

**OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING
DENGAN FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE
TAGUCHI**

SKRIPSI

FERRY RAJIB PAMUNGKAS

20180110066



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
2024**

**OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING
DENGAN FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE
TAGUCHI**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh

Gelar Sarjana Teknik Mesin

Ferry Rajib Pamungkas

20180110066



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
2024**

PERSYARATAN PENULIS

JUDUL : OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING DENGAN
FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

NAMA : FERRY RAJIB PAMUNGKAS

NIM : 20180110066

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebernarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai bukti-bukti yang cukup maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar sarjana teknik mesin saya beserta hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”

Sukabumi, 23 Agustus 2024



Ferry Rajib Pamungkas

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING
DENGAN FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE
TAGUCHI
NAMA : FERRY RAJIB PAMUNGKAS
NIM : 20180110066

Skripsi ini telah di periksa dan disetujui

Sukabumi, 23 Agustus 2024

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami, M.Si

NIDN: 0415039402

Dosen Pembimbing



Ir. Dani Mardiyana, S.Pd., M.T.

NIDN: 0429038703

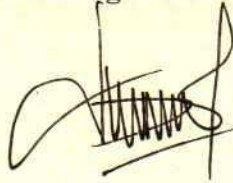
PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING DENGAN
FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI
NAMA : FERRY RAJIB PAMUNGKAS
NIM : 20180110066

Skripsi Ini Telah Diujikan Dan Dipertahankan Didepan Dewan Pebguji Pada Sidang Skripsi Tanggal 10 April 2024 Menurut Pandangan Kami, Skripsi Ini Memadai Dari Segi Kualitas Untuk Tujuan Penganugerahan Gelar Sarjana Teknik Mesin.

Sukabumi, 23 Agustus 2024

Pembimbing Utama



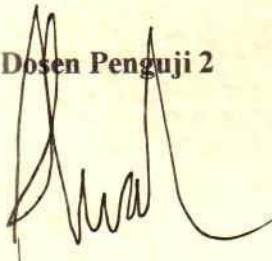
Ir. Dani Mardiyana, S.Pd., M.T.
NIDN: 0429038703

Dosen Penguji 1



Zaid sulaiman S.T., M.T.
NIDN: 0410109701

Dosen Penguji 2



Lazuardi Akmal Islami M.Si
NIDN: 0415039402

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami M.Si
NIDN: 0415039402

**Dekan Fakultas *Engginering Computer
and Desain* (FECD)**

Prof. Dr.Ir.H. Koesmawan, M.Sc.MBA.DBA
NIDN. 0014075205

PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk diri sendiri



ABSTRACT

3D printing is an improvement of printing technology that proves that there are major changes in the world, especially in the field of manufaktur. Where Filament is chosen, PLA+ because it has a higher level of toughness, is stronger, stiff and provides better adhesion, toughness, and layer surface quality. And also uses the Taguchi L9 method because it is a quality improvement effort that focuses on improving product design and processes in order to obtain dimensional accuracy results with several parameter variations such as Nozzle Temperature 210,215,2200C, Print Speed 70,75,80mm/s, Wall Thickness 0,2,0,25,0,3mm. Measurements were made using a digital caliper to obtain a size value from the manufacture of specimens where the specimen size was 20mm on the same side. where specimen 6 has the closest or best dimensional accuracy, which is 20.05 mm with a difference from the size of the test specimen of 20 mm, which is 0.05 mm.

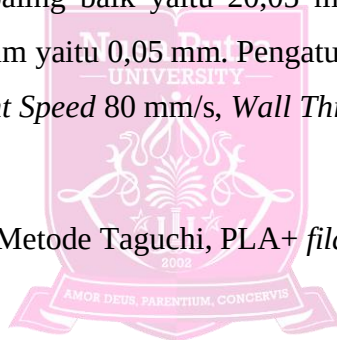
Keywords: 3D Printer, Taguchi Method, PLA+ filament.



ABSTRAK

3D printing merupakan sebuah peningkatan dari teknologi cetak yang membuktikan bahwa adanya perubahan besar pada dunia khususnya bidang manufaktur. Yang dimana pemilihan *Filament* yaitu PLA+ karena memiliki tingkat ketangguhan yang lebih tinggi, lebih kuat, kaku serta memberikan daya rekat, ketangguhan, dan kualitas permukaan lapisan yang lebih baik. Dan juga menggunakan metode Taguchi L9 karena merupakan usaha peningkatan kualitas yang berfokus pada peningkatan rancangan produk dan proses agar mendapatkan hasil akurasi dimensi dengan beberapa variasi parameter seperti adalah *Nozzle Temperature* 210,215,220⁰C, *Print Speed* 70,75,80mm/s, *Wall Thickness* 0,2,0,25,0,3mm. Melakukan pengukuran menggunakan jangka sorong digital agar mendapatkan nilai ukuran dari pembuatan spesimen yang dimana ukuran spesimen yaitu 20mm sama sisi. yang dimana spesimen 6 memiliki akurasi dimensi yang paling mendekati atau paling baik yaitu 20,05 mm dengan selisih dari ukuran spesimen pengujian 20 mm yaitu 0,05 mm. Pengaturan parameter nya yaitu *Nozzle Temperature* 215⁰C, *Print Speed* 80 mm/s, *Wall Thickness* 0,2 mm.

Kata kunci: 3D Printer, Metode Taguchi, PLA+ filament.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kita semua. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada rosulullah Muhamad SAW. Dengan rahmat dari Allah SWT penulisan dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING DENGAN FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI” dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang telah membantu, baik secara materi, moral, spiritual dan mental. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terimakasih dan hormat yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dua orang berjasa dalam hidup saya, Ibu Ade Suhartini dan Bapak Edih Suganda, S.T. yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan dari segi materi dan do'a.
2. Bapak Dr. H Kurniawan, S.T., M.Si., M.M selaku rektor universitas nusa putra.
3. Bapak Lazuardi Akmal Islami, M.Si. selaku kepala program studi teknik mesin universitas nusa putra.
4. Bapak Ir. Dani Mardiyana, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan arahan untuk penelitian yang telah dilakukan.
5. Bapak Lazuardi Akmal Islami, M.Si. dan Bapak Zaid Sulaiman S.T., M. T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang membangun dan masukan untuk penelitian yang telah dilakukan.
6. Teknik mesin Angkatan 2018 “Si Paling TM18” yang telah membantu memberikan masukan, pendapat serta menemani penulis dalam menyelesaikan skripsi.
7. Rin Rin Novia Pasha yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
8. Saudara dan semua teman-teman yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini.
9. Terakhir terimakasih untuk diri sendiri, karena telah berusaha keras berjuang sampai sejauh ini dan meyakinkan semuanya bahwa akan selesai pada waktunya.

Semoga kebaikan semua orang yang telah saya sebutkan diatas dibalas oleh Allah SWT. Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekeliruan dan jauh dari kata sempurna, baik dari sisi pembahasan maupun penulisan, mengingat keterbatasan kemampuan, waktu serta pengetahuan penulis. Oleh karena itu, saya berharap adanya kritikan dan saran yang membangun agar adanya perbaikan dan evaluasi untuk skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.



Sukabumi, 23 Agustus 2024

Ferry Rajib Pamungkas

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya bertanda tangan

Di bawah ini:

Nama : Ferry Rajib Pamungkas

Nim : 20180110066

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada universitas Nusa Puta **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** atas karya ilmiah yang berjudul:

OPTIMASI AKURASI DIMENSI PROSES 3D PRINTING DENGAN FILAMENT PLA+ MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini universitas nusa putra berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data base), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Sukabumi, 23 Agustus 2024



Ferry Rajib Pamungkas

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSYARATAN PENULIS	ii
PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERNYATAAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 3D Printer	3
2.2 <i>Filament</i>	9
2.2.1 <i>Filament PLA+</i>	9
2.3 Metode Taguchi	10
2.3.1 <i>S/N Ratio</i>	14

2.3.2 Pentingnya <i>S/N Ratio</i>	15
2.3.3 <i>S/N Ratio</i> untuk Setiap Karakteristik Kualitas	15
2.4 Akurasi Dimensi	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram alir penelitian	17
3.2 Studi literatur	18
3.3 Persiapan alat dan bahan.....	18
3.3.1 Menentukan Parameter.....	18
3.3.2 Penentuan Matrik Taguchi L9.....	18
3.4 Pembuatan Desain	21
3.4.1 <i>Slicing</i> STL Berdasarkan Matrik Taguchi L9	22
3.5 Pengambilan Dan Pengolahan Data.....	27
3.5.1 Toleransi 3d printer under 3pro (FDM)	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Fabrikasi	33
4.1.1 Hasil Pengukuran	34
4.2 Sumbu X, Y, Z.....	36
4.2.1 Sumbu x	36
4.2.2 Sumbu Y	37
4.2.3 Sumbu Z.....	38
4.3 Analisis Hasil Metode Taguchi	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

LAMPIRAN	44
----------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Streolithography (SLA).[8]	4
Gambar 2.2 Selective Laser Sintering (SLS).[10]	4
Gambar 2.3 Fused Deposition Modelling (FDM)	7
Gambar 2.4 Digital Light Processing (DLP) [13].....	8
Gambar 2.5 Filament PLA+.....	9
Gambar 2.7 Diagram Alir Penelitian.	17
Gambar 2.8 Proses penentuan Metode Taguchi.	19
Gambar 2.9 Menentukan Faktor dan Level.	19
Gambar 2.10 Menentukan Designs dan Level.....	20
Gambar 2.11 Pemilihan Runs L9 dan Columns 3 ³	20
Gambar 2.12 Memasukan faktor yang sudah ditentukan.....	20
Gambar 2.13 Hasil dari matrix Taguchi L9.....	21
Gambar 2.14 Desain Spesimen.....	22
Gambar 2.15 Penyimpanan format STL.....	23
Gambar 2.16 Masuk Software Ultimaker Cura	23
Gambar 2.17 Pilih jenis 3D printer.....	24
Gambar 2.18 Pilih file.....	24
Gambar 2.19 Menyesuaikan posisi.....	25
Gambar 2.20 Menentukan kualitas produk.....	25
Gambar 2.21 Menentukan parameter.....	26
Gambar 2.22 Tekan slice	26
Gambar 2.23 Save dengan format STL.....	27
Gambar 2.24 Save pada mikro SD.....	27
Gambar 2.25 Input selisih data rata-rata	28
Gambar 2.26 Analyze Taguchi Design.....	29
Gambar 2.27 Input selisih data rata-rata pada response area.....	29
Gambar 2.28 Mengatur plot hasil S/N Ratio dan Means dari input data.....	30
Gambar 2.29 Memilih S/N Ratio Smaller is Better.	30
Gambar 2.30 Storage S/N Ratio dan Means.	31

Gambar 2.31 Tabel S/N Ratios dan Means.....	31
Gambar 3.1 Filament PLA+.....	9
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.	17
Gambar 3.3 Proses penentuan Metode Taguchi.	19
Gambar 3.4 Menentukan Faktor dan Level.	19
Gambar 3.5 Menentukan Designs dan Level.....	20
Gambar 3.6 Pemilihan Runs L9 dan Columns 3 ³	20
Gambar 3.7 Memasukan faktor yang sudah ditentukan.....	20
Gambar 3.8 Hasil dari matrix Taguchi L9.....	21
Gambar 3.9 Desain Spesimen.....	22
Gambar 3.10 Penyimpanan format STL.....	23
Gambar 3.11 Masuk Software Ultimaker Cura	23
Gambar 3.12 Pilih jenis 3D printer	24
Gambar 3.13 Pilih file.....	24
Gambar 3.14 Menyesuaikan posisi.....	25
Gambar 3.15 Menentukan kualitas produk.....	25
Gambar 3.16 Menentukan parameter.....	26
Gambar 3.17 Tekan slice	26
Gambar 3.18 Save dengan format STL.....	27
Gambar 3.19 Save pada mikro SD.....	27
Gambar 3.20 Input selisih data rata-rata.....	28
Gambar 3.21 Analyze Taguchi Design.....	29
Gambar 3.22 Input selisih data rata-rata pada response area.....	29
Gambar 3.23 Mengatur plot hasil S/N Ratio dan Means dari input data.....	30
Gambar 3.24 Memilih S/N Ratio Smaller is Better.	30
Gambar 3.25 Storage S/N Ratio dan Means.	31
Gambar 3.26 Tabel S/N Ratios dan Means.....	31
Gambar 4.1 Hasil proses 3D Printing.	34
Gambar 4.4 <i>Signal to Noise Ratios sumbu X</i>	37
Gambar 4.5 <i>Respon Means sumbu X</i>	37
Gambar 4.6 <i>Signal to Noise Ratios sumbu Y</i>	38

Gambar 4.7 <i>Respon Means sumbu Y</i>	38
Gambar 4.8 Signal to Noise Ratios sumbu Z.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar penggunaan PLA + [16].	10
Tabel 3.1 Nilai Parameter yang Diuji	18
Tabel 3.2 Desain Faktorial L9	21
Table 4.1 Hasil pengukuran.	34
Tabel 4.4 Signal to Noise Ratios sumbu X.....	36
Tabel 4.5 Respon Means sumbu X.....	36
Tabel 4.6 <i>Signal to Noise Ratios sumbu Y</i>	37
Tabel 4.7 <i>Respon Means sumbu Y</i>	37
Tabel 4.8 <i>Signal to Noise Ratios</i>	39
Tabel 4.9 <i>Respon Means</i>	39



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

3D printer merupakan sebuah peningkatan dari teknologi cetak yang membuktikan bahwa adanya perubahan besar pada dunia khususnya bidang manufaktur. Yang memiliki kemampuan merancang dan memproduksi suatu produk sesuai perintah yang diinginkan. Pada tahun 1980-an 3D Printer sebenarnya sudah digunakan. 3D printer merupakan salah satu proses fabrikasi *Fused Deposition Modelling* (FDM) yaitu *teknologi Additive Manufacturing* (AM) yang sistem kerjanya pembentukan benda dengan penambahan lapis demi lapis [1]. Adapun untuk 3D printer memiliki beberapa komponen yang sangat krusial dalam suatu proses perancangan maupun produksi contohnya *filament*.

filament merupakan sejenis bahan atau serat Panjang yang digunakan untuk membuat produk dalam proses manufaktur [2]. Salah satu *filament* yang paling banyak digunakan yaitu *filament PLA+*, dikarenakan PLA+ lebih kuat dan kaku, serta memiliki tingkat ketangguhan yang lebih tinggi. Perusahaan *filament* Tiongkok eSUN, salah satu merek *filament* utama yang membuat PLA+, PLA+ cenderung memberikan daya rekat, ketangguhan, dan kualitas permukaan lapisan yang lebih baik, namun mungkin kurang nyaman dibandingkan PLA karena suhu pencetakannya yang lebih tinggi[3]. Untuk mendapatkan hasil akurasi dimensi yang optimal, dalam hal ini penulis menggunakan metode taguchi

Metode Taguchi merupakan usaha peningkatan kualitas yang berfokus pada peningkatan rancangan produk dan proses. Sasaran metode tersebut adalah menjadikan produk tidak sensitif terhadap variable gangguan, metode ini digunakan dalam perekayasaan dan peningkatan kualitas dengan cara desain eksperimen untuk menemukan penyebab utama yang sangat dominan mempengaruhi karakteristik kualitas [4]. Oleh karena itu penelitian ini di difokuskan untuk mendapatkan nilai ukuran yang sesuai untuk mendapatkan akurasi dimensi dengan menggunakan metode taguchi dengan judul “Optimasi Akurasi Dimensi Proses 3D Printing Dengan Filament PLA+ Menggunakan Metode Taguchi”

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan kombinasi optimal akurasi dimensi dengan pengaruh beberapa parameter ?
2. Bagaimana pengaruh parameter terhadap hasil produksi dengan akurasi yang optimal dengan menggunakan mesin 3D Printer yang berfilament PLA+ dengan metode Taguchi?

1.3 Tujuan Masalah

1. Untuk mendapatkan parameter akurasi dimensi yang optimal menggunakan metode Taguchi.
2. Untuk menentukan parameter yang berpengaruh dalam hasil cetak untuk mendapatkan akurasi dimensi.

1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan mesin 3D printer.
2. Menggunakan filament dengan jenis bahan PLA+ (Poly Lactic Acid) Pengujian yang digunakan yaitu *Nozzle Temperature* ($^{\circ}\text{C}$), *Print Speed* (mm/s), *Layer Thickness* (mm)
3. Menggunakan Metode Taguchi





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari awal menentukan parameter tetap yaitu *temperature bed* 60°, *infill density* 100%, *fan speed* 100% dan *infill pattern* berjenis *Cubic* dan beberapa variabel variasinya adalah *Nozzle Temperature* 210,215,220°C, *Print Speed* 70,75,80mm/s, *Wall Thickness* 0,2,0,25,0,3mm. Setelah memasukan nilai parameter dengan metode Taguchi ke dalam *Software Ultimaker Cura* Yang nantiya akan dilakukan pengujian atau pencetakan menggunakan 3D Printer Ender 3 Pro, setelah menemukan hasil dari metode Taguchi dengan proses pengukuran menggunakan jangka sorong digital dan hasil dari

pengukuran akurasi dimensi tersebut dimasukan ke analisis akurasi dimensi dengan metode Taguchi yang dimana spesimen 6 memiliki akurasi dimensi yang paling mendekati atau paling baik yaitu 20,05 mm dengan selisih dari ukuran spesimen pengujian 20 mm yaitu 0,05. Pengaturan parameter nya yaitu *Nozzle Temperature* 215°C, *Print Speed* 80 mm/s, *Wall Thickness* 0,2. Serta dari beberapa sumbu X, Y, Z yang masuk kedalam toleransi yaitu dari spesimen 3 yang dimana sumbu x 20,06, y 20,1, z 20,04 , spesimen 4 yaitu sumbu z 20,05 dan spesimen 5 sumbu z 20,08. Sementara dari pengukuran akurasi dimensi yang paling jauh atau yang paling buruk menunjukan spesimen 8 dengan parameter *Nozzle Temperature* 220°C, *Print Speed* 75 mm/s, *Wall Thickness* 0,25 mm dengan selisih 0,31 mm.

1.2 Saran

1. Untuk melakukan proses pencetakan menggunakan 3D printer ender 3 pro akurasi dimensi paling mendekati atau paling baik yaitu dengan parameter *Nozzle Temperature* 215°C, *Print Speed* 80 mm/s, *Wall Thickness* 0,2.
2. Untuk penelitian selanjutnya agar bisa membandingkan hasil metode Taguchi dengan metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Abdimas *et al.*, “Pelatihan Pembuatan Prototype Spare Part Motor Dengan Aplikasi Printer 3D Pada Siswa Siswi Kls XI SMK Swasta Parulian 3 Medan A B S T R A K Sejarah artikel,” vol. 1, no. 1, pp. 37–44, 2021.
- [2] “Pengertian Filament_ Memahami Bahan yang Penting dalam Industri Manufaktur _ Langsung.id”, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <https://langsung.id/pengertian-filament>
- [3] “PLA vs PLA+_ A Comprehensive Comparison”, Accessed: May 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.wevolver.com/article/pla-vs-pla-plus>
- [4] “View of ANALISIS RANCANGAN PERBAIKAN DESIGN MOLD DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI DI PT X”, Accessed: Mar. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.lebesgue.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/view/512/315>
- [5] H. D. Anggraini, “Peran Teknologi 3D Printing dalam Manufaktur Komponen Mesin.”
- [6] R. A. Wicaksono *et al.*, “Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling,” *Fadelandros & Sofyandi*, vol. 5, no. 2, pp. 53–64, 2021.
- [7] “Stereolithography_ Teknologi 3D Printing Pertama dan Tertua”, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: [https://fomustudio.com/stereolithography-teknologi-3d-printing-pertama-dan-tertua/#Apa%20Yang%20Dimaksud%20Teknik%20Stereolithography%20\(SLA\)%20Dalam%203D%20Printing?](https://fomustudio.com/stereolithography-teknologi-3d-printing-pertama-dan-tertua/#Apa%20Yang%20Dimaksud%20Teknik%20Stereolithography%20(SLA)%20Dalam%203D%20Printing?)
- [8] “Form 3+_ Industrial-Quality Desktop Resin 3D Printer _ Formlabs”, Accessed: Jun. 01, 2024. [Online]. Available: <https://formlabs.com/3d-printers/form-3/>
- [9] “All About Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing _ Xometry”, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/selective-laser-sintering-sls/>
- [10] “The Best SLS 3D Printers (For Manufacturing, Engineering, & More) - Nexa3D”, Accessed: Jun. 01, 2024. [Online]. Available: <https://nexa3d.com/blog/sls-3d-printers/>
- [11] “Pengertian 3D Printer FDM (Fused Deposition Modeling) - Idekubagus”, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.idekubagus.com/2018/02/pengertian-3d-printer-fdm-fused.html>
- [12] “The Complete Digital Light Processing (DLP) 3D Printing Guide - 3DSourced”, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: [file:///C:/Users/AGS%20COMPUTER/Downloads/The%20Complete%20Digital%20Light%20Processing%20\(DLP\)%203D%20Printing%20Guide%20-%203DSourced.html](file:///C:/Users/AGS%20COMPUTER/Downloads/The%20Complete%20Digital%20Light%20Processing%20(DLP)%203D%20Printing%20Guide%20-%203DSourced.html)

- [13] “SLA vs. DLP vs. MSLA vs. LCD _ Guide to Resin 3D Printers _ Formlabs”, Accessed: Jun. 01, 2024. [Online]. Available: <https://formlabs.com/blog/resin-3d-printer-comparison-sla-vs-dlp/>
- [14] “What is Digital Light Processing (DLP)_”, Accessed: Mar. 18, 2024. [Online]. Available: <https://markforged.com/resources/learn/3d-printing-basics/3d-printing-processes/what-is-digital-light-processing-dlp#:~:text=DLP%20%28Digital%20Light%20Processing%29%20is%20a%203D%20printing,source%20to%20cure%20the%20entire%20layer%20at%20once.>
- [15] Akbar Ilham, “ANALISIS PENGUJIAN IMPAK METODE CHARPY,” Feb. 2021.
- [16] “eSUN PLA+ Filamen Printer 3D PLA Plus Filamen PLA Pro”, Accessed: Jul. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.esun3d.com/id/pla-pro-product/>
- [17] “Metode Taguchi, Latar Belakang dan Tahap Tahapnya » maglearning.id”, Accessed: Mar. 26, 2024. [Online]. Available: <https://maglearning.id/2023/01/16/metode-taguchi-latar-belakang-dan-tahap-tahapnya/>
- [18] D. C. . Montgomery, *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons, Inc., 2017.
- [19] M. E. Ramadhan, M. Darsin, S. I. Akbar, and D. Yudistiro, “Akurasi dimensi produk filamen 3d printing berbahan polipropilen menggunakan mesin ekstrusi,” *Jurnal Teknosains*, vol. 11, no. 2, p. 162, May 2022, doi: 10.22146/teknosains.63878.
- [20] C. Berbasis and A. Skripsi, “RANCANG BANGUN 3D PRINTER FDM MODEL.”
- [21] “3D Printing Parts That Fit Together_ The Issue of Tolerances - Additive3D Asia”, Accessed: Aug. 07, 2024. [Online]. Available: [https://additive3dasia.com/news/3d-printing-parts-that-fit-together-the-issue-of-tolerances/#:~:text=According%20to%20Hubs%20on%20the,%3A%20%C2%B1%200.2%20mm\)%20%E2%80%93%20industrial](https://additive3dasia.com/news/3d-printing-parts-that-fit-together-the-issue-of-tolerances/#:~:text=According%20to%20Hubs%20on%20the,%3A%20%C2%B1%200.2%20mm)%20%E2%80%93%20industrial)

