankan menggunakan kombinasi parameter optimal yang diperoleh dari hasil penelitian ini untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih rendah.

2. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan jumlah *level* dan faktor, sehingga memungkinkan eksplorasi yang lebih luas terhadap pengaruh parameter dan diperoleh hasil yang lebih optimal.
3. Disarankan untuk menggunakan alat ukur yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi guna meningkatkan keandalan dan validitas hasil pengukuran kekasaran permukaan.



DAFTAR PUSTAKA

- Achyar, M. M. (2024). *Optimalisasi Parameter Pemotongan Cnc Plasma Cutting Untuk Meminimalkan Kekasaran Permukaan Pelat Ss 430 Menggunakan Metode Taguchi*.
- Ahmaddani, R. (2023). *Desain Eksperimen Penentuan Setting Parameter Cnc Plasma Cutting Pada Pemotongan Plat Stainless Steel Dengan Full Factorial Design*.
- Ansyah, A. R. (2024). *Penentuan Parameter Mesin 3d Printing Untuk Mendapatkan Akurasi Dimensi Optimal Pada Hasil Ekstrusi (Cetak) Filamen Polylactic Acid (Pla) Menggunakan Metode Taguchi*.
- Antony, J. (2014). *Design Of Experiments For Engineers And Scientists (2nd Ed.)*. Elsevier.
- Aprilyanti, S., & Suryani, F. (2020). Penerapan Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Batu Bata Dari Sekam Padi. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 15, Issue 2).
- Arifin, F., Zamheri, A., Herlambang, Y. D., Syahputra, A. P., Apriansyah, I., & Franando, F. (2021). Optimization Of Process Parameters In 3d Printing Fdm By Using The Taguchi And Grey Relational Analysis Methods. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.24853/sintek.15.1.1-10>
- Belavendram, N. (1995). *Quality By Design*. London ; New York : Prentice Hall.
- Bhushan, P., Deva Milind, R., & Juneja, D. (2021). *Application Of Taguchi Method For Optimization Of Process Parameters In Laser Machining Of Titanium Alloy*. 2282–2287.
- Danel, B., & Jeong, K. Y. (2020). Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram For Sustainable Corrective Actions. *International Journal Of Quality & Reliability Management*, 1009–1028.
- Ghan, J. K. (2015). *Design Of Experiments: Principles And Applications*.
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies 3d Printing, Rapid Prototyping, And Direct Digital Manufacturing Second Edition*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>
- Halimah, P., & Ekawati, Y. (2020). Penerapan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan Pada Ud. Xy Malang. *Jiems (Journal Of Industrial Engineering And Management Systems)*, 13(1). <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1694>
- Harahap, B., Hernawati, T., & Rachman Hasibuan, A. (2018). Analisa Mutu Minyak Kelapa Sawit Dengan Metode Taguchi (Studi Kasus Di Pt. Sumber Sawit Makmur). In *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 13, Issue 2). Online.
- Harlan, J. (2018). Analisis Data Statistik Dengan Spss. *Penerbit Guepedia*.

- Indun, Juanda, & Pristiansyah. (2024). *Pengaruh Parameter Proses 3d Printing Tipe Fdm Terhadap Hasil Transparansi Pada Filamen Abs (Acetonitrile Butadiene Stryene)*. 02(2), 284.
- Irwansyah, D., & Samosir, S. E. (2020). Analisa Pengendalian Kualitas Rbdpo Dengan Menggunakan Metode Taguchi Pada Pt. Multimas Nabati Asahan. *Industrial Engineering Journal*, 9(2).
- Karuniawan, B. W., Rachman, F., & Yoningtias, M. T. (2022). Optimasi Parameter Mesin Printer 3d Terhadap Kekasaran Permukaan Produk Material Abs Menggunakan Metode Taguchi. *Austenit*, 14(2), 61–68. <https://doi.org/10.53893/Austenit.V14i2.4631>
- Kumar, A., Singha, H. K., & Kumara, R. (2022). *Optimization Of Process Parameters For Minimization Of Cutting Force Using Taguchi Method In Machining Of Ti-6al-4v*. 1411–1416.
- Mukred, A., Singh, D., & Samanta, D. (2019). Causes Of Defective Welding Joints And Preventive Measures Using Fishbone Diagram And Suggestions. *International Journal Of Innovative Technology And Exploring Engineering*, 1099–1103.
- Mukti, A. S., Lestari, W. D., Prayoga, A. D., Mahameru, R. D. K., & Rosyadi, M. W. (2024). *Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Manufaktur 3d Printing Dengan Metode Taguchi Pada Material Carbon Fiber*.
- Prajapati, V. M., Mahant, V., & Patel, M. M. (2020). Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram For Minimizing Defects Of An Automobile Industry. *International Journal Of Scientific Development And Research*, 258–264.
- Pramono, S. N. W. (2001). Pengendalian Kualitas Industri Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, 38–46.
- Pratama, H., Wahyudi, & Husman. (2021). *Optimasi Parameter Proses 3d Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen Pla + Menggunakan Metode Taguchi*. 3(1).
- Roy, R. K. (2010). A Primer On The Taguchi Method (2nd Ed.). *Society Of Manufacturing Engineers*.
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An Overview On 3d Printing Technology: Technological, Materials, And Applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286–1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
- Sharma, A., Agrawal, R., & Shivhare, U. R. (2020). *Optimization Of Extrusion Process Parameters For Development Of High Fibre Millet-Based Ready-To-Eat Snacks Using Taguchi Experimental Design*.
- Sharma, K., Kumar, K., Singh, K. R., & Rawat, M. S. (2021). Optimization Of Fdm 3d Printing Process Parameters Using Taguchi Technique. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 1168(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1168/1/012022>

- Siswoyo, E. A. (2022). Analisa Parameter Mesin Injection Molding Terhadap Cacat Produk Handle Grip Menggunakan Metode Taguchi. *Journal Mechanical And Manufacture Technology*, 3(2).
- Sriyanto, A. (2011). Teknologi Pencetakan 3 Dimensi Dengan Material Plastik. *Jurnal Inasea*, 58–63.
- Suzen, A. A., & Hasdiansah, M. Z. (2021). Pengaruh Geometri Infill Dan Suhu Nozzle Pada Kekuatan Tarik Spesimen Cetak 3d Pla+. *Jurnal Rekayasa Manufaktur*.
- Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*.
- Tofail, S. A. M., Koumoulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). Additive Manufacturing: Scientific And Technological Challenges, Market Uptake And Opportunities. In *Materials Today* (Vol. 21, Issue 1, Pp. 22–37). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.matod.2017.07.001>
- Wuryandari, T., Widiari, T., & Anggraini, S. D. (2019). *Optimalisasi Produk... (Triastuti Wuryandari) Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial*.
- Yeyen, Zulfitriyanto, & Pristiansyah. (2024). *Optimasi Parameter Proses 3d Printing Terhadap Transparansi Filamen Pla Menggunakan Metode Taguchi*. 294(2).
- Zakaria, S., Stighfarrinata, R., & Ma'rifatul Maghfiroh, A. (2022). *Optimasi Parameter Proses 3d Printing Terhadap Kuat Tarik Filament Petg Menggunakan Metode Taguchi*. 3(4), 538.