

TUGAS AKHIR

**PENENTUAN PARAMETER MESIN 3D PRINTING UNTUK
MENDAPATKAN AKURASI DIMENSI OPTIMAL PADA
HASIL EKSTRUSI (CETAK) FILAMEN POLYLACTIC ACID
(PLA) MENGGUNAKAN 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.)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh:

Aldhi Risqi Ansyah

20106060014

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2024

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-817/Un.02/DST/PP.00.9/06/2024

Tugas Akhir dengan judul : Penentuan Parameter Mesin 3D Printing untuk Mendapatkan Akurasi Dimensi Optimal pada Hasil Ekstrusi (Cetak) Filamen Polylactic Acid (PLA) Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ALDHI RISQI ANSYAH
Nomor Induk Mahasiswa : 20106060014
Telah diujikan pada : Senin, 13 Mei 2024
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: 6659468e22424



Penguji I
Dr. Ir. Ira Setyaningsih, S.T., M.Sc, IPM,
ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6657fb6cabbf



Penguji II
Syaeiful Arief, S.T., M.T.
SIGNED

Valid ID: 6656a1a8d475d



Yogyakarta, 13 Mei 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.St.
SIGNED

Valid ID: 665d7943c4d55

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 : Aldhi Risqi Ansyah

NIM : 20106060014

Judul Skripsi : Penentuan Parameter Mesin 3D Printing Untuk Mendapatkan Akurasi Dimensi Optimal Pada Hasil Ekstrusi (Cetak) Filamen Polylactic Acid (PLA) Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga)

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.

3 Mei
....., Mei 2024

Dosen Pembimbing Skripsi,

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Ir. Khusna Dwijavanti, S.T., M.Eng., Ph. D, ASEAN Eng.

NIP: 198512122019032018

SURAT KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aldhi Risqi Ansyah

NIM : 20106060014

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: "Penentuan Parameter Mesin 3d *Printing* Untuk Mendapatkan Akurasi Dimensi Optimal Pada Hasil Ekstrusi (Cetak) Filamen *Polylactic Acid* (PLA) 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, 6 Mei 2024

Yang menyatakan,



Aldhi Risqi Ansyah
NIM 20106060014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



MOTO

Kau meminta Se-ember Madu pada Tuhan.

Namun kau hanya punya cangkir

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan karya tulis ini untuk

Bapak dan ibu yang telah memberikan dukungan dalam bentuk apapun dan mendoakan untuk kelancaran serta kesuksesan anaknya.

Keluarga besar penulis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi hingga selesai. Shalawat serta salam senantiasa dijunjungkan kepada Rasulullah SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya di akhirat kelak. Penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Yandra Rahadian Perdana, ST., MT. Selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Ir. Khusna Dwijayanti, S.T., M.Eng., Ph. D, ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan dan dukungan sehingga tugas akhir dapat terselesaikan.
4. Seluruh Pranata Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian tugas akhir.
5. Teman-teman seperjuangan Gletser 20 (Teknik Industri 2020) dan seluruh pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir.

Semoga Allah membalas jasa yang telah dan mencatatnya sebagai amal kebajikan. Peneliti berharap skripsi ini akan bermanfaat kedepannya.

Yogyakarta, 29 April 2024
Penulis,

Aldhi Risqi Ansyah
(20106060014)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
SURAT KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
MOTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Penelitian	6
1.6. Asumsi.....	6
1.7. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8
2.2. Landasan Teori	10
2.2.1. <i>3D Printing</i>	10
2.2.2. <i>Material Polylactic Acid (PLA)</i>	12
2.2.3. <i>Fishbone Diagram</i>	13
2.2.4. <i>Desain Eksperimen</i>	14
2.2.5. <i>Metode Taguchi</i>	15
2.2.6. <i>Faktor</i>	17
2.2.7. <i>Ortogonal Array Taguchi (OA)</i>	18

2.2.8.	<i>Signal to Noise Ratio (S/N)</i>	19
2.2.9.	<i>Analysis of Varians (ANOVA)</i>	20
2.2.10.	Konfirmasi Percobaan.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Objek Penelitian	23
3.2.	Metode Pengumpulan Data	25
3.2.1.	Jenis Data	25
3.2.2.	Pengumpulan Data	26
3.3.	Validitas.....	27
3.4.	Variabel Penelitian	27
3.5.	Desain Eksperimen.....	28
3.6.	Diagram Alir Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1.	Desain Eksperimen.....	36
4.1.1.	Tahap Perencanaan Eksperimen	36
4.1.2.	Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	52
4.1.3.	Tahap Analisa Eksperimen	62
4.2.	Eksperimen Konfirmasi.....	75
4.3.	Perbandingan <i>Setting</i> Parameter <i>Default</i> dan Hasil Eksperimen	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		78
5.1	Kesimpulan.....	78
5.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN.....		1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Percobaan	2
Gambar 2. 1. Cara Kerja FDM.....	11
Gambar 2. 2. Fishbone Diagram	13
Gambar 2. 3. Contoh Matriks Orthogonal Array L ₉	15
Gambar 3. 1. Mesin 3D Printing FlashForge Creator Pro.....	23
Gambar 3. 2. Desain Benda Kerja.....	24
Gambar 3. 3. Flowchart Pengaturan Parameter cetak	30
Gambar 3. 4. Flowchart Pencetakan Mesin 3D Printing.....	32
Gambar 3. 5. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1. Mesin 3D Printing FlashForge Creator Pro.....	37
Gambar 4.2. Laptop.....	38
Gambar 4.3. Filament PLA	39
Gambar 4.4. Jangka Sorong	39
Gambar 4.5. Cutter	40
Gambar 4.6. Fishbone Diagram	41
Gambar 4.7. Desain Benda Kerja.....	45
Gambar 4.8. Ukuran Desain Benda Kerja.....	46
Gambar 4.9. Titik Pengukuran	47
Gambar 4.10. Contoh Pengukuran	57
Gambar 4.11. <i>Main Effect Plot for Means</i>	63
Gambar 4.12. <i>Main Effect Plot for SN Ratios</i>	65
Gambar 4.13. <i>Interaction Effect</i> Faktor A dan Faktor B.....	68
Gambar 4.14. <i>Interaction Effect</i> Faktor A dan Faktor C.....	70
Gambar 4.15. <i>Interaction Effect</i> Faktor A dan Faktor C.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. 1. (lanjutan)	9
Tabel 3. 2. Level Faktor	28
Tabel 4. 1. Level Faktor	44
Tabel 4. 2. Derajat Kebebasan	48
Tabel 4. 3. Matriks Orthogonal Array L_9	50
Tabel 4. 4. Dimensi Hasil Cetak dan akurasi dimensi	58
Tabel 4. 5. Perbandingan Ukuran Asli dan Skala	59
Tabel 4. 6. Nilai Rata-rata Eksperimen	62
Tabel 4. 7. <i>Signal to Noise Ratio</i> Smaller is Better (Rasio S/N)	64
Tabel 4. 8. <i>Interaction Effect</i> Faktor A dan Faktor B	67
Tabel 4. 9. <i>Interaction Effect</i> Faktor A dan Faktor C	69
Tabel 4. 10. <i>Interaction Effect</i> Faktor B dan Faktor C	71
Tabel 4. 11. <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	73
Tabel 4. 12. Parameter Optimal	75
Tabel 4. 13. Data Dimensi Eksperimen Konfirmasi	75
Tabel 4. 14. Perbandingan <i>Setting</i> parameter	76
Tabel 4. 15. Perbandingan Dimensi	76

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Data Dimensi Hasil Cetak dan Akurasi Dimensi.....	L-2
LAMPIRAN II Data Hasil Eksperimen Konfirmasi dan <i>Setting</i> Default.....	L-3
LAMPIRAN III Dokumentasi.....	L-4



**Penentuan Parameter Mesin 3D *Printing* Untuk Mendapatkan Akurasi
Dimensi Optimal Pada Hasil Ekstrusi (Cetak) Filamen *Polylactic Acid* (PLA)
Menggunakan Metode *Taguchi*
(Studi Kasus: Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga)**

Aldhi Risqi Ansyah (20106060014)

Program Studi Teknik Industri
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

ABSTRAK

Hadirnya teknologi 3D *printing* merupakan terobosan baru dalam dunia manufaktur. 3D *printing* merupakan salah satu mesin yang dimiliki laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Mesin ini sering digunakan untuk membuat *prototype* sebuah produk. Permasalahan yang terjadi adalah dimensi hasil cetak kurang sesuai dengan desain awal yang sebelumnya dibuat pada aplikasi CAD. Penelitian ini menggunakan pendekatan desain eksperimen, dimana salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *Taguchi*. Ditemukan bahwa parameter yang dapat dikontrol dan mempengaruhi hasil cetak terutama akurasi dimensi adalah *layer height*, *print speed*, dan *nozzle temperature*. Parameter tersebut menjadi faktor pada eksperimen yang akan dilakukan yaitu menggunakan 3 faktor dan 3 *level*. Berdasarkan derajat kebebasan dan matriks OA didapatkan eksperimen yang harus dilakukan sebanyak 9 kali eksperimen. Hasil dari eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kombinasi parameter untuk mendapatkan akurasi dimensi yang optimal adalah *layer height* 0,15 mm; *print speed* 65 mm/s; dan *nozzle temperature* 210°C, dengan parameter yang paling memengaruhi adalah *layer height* dengan kontribusi sebesar 53,89%.

Kata Kunci: 3D *printing*, Akurasi Dimensi, *Taguchi*, Desain Eksperimen, *Rapid Prototyping*

***Determination of 3D Printing Machine Parameters to Obtain Optimal
Dimensional Accuracy on Polylactic Acid (PLA) Filament Extrusion (Print)
Results Using Taguchi Method
(Case Study in Industrial Engineering Laboratory, State Islamic University of
Sunan Kalijaga)***

Aldhi Risqi Ansyah (20106060014)

*Departemen of Industrial Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sunan Kalijaga Yogyakarta*

ABSTRACT

The presence of 3D printing technology is a new breakthrough in the field of manufacturing. 3D printing is one of the machines owned by the Industrial Engineering Laboratory of UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. This machine is often used to make a prototype of a product. The problem that occurs is that the dimensions of the printout are not in accordance with the initial design previously made in the CAD application. This research uses an experimental design approach, where one of the methods that can be used is the Taguchi method. It was found that controllable parameters that affect the printing result, especially dimensional accuracy, are layer height, print speed, and nozzle temperature. These parameters become factors in the experiments that will be carried out using 3 factors and 3 levels. Based on the degrees of freedom and the OA matrix, the experiments that must be carried out are 9 experiments. The results of the experiments show that the combination of parameters to obtain optimal dimensional accuracy is layer height 0.15 mm; print speed 65 mm/s; and nozzle temperature 210°C, with the most influential parameter being layer height with a contribution of 53.89%.

Keyword: *3D printing, Dimensional accuracy, Taguchi, Design of Experiments, Rapid Prototyping*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Hadirnya teknologi *3D Printing* merupakan terobosan baru dalam dunia manufaktur, menurut Pristiansyah et al., (2019) teknologi ini sebenarnya sudah muncul pada tahun 1980. Teknologi *3D Printing* juga disebut sebagai *Additive Layer Manufacturing*, pada prosesnya menghasilkan komponen atau objek dengan menambahkan lapis demi lapis material dengan ketebalan yang telah ditentukan (Elkaseer et al., 2020). Seiringnya dengan kemunculan teknologi ini, berkembang juga metode proses pembuatan *prototype*, dimana muncul metode baru yaitu *Rapid Prototyping* (RP) yang pertama kali dikenalkan pada tahun 1986 di California.

Metode *Rapid Prototyping* (RP) merupakan proses pembuatan model dengan skala suatu produk tunggal (*Part*) maupun produk dengan proses perakitan (*Assembly*) secara cepat dengan memanfaatkan data dari *Computer Aided Design* (CAD) tiga dimensi. RP memungkinkan visualisasi yang awalnya hanya berbentuk gambar 3D menjadi produk nyata yang memiliki ruang (Sobron Lubis & Sutanto, 2014). Salah satu teknologi pencetakan 3D yang sering digunakan dalam proses pembuatan *Rapid Prototyping* adalah *Fused Deposition Modeling* (FDM), teknologi ini sering digunakan karena faktor ekonomis, kemudahan dalam penggunaan, serta sifatnya yang paling ramah lingkungan (Finali et al., 2021).

3D printing dengan teknologi FDM pertama kali dipasarkan pada tahun 1990 oleh S. Scott Crump, 10 tahun sejak teknologi *3D printing* dikenalkan (Finali et al., 2021). FDM bekerja dengan membuat objek lapis demi lapis sehingga membentuk objek sesuai dengan desain yang telah dibuat dengan material yang beragam,

filamen *Polylactic Acid* (PLA) dan *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) merupakan material yang paling sering digunakan (Hasdiansah et al., 2020). Bentuk material yang digunakan untuk *3D printing* jenis ini adalah gulungan menyerupai benang dengan diameter menyesuaikan spesifikasi mesin yang digunakan. FDM memiliki kelemahan dimana pada proses ekstrusi lapis demi lapis menghasilkan permukaan produk akhir tampak memiliki garis yang disebabkan oleh batas antar lapisan (*layer*). Batasan antar lapisan sangat dipengaruhi oleh parameter pada mesin *3D printing*, diantaranya adalah, suhu, ketinggian lapisan, dan kecepatan pencetakan (Finali et al., 2021).



Gambar 1. 1. Percobaan
Sumber: Observasi (2023)

Pada gambar 1.1 merupakan contoh hasil cetak mesin *3D printing* FDM tipe FlashForge Creator Pro yang ada di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga. Hasil cetak tersebut dibuat dengan desain awal yang sama, namun pengaturan parameter yang digunakan berbeda. Mesin ini memiliki beberapa parameter yang memengaruhi hasil akhir dari objek yang dibuat, diantaranya adalah

ketinggian lapisan, suhu *nozzle*, dan kecepatan print. Menurut Aris Setiawan et al., (2018) selain kekasaran permukaan, pengaruh dari pengaturan parameter terhadap hasil cetak objek adalah akurasi dimensi.

Akurasi dimensi hasil cetak mesin 3D *printing* dipengaruhi oleh banyak faktor, baik itu faktor yang dapat dikontrol maupun faktor yang tidak dapat dikontrol (faktor gangguan). Berdasarkan analisis yang dilakukan sebelumnya menggunakan diagram *fishbone* menunjukkan bahwa faktor yang memengaruhi hasil cetak mesin 3D *printing* secara garis besar adalah metode pencetakan, operator, mesin, dan material. Salah satu faktor kontrol adalah faktor mesin, didalamnya terdapat parameter-parameter yang besarnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Penentuan parameter ini sangat berpengaruh pada kualitas hasil cetak mesin 3D *printing* yang salah satunya adalah akurasi dimensi.

Selama ini penentuan parameter pencetakan di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga hanya berfokus pada suhu *nozzle* yang disesuaikan dengan spesifikasi *filament*. Parameter cetak yang lain hanya mengikuti pengaturan *default* dari aplikasi FlashPrint ataupun berdasarkan referensi, dimana referensi yang digunakan merupakan tipe mesin yang berbeda. Pengaturan parameter cetak yang tidak disesuaikan dengan karakteristik dan spesifikasi mesin tersebut tentu akan membuat hasil cetak dari mesin 3D *printing* akan memiliki perbedaan dimensi yang signifikan dengan desain yang telah dibuat.

Dimensi atau ukuran menjadi sangat penting ketika produk yang dicetak menggunakan 3D *Printing* merupakan sebuah *part* yang harus dirakit. Kesesuaian hasil cetak dengan desain yang telah dibuat sangat menentukan bagaimana hasil akhir suatu produk. Hasil cetak mesin 3D *Printing* FlashForge Creator Pro dengan

pengaturan bawaan menghasilkan perbedaan dimensi 0,0475 mm sehingga pada kasus tertentu diperlukan alat dan proses tambahan untuk bisa dirakit. Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, diperlukan penentuan parameter optimal untuk memperbaiki kualitas hasil cetak. Pendekatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan menentukan kombinasi pengaturan parameter optimal pada hasil cetak mesin 3D *printing* adalah desain eksperimen. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *taguchi* (Aris Setiawan et al., 2018; Pratama & Sudarso, 2021)

Metode *taguchi* merupakan metode yang berfungsi memperbaiki kualitas produk, proses, dan meminimalkan biaya *resources*. Maka dari itu metode ini digunakan untuk optimasi parameter cetak 3D *printing* karena memungkinkan untuk melakukan eksperimen dengan banyak faktor dan jumlah, sehingga dapat menghasilkan produk (hasil cetak 3D *printing*) yang konsisten, serta menghasilkan kesimpulan mengenai respon terhadap kombinasi, komposisi, faktor, dan *level* dari faktor yang menghasilkan respon yang optimal (Aris Setiawan et al., 2018). Sebelumnya penelitian mengenai optimasi parameter cetak 3D *printing* belum pernah dilakukan di laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga. Penggunaan metode *taguchi* pada penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan kombinasi parameter proses pencetakan mesin 3D *printing* yang memiliki hasil dengan akurasi dimensi yang optimal.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor-faktor yang memengaruhi hasil cetak pada mesin 3D *Printing*?

2. Apa kombinasi parameter optimal dalam proses *3D Printing* untuk mengurangi variabilitas dan meningkatkan akurasi dimensi hasil cetak mesin *3D Printing*?
3. Apa faktor yang paling memengaruhi akurasi dimensi hasil cetak mesin *3D printing*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor yang memengaruhi hasil cetak pada mesin *3D Printing*.
2. Menentukan kombinasi parameter optimal proses cetak *3D Printing* untuk mengurangi variabilitas dan meningkatkan akurasi dimensi hasil cetak mesin *3D Printing*.
3. Menganalisis faktor yang paling memengaruhi akurasi dimensi hasil cetak mesin *3D printing*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor yang memengaruhi hasil cetak pada mesin *3D Printing*.
2. Menentukan kombinasi parameter optimal proses cetak *3D Printing* untuk mengurangi variabilitas dan meningkatkan akurasi dimensi hasil cetak mesin *3D Printing*.
3. Mengetahui faktor yang paling memengaruhi akurasi dimensi hasil cetak mesin *3D printing*?
4. Membantu praktikan dan laboran untuk menghasilkan kualitas produk cetak mesin *3D Printing* yang memiliki dimensi optimal.

1.5. Batasan Penelitian

Adapun batasan yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan dalam penelitian adalah mesin 3D *Printing* tipe FlashForge Creator Pro. Mesin ini memiliki spesifikasi *layer hight* dari 0,15 mm sampai dengan 0,4 mm dan *print speed* 30 mm/s sampai dengan 100 mm/s.
2. *Ekstruder* yang digunakan hanya satu, yaitu ekstruder kanan karena ekstruder kiri tidak dapat digunakan (rusak).
3. Material yang digunakan dalam penelitian adalah *filament* dengan jenis *Polylactic Acid* (PLA) diameter 1,75mm dan suhu yang direkomendasikan adalah 205°C - 215° C.
4. Penelitian dilakukan dengan satu desain produk yang telah ditentukan, dapat dilihat pada gambar 3.2.
5. Pengukuran dimensi hasil cetak mesin 3D Printer menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0.02mm.

1.6. Asumsi

Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin 3D *Printing* yang digunakan dalam keadaan optimal dan konsisten.
2. Material yang digunakan dalam keadaan baik.
3. Kondisi operator konsisten dalam melakukan eksperimen.

1.7. Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri dari lima bab, pada bab pertama dimulai dengan latar belakang yang didasarkan pada pengamatan langsung serta tinjauan pustaka, kemudian pada bab ini juga memuat rumusan masalah yang dihasilkan dari

pengamatan. Kemudian dari rumusan masalah dapat diketahui tujuan dari penelitian dan manfaat yang ingin dicapai, batasan masalah untuk memperjelas dan membatasi arah penelitian, kemudian asumsi serta sistematika penulisan. Pada bab dua berisikan tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan serta landasan teori yang mendukung penelitian dan menjadi dasar pengolahan serta analisis yang dilakukan.

Bab tiga mendefinisikan mengenai objek penelitian yaitu mesin 3D *printing* yang ada di laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga dan hasil cetak dari mesin tersebut. Selanjutnya pada bab ini membahas data yang digunakan dalam penelitian serta sistematika pengumpulannya, dilanjut dengan validitas, variabel penelitian, desain eksperimen, dan diagram alir penelitian. Pada bab empat membahas pengolahan yang dilakukan dan hasil. Bab lima berisikan kesimpulan yang didasarkan pada pengolahan serta hasil pada bab empat dan tujuan dari penelitian yang telah dirumuskan pada bab satu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan berikut adalah kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian:

1. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan *fishbone diagram* faktor yang memengaruhi hasil cetak mesin 3D *printing* terutama pada akurasi dimensi adalah *layer height* (ketinggian lapisan), *print speed* (kecepatan pencetakan), dan *nozzle temperature* (suhu *nozzle*).
2. Berdasarkan eksperimen menggunakan metode *taguchi* yang telah dilakukan didapatkan kombinasi parameter pada proses pencetakan mesin 3D *printing* tipe Flashforge Creator Pro generasi pertama yang ada di Laboratorium Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga untuk mendapatkan akurasi dimensi yang optimal adalah menggunakan parameter *layer height* 0,15 mm, *print speed* 65 mm/s, dan *nozzle temperature* 210°C.
3. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan ANOVA didapatkan faktor yang paling berpengaruh pada akurasi dimensi hasil cetak mesin 3D *printing* adalah faktor *layer height* dengan persen kontribusi 53,39%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Pengoperasian mesin 3D *printing* dapat menggunakan kombinasi parameter yang telah didapatkan dari penelitian untuk mendapatkan dimensi yang optimal.

2. Penelitian dapat dikembangkan dengan menambah *level* dan faktor yang digunakan, sehingga mendapatkan hasil yang lebih optimal.
3. Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada kekasaran permukaan hasil cetak mesin 3D *printing*, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tingkat kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh kombinasi parameter yang digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, C., & Halim, A. (2017). Pengendalian Kualitas Produk Bata Ringan AAC dengan Metode Taguchi di PT AFU 28. *Jurnal Fakultas Teknologi Informasi – UNMER Malang*, 8(September), 919–930.
- Ahmaddani, R., & Dwijayanti, K. (2023). *Design Of Experiment For Determining Parameter Setting Plasma Arc Machining On Stainless Steel Plate Cutting With (Case Study In Industrial Engineering Laboratory , State Islamic University Of Sunan Kalijaga)*.
- Aida, A. (2021). Sintesa Material Bioscaffold Berbahan Dasar Pla/Nanokitosan Dengan Penambahan Zn-Curcumin. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 18(02). <https://doi.org/10.30811/jstr.v18i02.2255>
- Aprilyanti, S., & Suryani, F. (2020). Penerapan Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Batu Bata Dari Sekam Padi. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 15(2), 102–108.
- Aris Setiawan, A., Wiro Karuniawan, B., & Arumsari, N. (2018). Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and Its Application*, 2654, 165–168.
- Elkaseer, A., Schneider, S., & Scholz, S. G. (2020). Experiment-based process modeling and optimization for high-quality and resource-efficient FFF 3D printing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/APP10082899>
- Eviyanti, N. (2021). Analisis Fishbone Diagram Untuk Mengevaluasi Pembuatan Peralatan Aluminium Studi Kasus Pada Sp Aluminium Yogyakarta. *JAAKFE UNTAN (Jurnal Audit Dan Akuntansi Fakultas Ekonomi Universitas Tanjungpura)*, 10(1), 10. <https://doi.org/10.26418/jaakfe.v10i1.45233>
- Finali, A., Hanafi, A. F., & U, R. E. P. (2021). Analisis Variasi Pattern 3D Printing terhadap Kekuatan Tarik Analysis of 3D Printing Pattern Variation on Tensile Strength. *J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, 5(1), 16–19.
- Galet, T., Raos, P., Stojšić, J., & Pakši, I. (2016). Influence of structure on mechanical properties of 3D printed objects. *Procedia Engineering*, 149(June), 100–104. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.644>
- Hakim, R., Saputra, I., Utama, G. P., & Setyoadi, Y. (2019). Pengaruh Temperatur Nozzle dan Base Plate Pada Material PLA Terhadap Nilai Masa Jenis dan Kekasaran Permukaan Produk Pada Mesin Leapfrog Creatr 3D Printer. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.30871/jatra.v1i1.1242>
- 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), 13–26. <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1694>
- Harahap, B., Hernawati, T., & Hasibuan, A. R. (2018). Analisa Mutu Minyak Kelapa Sawit dengan Metode Taguchi (Studi Kasus Di PT . Sumber Sawit Makmur). *Buletin Utama Teknik*, 3814, 81–91. file:///C:/Users/Windows 10/Downloads/275-781-1-PB.pdf
- Hasanzadeh, R., Mihankhah, P., Azdast, T., Aghaiee, S., & Park, C. B. (2023). Optimization of Process Parameters of Fused Filament Fabrication of Polylactic Acid Composites Reinforced by Aluminum Using Taguchi Approach. *Metals*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/met13061013>
- Hasdiansah, H., Masdani, M., & Feriadi, I. (2020). Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi Pla Food Grade Menggunakan Metode Taguchi. *Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) A175-A186*, 1, 175–186. <http://conf.nciet.id/index.php/nciet/article/view/150%0Ahttp://conf.nciet.id/index.php/nciet/article/download/150/231>
- Irwansyah, D., & Samosir, S. E. (2020). Analisa Pengendalian Kualitas Rbdpo Dengan Menggunakan Metode Taguchi Pada Pt. Multimas Nabati Asahan. *Industrial Engineering Journal*, 9(2). <https://doi.org/10.53912/iejm.v9i2.554>
- Lubis, S. Y., Riza, A., Wijaya, A. H., & Ariyanti, S. (2023). Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Kualitas Produk Bahan Acrylonitrile Butadiene Styrene. *Jurnal PASTI (Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri)*, 17(1), 58. <https://doi.org/10.22441/pasti.2023.v17i1.006>
- Monoarfa, M. I., Hariyanto, Y., & Rasyid, A. (2021). Analisis Penyebab bottleneck pada Aliran Produksi briquette charcoal dengan Menggunakan Diagram fishbone di PT. Saraswati Coconut Product. *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 1(1), 15–21. <https://doi.org/10.37905/jirev.1.1.15-21>
- Octariani, I., Virgantari, F., & Wijayanti, H. (2021). Metode Taguchi Dalam Analisis Pengendalian Kualitas Produk Furniture. *Interval : Jurnal Ilmiah Matematika*, 1(2), 50–61. <https://doi.org/10.33751/interval.v1i2.4556>
- Pamasaria, H. A., Saputra, T. H., Utama, A. S., & Budiyanoro, C. (2020). Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 4(1), 12–19. <https://doi.org/10.18196/jmpm.4148>
- Pilipović, A., Raos, P., & Šercer, M. (2011). Experimental testing of quality of polymer parts produced by laminated object manufacturing - LOM. *Tehnički Vjesnik*, 18(2), 253–260.
- Portoacă, A. I., Ripeanu, R. G., Diniță, A., & Tănase, M. (2023). Optimization of 3D Printing Parameters for Enhanced Surface Quality and Wear Resistance. *Polymers*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/polym15163419>
- Prabowo, I., & Chalid, M. (2021). *Optimalisasi Sifat Mekanik Biokomposit PLA dengan Serat Arenga Pinnata*. 65–68.
- Prasetyo, A. B. (2015). Aplikasi Metode Taguchi Pada Optimasi

- Parameterpermesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Dan keausan Pahat Hss Pada Proses Bubut Material St 37. *Mekanika*, 13(2), 86–97.
- Pratama, S., & Sudarso, I. (2021). Desain Perbaikan Kualitas dengan Pendekatan Taguchi sebagai Upaya Penurunan Produk Cacat. *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 1(1), 430–438.
- Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., & Sugiyarto, S. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), 33–40. <https://doi.org/10.33504/manutech.v11i01.98>
- Rachman, F. R., Setiawan, T. A., Karuniawan, B. W., & Maya, R. A. (2019). Penerapan Metode Taguchi Dalam Optimasi Parameter Pada Proses Electrical Discharge Machining (EDM). *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, 12(1), 7–12. <https://doi.org/10.36456/jstat.vol12.no1.a1991>
- Sakti, Y. K., W, I. A. S., & Zuhroh, D. (2020). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Tehambatnya Perkembangan Umkm Sentra Ikan Bulak (SIB) Kenjeran Dengan Pendekatan Metode Fishbone Diagram. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian 2020*, 92–99.
- Sandi, S., Ulfah, M., & Ferdinant, P. F. (2017). Spiral Menggunakan Metode Six Sigma Berdasarkan Design of Experiment (DoE). *Jurnal Teknik Industri*, 5(1), 66–79.
- Serfandi, D. N., Setyarini, P. H., Purnami, P., & Sulistyono, S. (2022). Karakterisasi Sudut Kontak dan Biodegradasi Pada Komposit Polylactide Acid (PLA) – Polycaprolactone (PCL) Untuk Aplikasi Biomaterial. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, 12(1), 124. <https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7243>
- Singh, T. K., Birru, A. K., & Singh, K. N. (2024). Optimizing the printing parameters for dimensional accuracy of distal femur bone by using Taguchi's method. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s44147-023-00338-x>
- Sobron Lubis, & Sutanto, D. (2014). Pengaturan Orientasi Posisi Objek pada Proses Rapid Prototyping Menggunakan 3D Printer Terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 27–34. <https://doi.org/10.9744/jtm.15.1.27-34>
- Sumardiyanto, D., & Putra, S. (2021). Alat pengolahan limbah filament 3D print dengan material polylactic acid (PLA). *Jurnal Kajian Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*, 6(2), 13–23.
- Wuryandari, T., Widiharih, T., & Anggraini, S. D. (2009). *Optimalisasi Produk... (Triastuti Wuryandari) Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial*. 81–92.
- Yuliyarty, P., Permana, T., & Pratama, A. (2011). Pengembangan desain produk papan tulis dengan metode. *Pasti*, VI(1), 1–13.