

PENCARUM MERIK PELAJENI PLA TERKADAP BUKU
TARIK SPINNING (DI ARTI DUA TIPS)

YUSUF ALI

laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

Kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Teknologi Industri



Dewan (Tahap)

Asiul Hidayat Muhammad NIM 1601103

POLITEKNIK MANUFAKTUR TEKNOLOGI INDUSTRI

RAMBUKA 201401190

1400000000

**PENGARUH MEREK *FILAMENT* PLA TERHADAP KUAT
TARIK SPESIMEN UJI ASTM D638 *TYPE V***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Naufal Rafiq Muhammad NIM 1041923

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH MEREK *FILAMENT* PLA TERHADAP KUAT TARIK SPESIMEN UJI ASTM D638 *TYPE V*

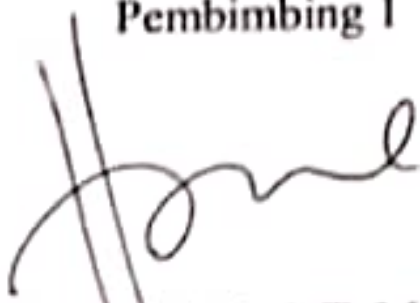
Oleh :

Naufal Rafiq Muhammad NIM : 1041923

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/ Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

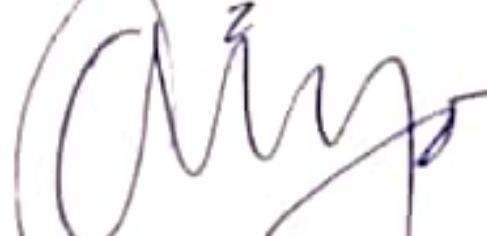
Menyetujui,

Pembimbing 1




Hasdiansah, S.S.T.,M.Eng.

Pembimbing 2



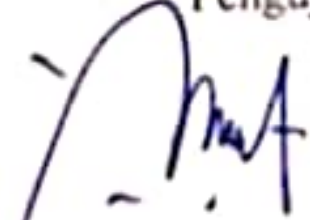
Sugianto, S.T., M.T.

Penguji 1



Zaldy Sirwansyah Suzen, S. S. T., M. T.

Penguji 2



Yudi Oktriadi, S. Tr., M. Eng.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Mahasiswa : Naufal Rafiq Muhammad NIM : 1041923

Dengan Judul : Pengaruh Merek *Filament* Pla Terhadap Kuat Tarik
Spesimen Uji Astm D638 *Type V*.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja keras saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi yang berlaku

Sungailiat, 7 januari 2023



Nama mahasiswa

Tanda Tangan

1. Naufal Rafiq Muhammad

ABSTRAK

3D printing merupakan Additive Manufacture yang dimana bersifat sebagai manufaktur tambahan. Banyaknya penggunaan 3D printing ini sehingga menghadirkan berbagai merek dengan pasarnya masing masing, salah satunya filament berjenis polylactic acid (PLA). Dari berbagai fungsi dari pengembangan filament polylactid acid terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, maka tentu harus memperhatikan nilai kekuatan terhadap suatu material agar dapat teroptimalisasi nilainya dengan baik. Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh berbagai merek filament type polylactic acid (PLA) terhadap uji kuat tarik. Metode taguchi dengan Desain eksperimen Orthogonal Array $L_{27}3^{13}$ dengan 5 faktor adalah metode yang dipergunakan pada penelitian ini. diperoleh parameter uji tarik dengan pengaruh tertinggi ada pada layer thickness 0.15, filament M, print speed 55 mm/s, lalu temperature nozzle sebesar 230°C dan yang terakhir Z orientation sebesar 40° . Hasil menunjukkan bahwa temperature nozzle, print speed, serta z orientation tidak mempunyai pengaruh yang signifikan. Namun layer thickness serta pemilihan filament mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan uji tarik.

Kata kunci: *3D printing, Merek, Uji Tarik, Taguchi.*

ABSTRACT

3D printing is an Additive Manufacture which is an additional manufacturing. The large number of uses for 3D printing has resulted in various brands with their respective markets, one of which is a filament of the type polylactic acid (PLA). Of the various functions of the development of polylactid acid filaments for various aspects of human life, it certainly must pay attention to the strength value of a material in order to optimize its appearance properly. This study aimed to determine the effect of various brands of polylactic acid (PLA) type filaments on the tensile strength test. The Taguchi method with the Orthogonal Array L₂₇ 3¹³ experimental design with 5 factors is the method used in this study. obtained by the tensile test parameters with the highest effect on the layer thickness of 0.15, M filament, print speed of 55 mm/s, then the nozzle temperature of 230°C, and finally the Z orientation of 40°. It was observed that nozzle tempe Nozzle temperature, print speed, and z orientation were observed to havethe layer thickness and the choice of filament significantly affect the tensile test strength.

Keywords: 3D printing, Brand, Tensile Test, Taguchi.

KATA PENGANTAR

Segala puji disertai kedalaman syukur penulis haturkan kehadiran Allah *Azza Wa Jalla* atas rahmat, nikmat, dan karunia-NYA penulis dapat menyelesaikan proyek akhir sebagai syarat kelulusan sarjana di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dengan judul **“PENGARUH MEREK *FILAMENT PLA* TERHADAP KUAT TARIK SPESIMEN UJI ASTM D638 *TYPE V*”**. Proyek akhir ini juga disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menghaturkan ribuan terima kasih kepada

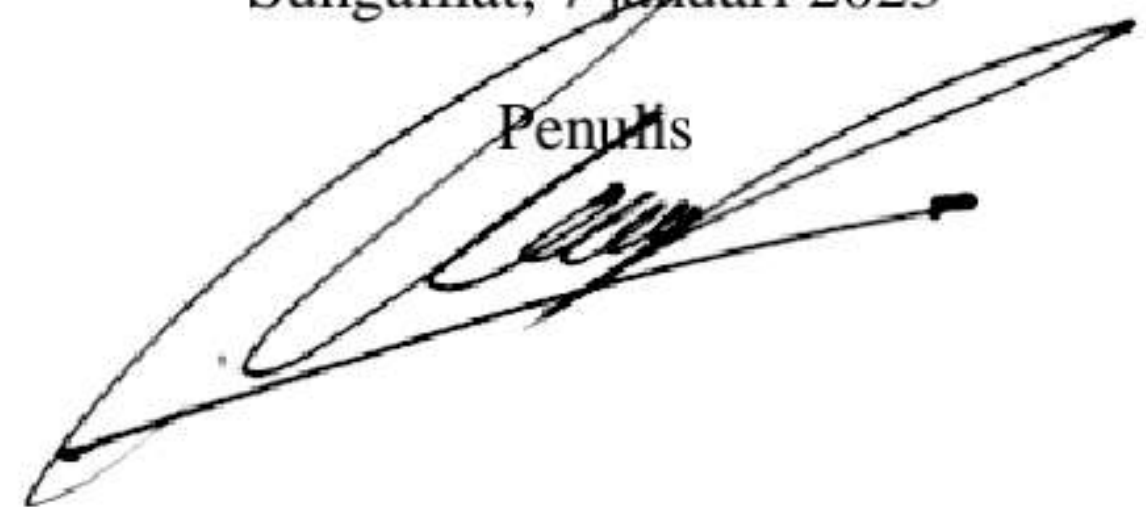
1. Ayahanda Gunawan S.T., Ibunda Suryaningsih S.E., adinda Faruq Asyraf Ubaidah dan Tsuraya Zahirah Mufida serta segenap keluarga besar gunawan *family* yang selalu memotivasi, memberikan do'a dan dukungan baik berupa moril maupun materil kepada penulis.
2. Hasdiansah S.S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa memberikan arahan, masukan, dan bantuan kepada penulis dari awal sampai akhir pembuatan proyek akhir.
3. Sugianto S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang selalu memberikan arahan terkait sistematika penulisan proyek akhir ini.
4. Yuliyanto S.S.T.,M.T. selaku kepala laboratorium las dan fabrikasi logam Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang selalu memberikan saran kepada penulis terkait proses pengujian tarik yang baik dan benar.
5. Pristiansyah S.S.T.,M.Eng. selaku kepala jurusan Teknik Mesin POLMAN BABEL dan seluruh dosen Teknik Mesin POLMAN BABEL.

6. KH. Misran Agusmar Lc.,M.A. yang telah memberikan nasihat spiritual kepada penulis selama proses proyek akhir berlangsung.
7. Adha pres, Bang Bone, Onyeng *the maestro one piece*, Arap *the yonkou*, Akew, Edwira, serta seluruh Kelas TMMA angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan kepada serta bantuan kepada penulis.
8. Teman teman seperbimbingan, seperjuangan yang telah Bersama sama bergerak, *Captain* Irfan D. Fadhil, Redy aja, dan Sahabat Fikri.
9. Teman teman Himpunan Mahasiswa Islam Bangka Belitung Raya dan Komisariat Mekatronika Polman Babel yang memberikan semangat kepada penulis.
10. Teman teman *Ath-tagheer generation* yang memberikan dukungan kepada penulis.
11. Dan seluruh pihak yang tak dapat dituliskan satu persatu yang telah banyak memberikan kontribusi yang luar biasa atas tersusunnya penulisan proyek akhir ini.

Penulis meminta maaf yang sebesar besarnya karena penulis menyadari masih banyak terjadi kesalahan dan kekeliruan didalam pembuatan proyek akhir ini. Oleh karena itu dibutuhkan masukan dan saran agar penulisan proyek akhir ini lebih baik lagi kedepannya.

Sungailiat, 7 januari 2023

Penulis



Naufal Rafiq Muhammad

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xivv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Mesin 3D <i>Print</i>	4
2.1.1. Pengertian 3D <i>printing</i>	4
2.1.2. Mekanisme 3d <i>printing</i>	4
2.1.3. Metode dalam Pembuatan Objek 3D <i>Print</i>	5
2.2. <i>Filament</i> PLA (<i>Polylactic Acid</i>)	12
2.3. Uji Tarik	14
2.3.1. Mekanisme Uji Tarik	14
2.3.2. Parameter Yang Diperhatikan Pada Uji Tarik	15
2.3.3. Tegangan Dan Regangan	15
2.3.4. Kekuatan Tarik	16

2.4.	Metode Taguchi	17
2.4.1.	Pengertian Metode Taguchi	17
2.4.2.	Tahap Perancangan.....	18
2.4.3.	Tahap Pelaksanaan	20
2.4.4.	Tahap Analisis.....	21
2.5.	Aplikasi <i>Slicer</i>	24
2.6.	Penelitian Sebelumnya	24
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.2.	Studi Literatur	29
3.3.	Persiapan Alat dan Bahan.....	29
3.3.1.	Peralatan Penelitian	29
3.3.2.	Pemilihan Bahan.....	32
3.4.	Perancangan Spesimen	33
3.4.1.	Parameter	33
3.4.2.	Menentukan Derajat Kebebasan Dengan Matriks Orthogonal	34
3.4.3.	Proses Perancangan Spesimen	36
3.5.	Pengambilan Data	37
3.5.1.	Pencetakan Spesimen.....	37
3.5.2.	Pengujian Spesimen.....	38
3.6.	Pengolahan Data	38
3.6.1.	Membuat rasio S/N.....	38
3.6.2.	Analisis Varian Taguchi	39
3.7.	Analisis Data.....	39
3.7.1.	Membuat Tabel Rasio S/N	39
3.7.2.	Uji F	40
3.7.3.	Persen kontribusi	40
3.8.	Kesimpulan.....	40
3.8.1.	Uji konfirmasi	40
3.8.2.	Kesimpulan	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Data Eksperimen Hasil Pengujian Tarik	41
4.2. Kalkulasi Nilai Rata Rata dan Variansi.....	42
4.3. Kalkulasi Rasio S/N Terhadap Respon	47
4.3.1. Proses Perhitungan Rasio S/N.....	47
4.3.2. Membuat Tabel Respon Grafik Rasio S/N	53
4.4. Analisis Varian Taguchi dan persen kontribusi	56
4.5. Uji F.....	57
4.6. Uji Konfirmasi	58
BAB V PENUTUP	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Spesifikasi <i>Filament</i> PLA.....	12
3.1. Spesifikasi <i>Filament</i> PLA.....	33
3.2. Faktor dan level pengujian.....	34
3.3. Parameter Konstan	34
3.4. Daftar Matriks Orthogonal	35
3.5. Matriks Orthogonal 5 Faktor 3 Level.....	35
3.6. Komparasi Antara Matriks Orthogonal Dengan Level Penelitian	36
4.1. Hasil Uji Tarik	43
4.2. Hasil Rata Rata Dan Variansi Uji Tarik	47
4.3. Hasil Perhitungan S/N Ratio <i>Large to Better</i>	53
4.4. Kalkulasi S/N <i>Layer Thickness</i>	54
4.5. Kalkulasi S/N <i>Temperature Nozzle</i>	54
4.6. Kalkulasi S/N <i>Print Speed</i>	55
4.7. Kalkulasi S/N <i>Filament</i>	55
4.8. Kalkulasi S/N <i>Z Orientation</i>	55
4.9. Penentuan Level Optimal Pada Setiap Faktor	55
4.10. Persen Kontribusi Dan <i>Sum Of Square</i>	59
4.11. Uji F	60
4.12. Uji Kombinasi Awal.....	60
4.13. Uji Konfirmasi Optimal.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Mesin 3D <i>Print</i>	4
2.2. Cara Kerja SLS	6
2.3. Cara Kerja SLA.....	7
2.4. Cara kerja FDM	8
2.5. <i>Infill Pattern Rectilinear/lines</i>	10
2.6. <i>Infill Pattern Honeycomb</i>	10
2.7. <i>Infill Pattern Triangle</i>	10
2.8. <i>Infill Pattern Tri Hexagon</i>	11
2.9. <i>Infill Pattern Cubic</i>	11
2.10. <i>Infill Pattern Octet</i>	11
2.11. <i>Infill Pattern Gyroid</i>	12
2.12. <i>Infill Pattern Concentric</i>	12
2.13. <i>Filament</i>	12
2.14. Cara Kerja Uji Tarik	14
2.15. Kurva Tegangan – Regangan.....	16
3.1. Laptop.....	30
3.2. Mesin 3D <i>Print</i>	31
3.3. Mesin Uji Tarik Zwick Roell Z020	32
3.4. A. <i>Filament M</i> , B. <i>Filament N</i> , C. <i>Filament O</i>	33
3.5. <i>Design ASTM D638 Type V</i>	37
3.6. <i>Slicing</i> Spesimen Penelitian.....	38
3.7. Pencetakan Spesimen Penelitian	39
3.8. Proses Pengujian Tarik	39
4.1. Histogram Hasil Pengujian Tarik.....	48
4.2. Grafik <i>Layer Thickness</i>	56

4.3.	Grafik <i>Temp. Nozzle</i>	56
4.4.	Grafik <i>Print Speed</i>	57
4.5.	Grafik <i>Filament</i>	57
4.6.	Grafik <i>Z orientation</i>	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2. Kondisi Spesimen Penelitian Pasca Pengujian Tarik

Lampiran 3. Benda Uji Konfirmasi

Lampiran 4. Validasi Perhitungan S/N

Lampiran 5. Perhitungan Uji Konfirmasi

Lampiran 6. *Residual Plot Analysis of Varian*

Lampiran 7. Spesifikasi masing masing *filament*

Lampiran 8. Proses Pembuatan Spesimen

Lampiran 9. Proses Pengujian Tarik dan Kalkulasi Data

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri manufaktur saat ini mengalami banyak kemajuan, salah satunya adalah *3D printing*. *3D printing* merupakan *Additive Manufacture* yang dimana bersifat sebagai manufaktur tambahan. Semenjak ditemukan dan dikembangkan pada tahun 1981, hadirnya *3D printing* bertransformasi menjadi salah satu elemen penting bagi teknologi manufaktur. Mulai dari pencetakan *spare part* bahkan pembuatan rumah pada zaman ini tak lepas dari peran *3D printing* (Wilkinson & Cope, 2015) .

Teknologi pencetakan 3D telah populer untuk teknologi *prototype* cepat, yang merupakan desain fleksibel dengan bantuan komputer perangkat lunak desain tanpa cetakan. Hingga saat ini, perkembangan teknologi *3D printing* diperlukan dan diaplikasikan lebih lanjut seperti bagian-bagian kecil atau organ buatan pada industri medis, pakaian mode baru di industri tekstil, otomotif, dan konstruksi (Prasong et al., 2020) .

Salah satu material yang digunakan pada *3D print* adalah *polylactic acid (PLA)*. *Filament* ini banyak digunakan karena bersifat mudah terurai dan menggunakan bahan bahan alami yang mudah didapat seperti pati jagung seiring dengan keprihatinan dunia terhadap banyaknya limbah plastik yang tahan dengan mikroba pengurai dan berpotensi menyebabkan keracunan (Madhavan Nampoothiri et al., 2010)

PLA juga telah dikomersialisasikan secara masif dengan penggunaannya pada botol minuman, wadah makanan serta pada pengemasan ringan lainnya selama satu dekade terakhir, terutama pada negara Prancis dan Jerman (Avérous, 2019). Selain itu PLA juga mempunyai banyak manfaat dalam bidang biomedik, diantaranya pemandu regenerasi tulang, *bioadreeable screws*, dan sebagai

regenerasi untuk memulihkan saraf tepi dan sumsum tulang belakang (Tyler et al., 2016). Selain itu juga dapat digunakan sebagai *tissue engineering*, penambal jaringan, dan *implant* (Li et al., 2020).

Dari berbagai fungsi dari pengembangan *filament polylactid acid* terhadap berbagai aspek kehidupan manusia, maka tentu harus memperhatikan nilai kekuatan terhadap suatu material agar dapat teroptimisasi nilainya dengan baik (Balla et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh (Lubis. G. S. et al., 2021), Adapun parameter *extruder temperature* memiliki pengaruh paling besar terhadap besarnya nilai uji tarik, sedangkan parameter *layer heigh* berlaku sebaliknya yaitu memiliki pengaruh paling kecil terhadap nilai uji tarik spesimen tersebut serta pengaplikasian dari *filament* PLA digunakan pada konstruksi, *prototype*, dan biomekanik.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Eko Putra, 2019) Dari hasil yang telah di dapatkan pada pengujian tarik dan tekan spesimen PLA dan ABS didapatkan hasil spesimen ABS lebih elastis dan nilai perbandingannya lebih tinggi dibanding spesimen PLA. Dimana hasil perbandingan nilai tertinggi tegangan uji tarik PLA adalah 80.17 MPa dan ABS 129.26 MPa, hasil perbandingan nilai tertinggi regangan uji tarik PLA adalah 26 MPa dan ABS 42 MPa.

Kemudian penelitian yang menggunakan *filament PLA food grade* menghasilkan akurasi dimensi dengan parameter terbaik *temperature nozzle* 190°, *temperature bed* 55°C dan *layer thickness* 0,2 mm (Hasdiansah et al., 2020). *Filament ABS* pada saat pengujian tarik didapatkan parameter optimum dengan nilai pengujian tarik sebesar 30,46 Mpa (Pranata et al., 2022). Parameter proses yang digunakan dalam penelitian yaitu *nozzle temperature*, *layer thickness*, *temperature based plate*, *print speed* dan *infill pattern*. Urutan parameter yang paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu *layer thickness* sebesar 40,74%, *print speed* 9,40%,

nozzle temperature sebesar 5,69%, *temperature based plate* sebesar 5,56% dan *infill pattern* sebesar 4,36% (Pristiansyah et al., 2022).

Berdasarkan penjelasan dari penelitian di atas, maka penulis memutuskan untuk membuat sebuah penelitian sebagai proyek akhir dengan judul Pengaruh Merek *Filament Pla Terhadap Kuat Tarik Spesimen Uji Astm D638 Type V*.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil antara lain :

1. Bagaimana pengaruh tiap merek *filament PLA* terhadap uji kuat tarik dengan menggunakan variabel yang tersedia?
2. Bagaimana menentukan parameter yang paling berpengaruh terhadap uji tarik dengan menggunakan *ASTM D638 Type V*?

1.3. Tujuan Masalah

Tujuan dari penelitian ini dijelaskan sebagaimana berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh berbagai merek *filament type polylactic acid* (PLA) terhadap uji kuat tarik.
2. Untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh terhadap uji tarik tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah antara lain :

1. *Filament* yang digunakan adalah *filament polylactic acid* dengan merek M, N, dan O virgin dengan diameter 1.75 mm, akurasi dimensi +/- 0.02 mm dan berwarna putih.
2. Variabel yang telah dipersiapkan untuk penelitian ini antara lain *nozzle (mm)*, *ketebalan layer (mm)*, *temperature nozzle (°C)*, *kecepatan print (mm/s)*, *Z orientation* dan merek *filament*.
3. Spesimen diuji dengan menggunakan bentuk standar *ASTM D638 Type V*.
4. Untuk menguji kekuatan tarik, maka pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik *Zwick/Roell Z020*.
5. Proses *slicing* dengan menggunakan *software Ideamaker 4.3.0*.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. 3D Printing

2.1.1. Pengertian



Gambar 2.1. Mesin 3D *Print*

Sumber : Dokumentasi Penulis

Menurut (Eko Putra, 2019), 3D *Printing* adalah proses untuk membuat objek 3D secara utuh dengan menggunakan model yang telah dirancang pada aplikasi *software* sebelumnya. 3D print dilakukan dengan proses *additive*, yaitu objek ataupun benda dibuat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari filament ataupun bahan baku. Disebut juga sebagai *additive manufacture*, yaitu manufaktur tambahan (Sugandi et al., 2021). Sedangkan mesin 3D *print* didefinisikan sebagai mesin yang mampu membuat dan menginterpretasikan konsep 3D dari aplikasi pembuat *design* ataupun *software* dengan menggunakan bahan yang diinginkan.

2.1.2. Mekanisme 3D Printing

1. Perancangan

Proses perancangan diawali oleh membuat simulasi virtual bagaimana objek yang akan dibuat, diproses dengan baik (A.yusran, 2016). *Software* yang

digunakan dapat bermacam macam, baik menggunakan catia, solidwork, inventor, ataupun autodesk fusion. Kemudian dilakukan proses pengubahan format ke stl ataupun *tessellation standard* yang merupakan pengembangan sistem 3D (Ardiyanto, 2021).

2. Percetakan

Proses ini adalah pembentukan objek yang diinginkan, dengan pembentukan lapisan demi lapisan. Estimasi waktu yang dibutuhkan hingga objek terbentuk dengan sempurna dipengaruhi oleh dimensi model dan parameter lainnya (Subakti, 2021).

3. *Finishing*

Pada proses ini, dapat dilakukan penyelesaian terhadap bagian ataupun *part* yang dirasa kompleks. *Finishing* juga dilakukan terhadap *part* yang mempunyai perbedaan material, ataupun perbedaan perlakuan (Subakti, 2021).

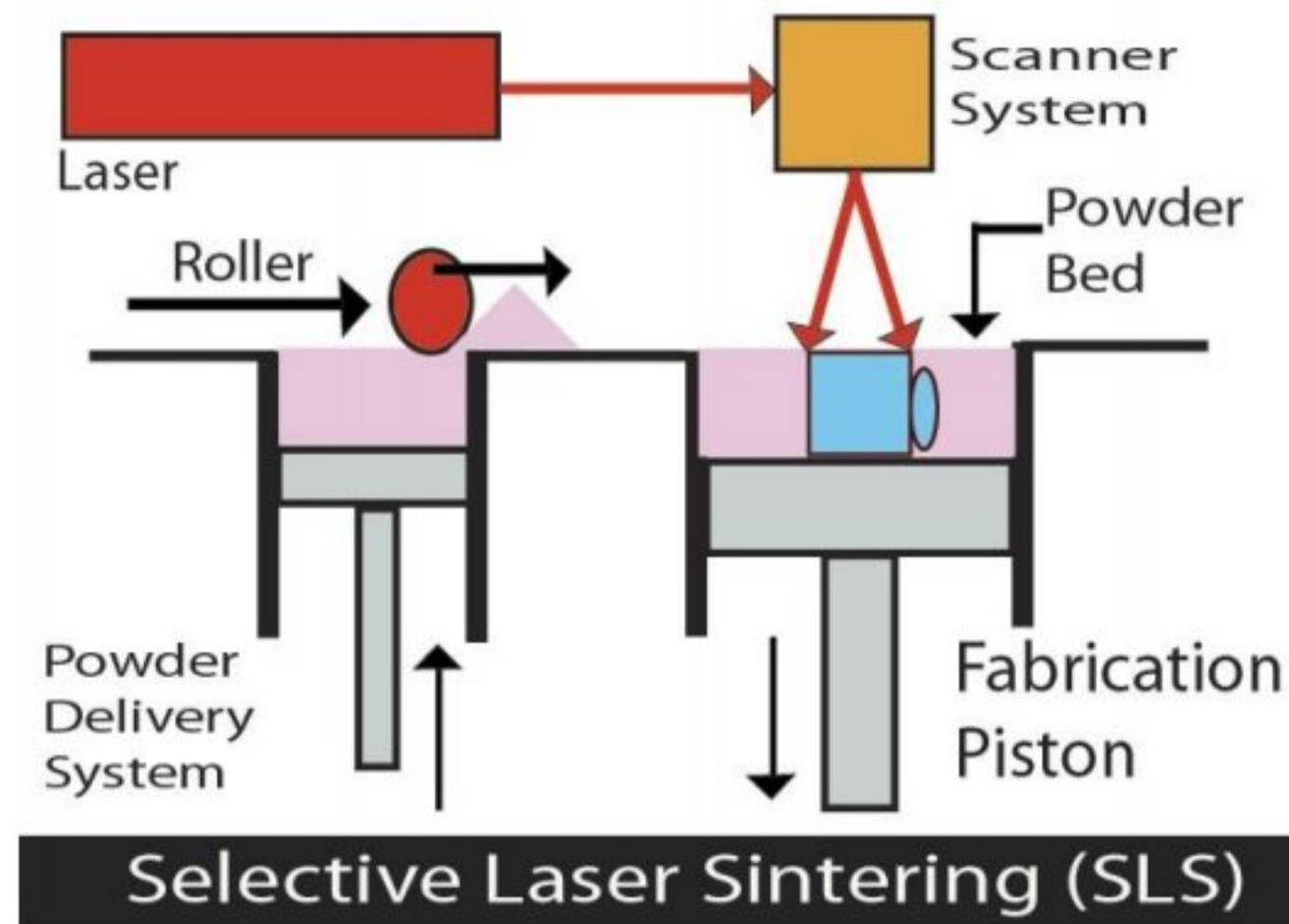
2.1.3. Metode dalam Pembuatan Objek 3D Print

Metode yang digunakan untuk membuat objek ada banyak sekali, seiring perkembangan zaman, namun pada dasarnya menggunakan konsep dasar dimana filamen ataupun bahan *additive* dipanaskan, baik itu melalui *nozzle* ataupun melalui sinar laser. Adapun metode yang dikenal dan umum untuk digunakan antara lain:

1. SLS / *Selective Laser Sintering*

SLS sendiri dikembangkan dan dipatenkan oleh Dr. Carl Deckard dan Dr. Joe Beaman di *University of Texas* pada tahun 1980an. Cara kerja dari SLS ini sendiri dengan menyinterkan bubuk termo plastik dengan menggunakan laser panas sehingga terbentuk bagian ataupun *part* yang diinginkan (Rusianto & Huda, 2019).

Cara kerja bisa dilihat pada gambar 2.2.



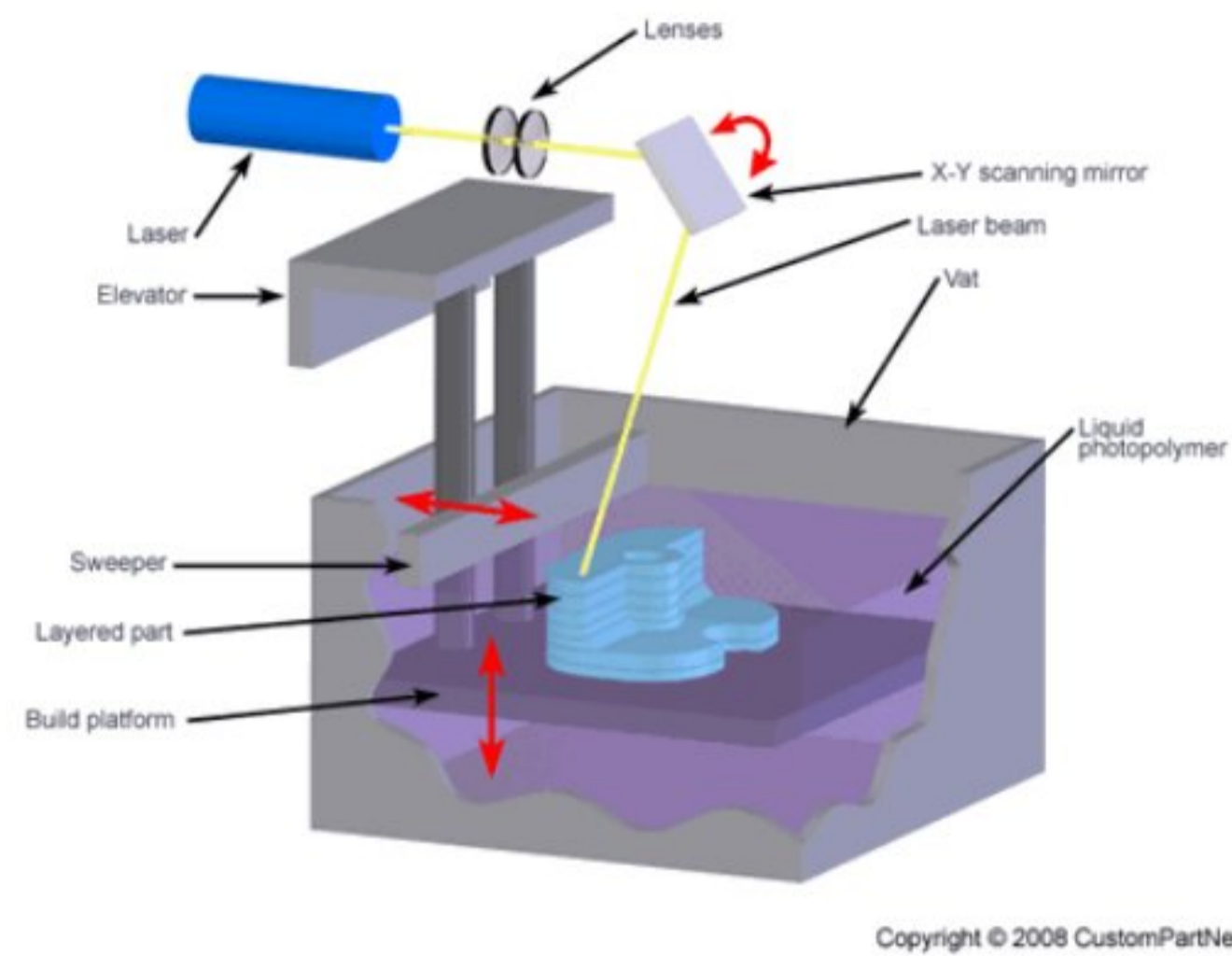
Gambar 2.2. Cara Kerja SLS

Sumber : <https://idseducation.com/teknik-yang-digunakan-3d-printing/>

2. SLA / Stereolithography

SLA sendiri ditemukan pada tahun 1970 oleh Dr. Hideo Kodama dari Jepang, lalu dipatenkan oleh Charles W. Hull pada tahun 1986. Cara kerja dari metode ini cukup menarik, dimana menggunakan cairan resin yang ditempatkan pada wadah polymer dan sinar ultra berfungsi untuk memadatkan cairan tersebut sesuai *part* ataupun obyek yang diinginkan. Posisi *bed* diletakkan menghadap kebawah, dan hasil dari objek juga terbalik menghadap kebawah. Metode SLA ini dianggap juga lebih cepat dan efektif dibandingkan metode metode lainnya, Dikarenakan metode ini hanya menggunakan sumbu z sebagai arah percetakan (Rusianto & Huda, 2019).

Untuk lebih jelasnya, cara kerja bisa dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Cara Kerja SLA

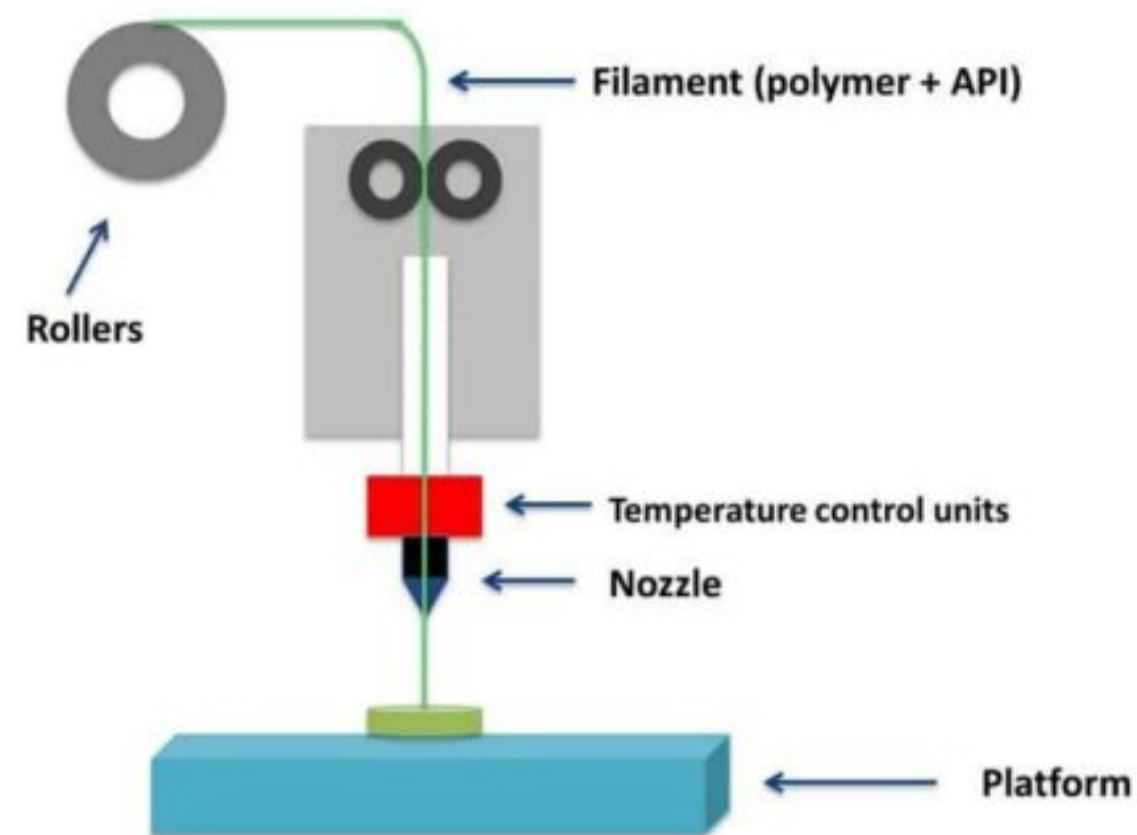
Sumber : <https://www.cadimensions.com/>

3. FDM / *Fused Deposition Modelling*

a. Pengertian FDM

Dikembangkan oleh Scott Crump pada akhir 1980an, dan kini metode ini menjadi metode yang paling ramai digunakan, terutama pada bidang *hobby* dan komersial yang bersifat rendah. Cara kerjanya adalah manik termoplastik diputar dan diarahkan menuju nozzle, lalu nozzle akan menjadi panas pada suhu tertentu dan mencairkan filamen termoplastik sehingga mulai mencetak lapis demi lapis pada *bed* sesuai dengan koordinat yang ditentukan (Toto,2019).

Cara kerja bisa dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Cara Kerja FDM

Sumber : Interconnection of materials science, 3d printing and mathematic in interdisciplinary education (Budinski et al., 2019)

b. Mekanisme FDM

Menurut (Bari, 2021) proses pembuatan objek dimulai dengan gulungan *filament* yang diletakkan pada mesin 3d print lalu, ketika mesin mulai beroperasi dengan dihidupkannya saklar pada mesin, maka mesin akan memanaskan *nozzle* sebagai tempat keluarnya *filament*. Ketika telah mencapai suhu yang sesuai dengan yang telah *disetting*, maka *filament* akan didorong menuju *nozzle* dengan menggunakan *drive wheel*. Disana filament akan mengalami pemanasan hingga mencapai titik leleh pada suhu tertentu, dan *nozzle* bertugas sebagai pengarah dari filament yang telah mengalami pelelehan untuk membentuk objek sesuai dengan hasil rancangan sebelumnya. Ketika lapisan pertama telah terbentuk sempurna, maka *nozzle* akan kembali mengulang untuk mencetak lapisan selanjutnya hingga terbentuk sebuah objek yang diinginkan, dengan menggunakan sistem *layer by layer* (lapisan demi lapisan).

c. Parameter FDM

Parameter menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) adalah suatu kondisi yang menjadi tolak ukur, baik berupa nilai, ataupun sebuah gejala untuk membuktikan suatu kebenaran, ataupun menjelaskan sebuah kebenaran yang sebelumnya kebenarannya diragukan.

Ada banyak sekali parameter yang menjadi acuan untuk membuat sebuah objek dari 3d *print* tersebut. Menurut (Bari, 2021). parameter yang terdapat pada mesin FDM adalah:

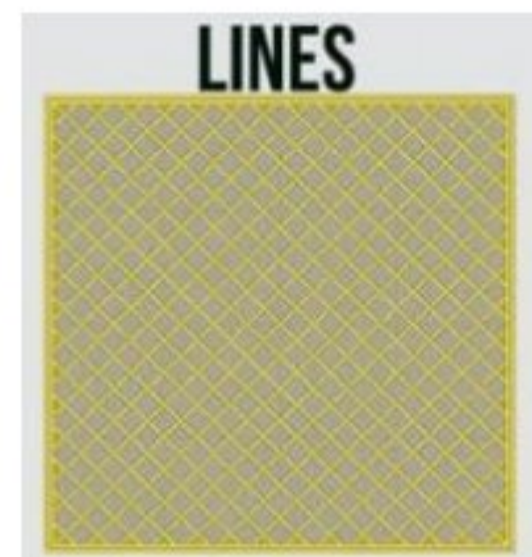
- *Nozzle temperature* adalah suhu dari *nozzle* agar filament mencapai titik lelehnya dan siap untuk mencetak objek.
- *Print speed* adalah laju gerak print pada saat mencetak objek. Biasanya menggunakan satuan mm/s.
- *Layer thickness* adalah parameter yang menunjukkan ketebalan setiap lapisan objek.
- *Z orientation* adalah posisi kemiringan objek diatas *based plate*.
- *X orientation* adalah posisi horizontal objek diatas *based plate*.
- *Y orientation* adalah posisi vertikal objek diatas *based plate*.
- *Temperature based plate* adalah parameter yang menunjukkan suhu pada alas ataupun *bed* agar tidak mudah lekat.
- *Infill density* adalah tingkat kerapatan suatu objek.
- *Infill pattern* adalah bentuk ataupun pola pada saat mencetak suatu objek.
- *Perimeter* adalah parameter yang menunjukkan seberapa minimum dinding dari suatu objek akan dicetak.
- *Brim width* adalah parameter yang berfungsi untuk mengurangi *warping* pada suatu objek. *Brim width* menambah jumlah minimum dinding kelapisan awal sebagai dasar.
- *Fed rate* adalah yang berfungsi mengubah konfigurasi laju *print* secara menyeluruh.
- *Raft layers* lapisan tambahan dibawah objek yang berfungsi sebagai tonggak untuk menahan apabila ada *design* dari suatu objek yang bersifat melayang.

d. *Infill Pattern*

Infill pattern didefenisikan sebagai pola ataupun bentuk untuk mencetak suatu objek 3D *print* yang kuat (Wijayanto et al., 2022). Adapun *infill*

pattern yang biasanya terdapat pada *software slicing* adalah sebagai berikut

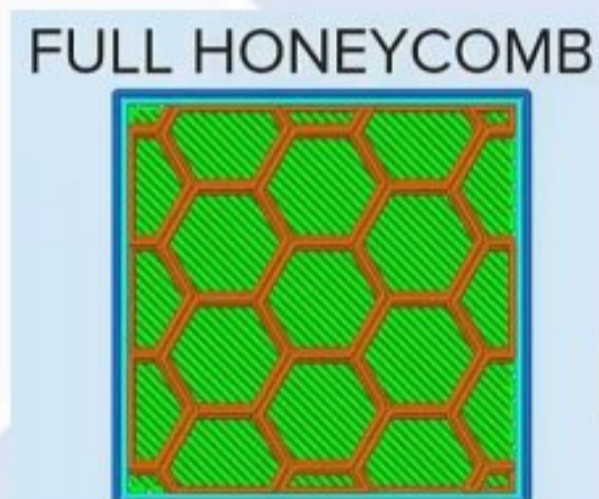
- *Rectilinear/line* adalah pola yang berbentuk persegi dan dicetak dalam satu arah



Gambar 2.5. *Infill Pattern Rectilinear/Lines*

Sumber : <https://robu.in/infill-in-3d-printing-explained/>

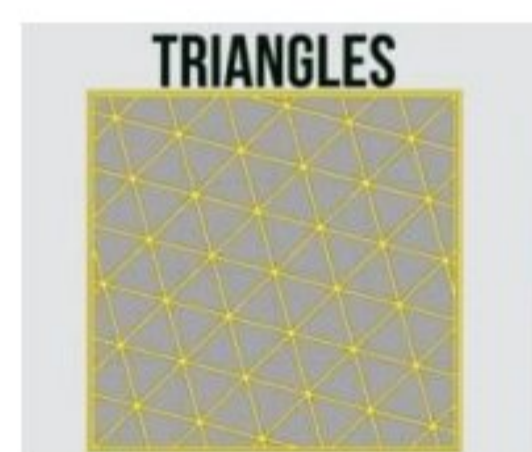
- *Honeycomb* adalah pola yang dibuat menyerupai sarang lebah



Gambar 2.6. *Infill Pattern Honeycomb*

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=BMWTK2ZgJCM>

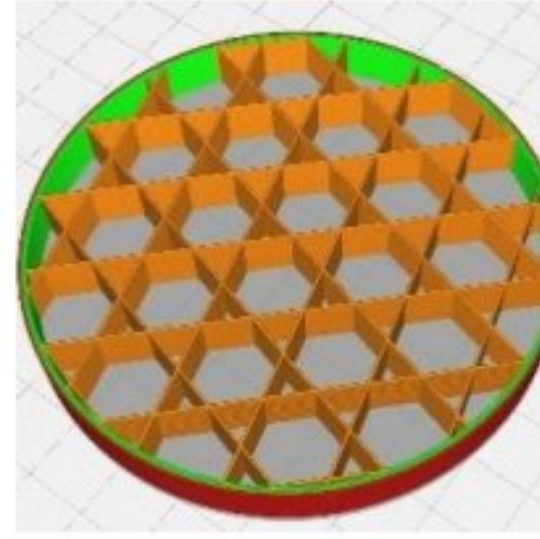
- *Triangles* adalah pola yang berbentuk segitiga



Gambar 2.7. *Infill Pattern Triangles*

Sumber : <https://robu.in/infill-in-3d-printing-explained/>

- *Tri hexagon* adalah pola yang berbentuk seperti segitiga, namun ditambah pola segitiga lainnya dengan arah berlawanan dan menciptakan pola hexagon



Gambar 2.8. *Infill Pattern Tri Hexagon*

Sumber : <https://the3dprinterbee.com/tri-hexagon-infill/>

- *Cubic* adalah pola yang menghasilkan kubu bertumpuk dan dibuat dengan kemiringan 45°.



Gambar 2.9. *Infill Pattern Cubic*

Sumber : <https://robu.in/infill-in-3d-printing-explained/>

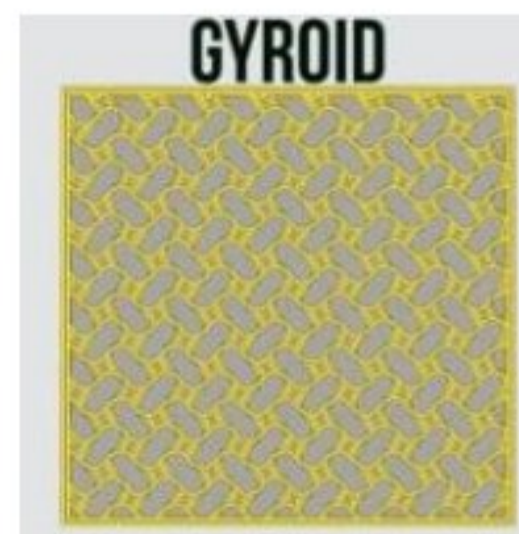
- *Octet* adalah pola yang menghasilkan segi 8 pada setiap polanya



Gambar 2.10. *Infill Pattern Octet*

Sumber : <https://robu.in/infill-in-3d-printing-explained/>

- *Gyroid* adalah pola yang memiliki kelengkungan cekung yang tidak beraturan dan akhirnya berpapasan.



Gambar 2.11. *Infill Pattern Gyroid*

Sumber : <https://robu.in/infill-in-3d-printing-explained/>

- *Concentric* adalah pola yang struktur internal yang terdiri dari garis-garis konsentris yang cocok dengan garis luar suatu bagian (yaitu perimeternya).



Gambar 2.12. *Infill Pattern Concentric*

Sumber : <https://robu.in/infill-in-3d-printing-explained/>

2.2. *Filament PLA (Polylactic Acid)*



Gambar 2.13. *Filament*

Sumber : Dokumentasi penulis

Asam laktat (poli) adalah poliester alifatik termoplastik adalah *biodegradable* (mampu terurai secara hayati) dan diproduksi menggunakan pati jagung (USA &

Canada) dan akar singkong serta tebu (eko putra, 2019). Filament PLA sendiri jauh lebih tahan dibandingkan bahan sejenis dan memiliki nilai yang hampir serupa dengan PETG (Ilyas et al., 2021). Dalam menghadapi masalah global, bahan *biodegradable* sangat diharapkan menjadi bahan primer untuk menunjang keberlangsungan masyarakat. Oleh karena itu terjadi pengembangan dan pengalokasian PLA (*Polylactid Acid*) pada berbagai industri (Prasong et al., 2020). *Filament PLA (Polylactid Acid)* adalah salah satu bahan biopolimer yang telah banyak dilakukan pengujian serta literatur terhadap bahan ini (Febrian et al., 2022).

Adapun Filament PLA ini tidak beracun, sehingga tidak diperlukan penanganan khusus. Dan mampu sebagai wadah makanan. Selain itu harganya yang murah juga mampu menekan biaya produksi (Subakti, 2021) pada proses pencetakannya pun tidak mengeluarkan bau yang menyengat sehingga aman dan ramah lingkungan. Namun filament PLA memiliki ketangguhan serta ketahanan panas yang rendah sehingga membatasi pengaplikasiannya kedalam berbagai sektor (Prasong et al., 2020). Sehingga untuk membuat nilai PLA semakin baik, maka perlu adanya unsur tambahan agar PLA dapat *suistenable* dan memperpanjang pemakaian (Nagarajan et al., 2016).

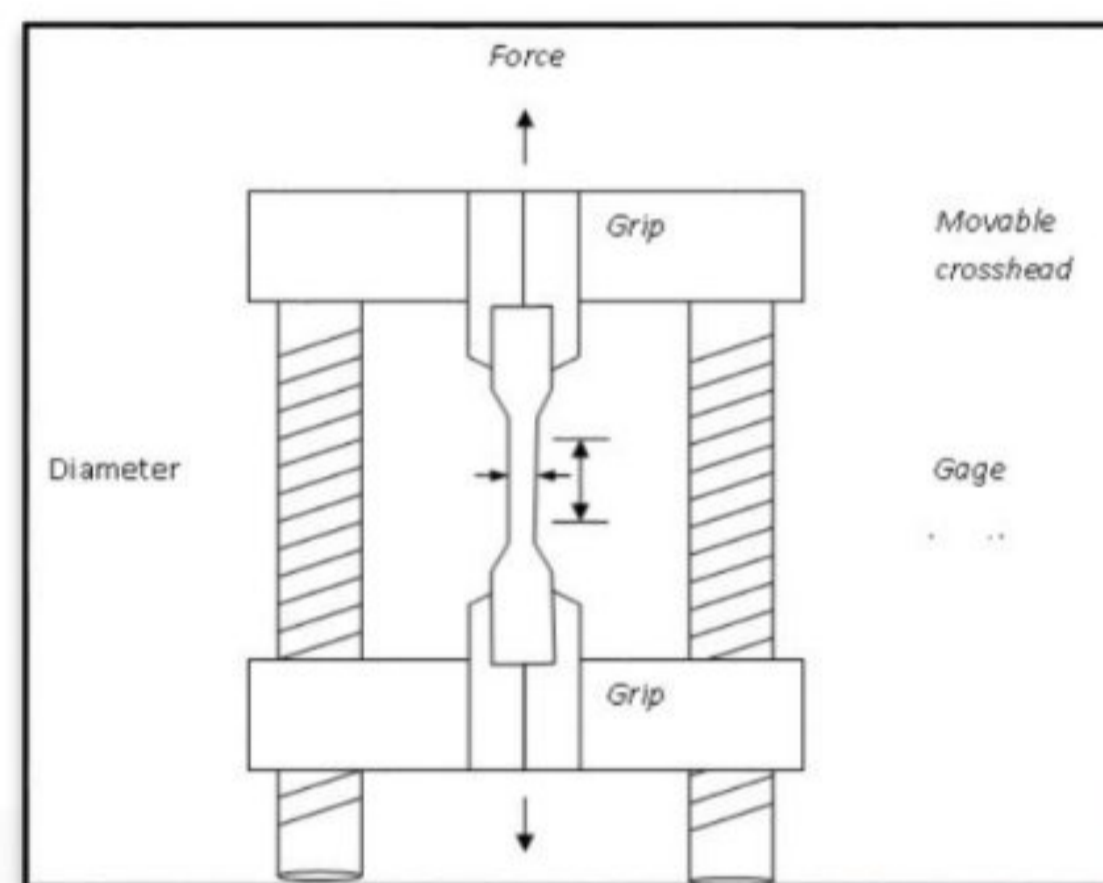
Menurut filament PLA dapat terdegradasi yang dipengaruhi banyak hal, salah satunya karena faktor lingkungan, baik debu, suhu, maupun kelembaban dalam waktu 6 sampai 24 bulan (Eko Putra, 2019).

Tabel 2.1. Spesifikasi Filament PLA

Material	<i>Polylactic acid</i>
Diameter	1.75 mm
Diameter tolerance	0.02 mm
Nozzle temperature	190-230°
Bed temperature	<i>No need</i>
Weight	1 kg
Print speed	50 – 100 mm/s

2.3. Uji Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya ataupun gerakan tarik ke arah berlawanan pada suatu objek untuk mengetahui dan menganalisis kekuatan dari objek yang diujikan tersebut (Salindeho et al., 2018). Untuk memeriksa nilai kekuatan tarik dari suatu objek, maka diperlukan suatu alat khusus yang mempunyai cengkraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan (*stiffness*) yang tinggi (Eko Putra, 2019).



Gambar 2.14. Cara Kerja Uji Tarik

Sumber : <https://www.alatuji.com/>

2.3.1. Mekanisme Uji Tarik

Menurut yulian subakti, pada uji tarik, objek diberi gaya tarik pada sumbu yang saling tegak lurus, lalu mulai menarik dengan beban yang sama antara masing masing sumbu, dengan kecepatan yang konstan, dan secara bersamaan dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami oleh objek yang diujikan (Wilkinson EG, Haack DC, 1958). Uji tarik akan berlangsung hingga putusya objek yang diuji tarik tersebut. Hal tersebut dikarenakan beban yang dikomparasikan dengan objek yang diuji akan terus berlanjut hingga menapaki titik *propotionally limit* (Eko Putra, 2019). lalu benda ataupun objek yang diujikan tersebut akan menyebabkan pertambahan panjang yang disertai pengecilan diameter benda uji yang disebabkan oleh memanjangnya ukuran objek akibat pengujian tarik tersebut (Prabowo, 2007). Dan suatu saat terjadi penambahan ukuran panjang dengan sendirinya, hal ini disebut bahwa objek yang diuji mengalami *yield* (luluh)(Eko Putra, 2019).

2.3.2. Parameter Yang Diperhatikan Pada Uji Tarik

Tentu ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan sebelum melakukan pengujian tarik agar menghasilkan nilai tarik yang valid dan bisa dijadikan acuan untuk literatur dan bahan studi ilmiah

1. Bentuk dan spesimen uji

Perlunya standar untuk spesimen pengujian tarik dilakukan untuk mendapatkan kesesuaian dan kesamaan parameter bentuk yang diperlukan. Dimensi dari spesimen ini amat penting, hal ini bertujuan untuk menghindari adanya retak (*crack*) ataupun patah pada daerah grip. ASTM (*American Society for Testing and Material*) adalah standarisasi yang umum digunakan untuk berbagai keperluan manufaktur ataupun pengujian kekuatan. Adanya standarisasi ASTM ini dimaksud agar patahan terjadi pada area *gage length*.

2. Grip and face selection

Grip and face sangatlah berperan didalam kevalidan uji tarik, dikarenakan pemilihan *grip* dan *face* yang tidak tepat dapat mengakibatkan slip bahkan terjadinya patahan didaerah *grip* (*jawbreak*), yang mengakibatkan ketidakvalidan suatu pengujian tarik dalam sebuah objek yang diujikan (Bari, 2021).

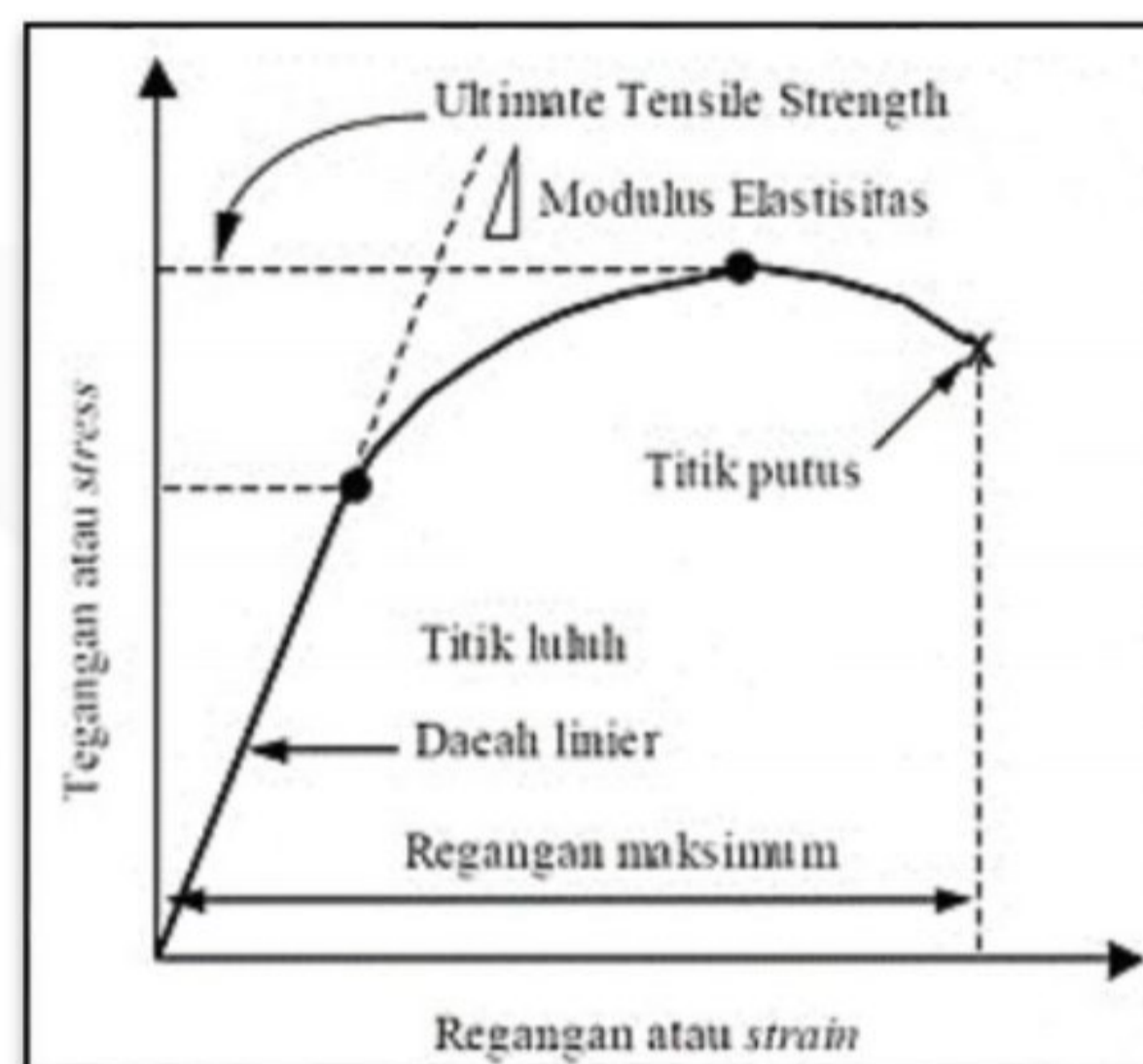
2.3.3. Tegangan Dan Regangan

Pada saat setelah melakukan uji tarik terhadap suatu objek, akan diperoleh kurva yang terdapat pada gambar diatas. Dimana dari kurva tersebut dapat diindikasikan beberapa hal yang harus dicermati sebagai nilai kekuatan tarik yang akan menjadi acuan sebuah literatur ilmiah.

1. Batas elastik sejati nilainya sangat kecil dan terkait dengan ratusan gerakan dislokasi. Batas elastik sejati didasari pada pengukuran regangan mikro.
2. *Proportionally limit* adalah batas tertinggi dari sebuah kurva uji tarik antara tegangan – regangan. Hal ini dapat dilihat dari pengamatan penyimpangan garis lurus pada kurva.

3. Batas elastik adalah tegangan tertinggi yang dapat ditahan oleh objek pengujian tanpa terjadi regangan sisa yang terukur meskipun beban pengujian tarik telah dihilangkan (Bari, 2021).
4. Bentuk dan besaran kurva tegangan -regangan juga memperhatikan faktor faktor utama seperti bahan, *heat treatment*, laju regangan, *temperature*.
5. Bentuk kurva tegangan-regangan pada area elastis berbanding lurus dengan regangan(Subakti et al., 2021). Pada tahap ini, area pada objek pengujian yang dapat kembali pada ukuran semula meskipun telah diberikan pembebanan disebut elastis. Akan tetapi area pada pengujian objek yang tidak dapat kembali meskipun diberikan pembebanan disebut plastis.

Untuk diagram tegangan – regangan dijelaskan pada gambar 2.8.



Gambar 2.15. Kurva Tegangan – Regangan

Sumber : <https://junaidawally.blogspot.com/2013/05/karakteristik-dari-sifat-mekanik-beton.html>

2.3.4. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*Ultimate tensile strength*) adalah nilai yang paling sering ditampilkan sebagai hasil daripada proses pengujian tarik (Salindeho et al., 2018). Akan tetapi pada kenyataannya data dari pengujian tarik bersifat kurang mendasar, akan tetapi karena metode ini jauh lebih praktis digunakan, maka metode ini lebih dikenal. Untuk mendapatkan hasil yang optimal

untuk mengetahui kekuatan suatu bahan, seringkali dikolerasikan dengan sifat mekanik lainnya seperti kekerasan dan kekuatan lelah (Bari, 2021). Pada kekuatan tarik ini beban yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan amat berpengaruh. Disamping itu besar kecilnya luas penampang juga mempengaruhi kekuatan tarik. Semakin besar luas penampang, maka semakin kecil hasil kekuatan tarik yang didapat, begitupun sebaliknya. Sehingga diperoleh persamaan

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_0} \text{ (MPa) } \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : σ_u : Kuat tarik (MPa)
 P_{maks} : Beban maksimum
 A_0 : Luas Penampang awal

2.4. Metode Taguchi

2.4.1. Pengertian Metode Taguchi

Metode taguchi didefenisikan sebagai sebuah metodologi baru di bidang teknik yang mempunyai tujuan untuk memperbaiki dan menaik tarafkan kualitas produk dan proses dalam waktu dan juga membuat efisiensi biaya dan sumber daya seminimal mungkin(Montgomery, 2017).

Metode taguchi menghasilkan hasil spesimen dari proses pengujian ini bersifat kokoh (*robust*) terhadap segala gangguan (*noise*), oleh karena itu metode taguchi juga disebut sebagai *robust design* (Soejanto,2009).

Metode taguchi mempunyai tiga konsep yang akan dijabarkan sebagai berikut

1. Kualitas harus dirancang kedalam objek yang akan diuji dan bukan hanya sekedar memeriksanya;
2. Kualitas yang paling baik tercapai dengan cara meminimalisir deviasi dari target;
3. Kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode taguchi juga mempunyai beberapa keunggulan sebagai berikut

1. Desain eksperimen taguchi jauh lebih efisien dikarenakan memungkinkan untuk mengeksekusi penelitian dengan faktor dan jumlah yang lebih besar;

2. Metode taguchi memungkinkan suatu proses yang menghasilkan produk hasil uji yang kokoh dan konsisten, serta terhindar dari berbagai gangguan ataupun faktor yang tak dapat dikontrol;
3. Metode taguchi menghasilkan kesimpulan serta analisis mengenai respon berbagai faktor dan level dengan menggunakan respon yang optimum.

2.4.2. Tahap Perancangan

1. Perumusan masalah

Tahap pertama yang harus dilakukan sebelum menggunakan metode taguchi ialah mencari serta mendefinisikan masalah yang akan dilakukan penyelidikan menyeluruh terhadap sebuah eksperimen. Untuk merumuskan sebuah masalah, haruslah spesifik dan jelas secara teknis, baik untuk penentuan faktor, maupun jumlah respon apabila lebih dari satu maka haruslah tertera secara gamblang.

2. Tujuan eksperimen

Tujuan yang mendasari sebuah eksperimen haruslah menjawab berbagai persoalan yang telah dituangkan pada perumusan masalah. Pencarian ini haruslah dilakukan secara sistematis dan terukur (Soejanto, 2009).

3. Penentuan variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang proses perubahannya tak dapat dilakukan sendiri ataupun bergantung pada variabel yang lain. Dalam metode eksperimen taguchi variabel terikat terdiri atas tiga karakteristik:

a. Karakteristik yang dapat diukur

Semua hasil yang dapat dihitung menggunakan skala kontinyu.

Contoh : temperatur, berat, dan lain lain.

b. Karakteristik atribut

Hasil akhir yang tidak dapat diukur dan dihitung dengan skala kontinyu, namun mampu dimasukkan kedalam pengklasifikasian secara kelompok.

Contoh : buruk, retak, patah, dan lain lain.

c. Karakteristik dinamik

Merupakan fungsi yang menggambarkan dari proses yang diamati.

4. Identifikasi variabel bebas

Faktor ataupun variabel bebas didefinisikan sebagai variabel yang perubahannya tidak tergantung dengan variabel variabel yang lain (Soejanto, 2009). Banyak metode yang biasanya dipakai dalam mencari faktor ataupun variabel bebas ini antara lain

a. *Brainstorming*

Brainstorming adalah metode yang dipakai suatu kelompok dengan cara mengumpulkan ide ataupun gagasan dari masing masing individu untuk memecahkan suatu masalah.

b. *Flowchart*

Flowchart ataupun diagram alir adalah diagram yang memperlihatkan langkah kerja ataupun proses terhadap suatu pelaksanaan kerja. Dengan melakukan pengamatan pada *flowchart*, maka diharapkan akan mampu melakukan proses identifikasi serta analisis terhadap faktor maupun variabel bebas yang mungkin berpengaruh.

c. Diagram Sebab akibat

Diagram sebab akibat ataupun juga disebut diagram tulang ikan yang diawali dengan menyatakan variabel bebas sebagai output utama lalu dilanjutkan dengan penjabaran masalah ataupun penyebab utama. Dan penyebab utama dapat dilakukan proses pemekaran lagi dengan memasukkan penyebab sekunder (Soejanto, 2009).

5. Faktor kontrol dan faktor gangguan

Faktor yang mempengaruhi nilai suatu spesimen uji diidentifikasi menjadi 2 bagian yaitu faktor kontrol dan faktor gangguan. Faktor kontrol ialah faktor yang dapat dikendalikan dan dilakukan proses *controlling*, sedangkan faktor gangguan ialah faktor yang tak dapat dikendalikan, meskipun dapat dikendalikan, namun tidak akan efisien dari segi, tenaga, maupun harga.

6. Menentukan jumlah dan angka dari level

Level menjadi bagian yang tak terpisahkan didalam metode taguchi. Adanya level juga menentukan ketelitian dari sebuah penelitian. Level yang semakin banyak akan membuat membuat banyak pengamatan sehingga penelitian

semakin teliti, namun disamping itu akan meningkatkan harga dari eksperimen tersebut. Sehingga untuk menentukan level haruslah melakukan riset terlebih dahulu sehingga mendapatkan hasil pengamatan yang optimum, namun juga dengan harga yang terjangkau.

7. Perhitungan derajat kebebasan

Degree of freedom (DoF) atau yang biasa disebut derajat kebebasan berfungsi sebagai penentu berapa jumlah eksperimen yang akan dibuat seminimal mungkin. Sehingga untuk menentukan derajat kebebasan didapatlah rumus seperti berikut.

$$V_{fl} = \text{jumlah faktor} \times (\text{Jumlah level} - 1) \dots\dots\dots(2.2)$$

8. Menentukan matriks orthogonal

Matriks orthogonal didefinisikan sebagai perlakuan teknis sebagai akibat dari jumlah faktor dan level penelitian yang menggunakan metode taguchi. Untuk menentukan matriks orthogonal sangat berkaitan dengan nilai *DoF* yang telah dihitung. Hasil yang didapat pada saat proses kalkulasi terhadap *DoF* akan dikomparasikan dengan bentuk umum matriks orthogonal yaitu

$$L_a(b^c) \dots\dots\dots(2.3)$$

- L = rancangan bujursangkar latin
- a = jumlah total eksperimen
- b = jumlah level
- c = jumlah faktor

Sehingga untuk menentukan matriks orthogonal yang sesuai, maka nilai *DoF* penelitian haruslah sama ataupun lebih besar daripada *DoF* matriks orthogonal yang tersedia.

2.4.3. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan ini dilakukan proses pembuatan spesimen yang akan diuji nantinya. Proses pelaksanaan ini juga mempunyai tahapan tahapan antara lain

1. Replikasi

Replikasi atau yang disebut proses pengulangan pada satu spesimen, biasanya replikasi dilakukan sebanyak 2 sampai 3 kali. Replikasi sendiri mempunyai tujuan yaitu

- a. Meningkatkan ketelitian dalam data hasil spesimen uji ;
- b. Mengurangi tingkat kesalahan ataupun error pada eksperimen ;
- c. Menambah keakuratan nilai hasil uji spesimen;
- d. Mendapat takaran kesalahan pada spesimen uji sehingga memungkinkan untuk diadakannya uji signifikansi.

2. Randomisasi

Randomisasi atau pengacakan adalah proses menyebarkan pengaruh dari faktor gangguan ataupun faktor yang tidak diinginkan selama proses pembuatan ataupun pencetakan spesimen uji berlangsung. Faktor gangguan seperti kelelahan operator, daya mesin yang bersifat fluktuatif, dll dapat mengganggu optimalisasi kerja pencetakan spesimen uji dan mempengaruhi data yang didapat. Pengaruh tersebut dapat diperkecil dengan cara menyebarkan pengaruh tersebut dengan cara randomisasi (pengacakan) pada proses pencetakan (Soejanto, 2009). Adapun tujuan dari proses randomisasi ini ialah

- a. Memberikan pengaruh yang sama dari faktor gangguan pada semua spesimen uji;
- b. Memberikan kesempatan pada semua spesimen uji untuk menerima perlakuan;
- c. Mendapatkan data uji yang bersifat bebas antara satu sama lain;
- d. Untuk menghilangkan sifat bias.

2.4.4. Tahap Analisis

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data, proses kalkulasi terhadap data, penyajian data, dan analisis data sehingga diharapkan akan menghasilkan hasil uji yang optimal. pada proses analisis data tak lupa juga tentunya dikomparasikan dengan hipotesis sementara serta penerapan rumus rumus *robust design* lainnya.

1. Analisis varian taguchi

Analisis varian didefinisikan sebagai teknik yang dipakai untuk melakukan pengolahan data dengan cara menguraikan seluruh variansi atas bagian yang diteliti didalam pelaksanaan eksperimen statistika.

Untuk melakukan proses analisis variansi taguchi, harus dipahami bahwa tujuan dari proses analisis variansi taguchi ini untuk membantu melakukan proses identifikasi kontribusi pada faktor sehingga perkiraan model yang optimal dapat diperoleh. Untuk mengetahui analisis tersebut dapat dilihat pada rumus dibawah ini

- a. Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum_{i=1}^N y^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan : y = data yang didapat dari eksperimen
N = Jumlah percobaan

- b. Jumlah kuadrat masing masing faktor

$$SS_{faktor} = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left(\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : T = kuadrat total
 A_i = level ke i faktor A
 n_{ai} = jumlah percobaan level ke I faktor A

- c. Jumlah kuadrat rata rata

$$SS_m = n. Y^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

- d. Jumlah kuadrat error

$$SS_{faktor} = SS_a + SS_b + SS_c \dots\dots\dots(2.7)$$

$$SS_{error} = SS_T - SS_M - SS_{faktor} \dots\dots\dots(2.8)$$

2. Rasio S/N

Rasio *signal to noise* adalah rasio yang berperan untuk mengetahui level tiap tiap faktor yang mempunyai pengaruh terbesar pada eksperimen tiap tiap spesimen (Montgomery, 2017). Adapun rasio S/N ini terbagi atas 3 kriteria

- a. Semakin kecil semakin baik

Adalah sebuah data yang menunjukkan bahwa semakin kecil nilai yang didapat, maka semakin bagus. Biasanya ini berkenaan dengan jumlah gangguan ataupun *crack* dalam sebuah percobaan

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

b. Tertuju pada sebuah nilai

Karakteristik nilai yang dituju adalah patokan kepada nilai tersebut ataupun mendekati dari nilai yang dipatok tersebut

$$S/N = -10 \log V_e \dots \dots \dots (2.10)$$

$$S/N = -10 \log \left(\frac{V_m - V_e}{n V_e} \right) \dots \dots \dots (2.11)$$

c. Semakin besar, semakin baik

Pada kriteria ini semakin besar nilai yang didapat, maka semakin baik pula hasilnya

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

3. Uji F

Uji F adalah uji yang dilakukan untuk membuktikan adanya pengaruh faktor didalam suatu proses pengujian. Uji F juga berkaitan erat dengan hipotesis atau dugaan sementara. Hipotesis yang berkaitan dengan penelitian ialah

$H_0 =$ tidak mempunyai pengaruh perlakuan

$H_1 =$ terlihat adanya pengaruh perlakuan

Sehingga untuk mencari nilai f, maka dibutuhkan nilai variansi, baik karena perlakuan, maupun karena error sehingga

$$f_{sumber} = \frac{\text{variansi karena perlakuan} + \text{variansi karena error}}{\text{variansi karena error}} \dots \dots \dots (2.13)$$

4. Persen kontribusi

Persen kontribusi ialah jumlah yang memperlihatkan seberapa jauh pengaruh masing masing faktor ataupun interaksi yang dipaparkan melalui jumlah per seratus (%).

$$\rho = \frac{SS'_A}{SS'_T} \times 100\% \dots \dots \dots (2.14)$$

5. Uji konfirmasi

Uji konfirmasi adalah uji yang dilakukan untuk menentukan kebenaran terhadap kesimpulan yang telah dibuat. Adapun tujuan dari uji konfirmasi ini ialah

a. Melakukan verifikasi terhadap dugaan yang dibuat pada saat penentuan faktor terhadap suatu objek penelitian

- b. Melakukan proses *design* faktor yang optimum dari hasil analisis perhitungan

Uji konfirmasi sendiri dinilai berhasil apabila data yang didapat dari eksperimen konfirmasi terdapat perbaikan dari hasil perhitungan dan analisis, ataupun dekat dengan nilai yang dituju atau diprediksikan.

2.5. Aplikasi Slicer

Aplikasi *slicer* didefinisikan sebagai aplikasi yang mengolah bentuk objek 3d menjadi *Gcode* yang akan dioperasikan oleh mesin 3D *print*. Aplikasi *slicer* sangat diperlukan dalam penelitian 3D *printer* dikarenakan pengaruh dari berbagai faktor dan level sangat ditentukan oleh aplikasi *slicer*.

Mekanisme yang dilakukan oleh aplikasi *slicer* diawali dari transfer data bentuk objek 3D *print* yang telah dilakukan proses *design* dengan berbentuk **stl* (*stereolithography*) (B. Setiawan et al., 2021). Lalu aplikasi *slicer* akan melakukan proses *setting* terhadap objek, baik itu *layer thickness*, *density infill*, *temperature bed plate*, dan sebagainya sesuai dengan parameter yang diinginkan. Hingga apabila telah selesai melakukan proses *setting* terhadap obyek yang diinginkan, *file* akan keluar dengan format *Gcode file* yang kemudian akan dicetak dengan menggunakan mesin 3D *print*.

2.6. Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Hasdiansah & Suzen, 2021) dengan menggunakan *filament* PLA+ hasil yang diperoleh dominan pada geometri *Infill* type *concentric* yaitu terdapat pada nilai 32,40 MPa dengan *parameter nozzle temperature* 205 °C, *layer thickness* 0,2 mm, *bed temperature* 60°C, *travel speed* 100 mm/s, *printing speed* 50 mm/s dan *infill precentage* 100%, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat geometri *infill* type *cross* nilai 19,70 MPa dengan *parameter nozzle temperature* 225 °C, *layer Thickness* 0,2 mm, *bed temperature* 60°C, *travel speed* 100 mm/s, *printing speed* 50 mm/s dan *infill precentage* 100%.

Selanjutnya pada penelitian pengujian Tarik dengan menggunakan *filament* PLA+ esun dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik spesimen uji material esun PLA+ dipengaruhi oleh *temperature nozzle* dan *type infill* (Suzen et al., 2020).

Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh (A. Setiawan, 2017) nilai rerata yang tertinggi didapat pada rerata spesimen B dengan nilai sebesar 27,96 MPa. Spesimen C mempunyai nilai rerata kekuatan tarik (σ) sebesar 27,81 MPa. Spesimen A nilai rerata kekuatannya dengan nilai sebesar 27,81 MPa sehingga dapat diketahui kecepatan *print speed* mempengaruhi kekuatan tarik spesimen. Nilai rerata *yield strength* dari pengujian tarik. Hasil perbandingan dari nilai rerata yang didapat dari variasi spesimen maka nilai rerata *yield strength* (σ_{ys}) yang tertinggi didapat pada spesimen A dengan nilai sebesar 25,38 MPa, spesimen B mempunyai nilai rerata *yield strength* (σ_{ys}) sebesar 25,37 MPa. Spesimen C nilai rerata *yield strength* (σ_{ys}) sebesar 21,46 MPa.4). Nilai rerata persentase *Shrinkage*(%), Spesimen yang mengalami penyusutan paling besar adalah Spesimen B sedangkan spesimen A sebesar 0,6% kemudian spesimen C sebesar 0,3%.

Selanjutnya dengan menggunakan *filament polylactic acid* dengan merek R3D *maker* Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan tipe *infill pattern* dan perbedaan *nozzle temperature* yang digunakan akan memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik produk 3D *printing* dengan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 90° menggunakan *filament polylactic acid* (PLA) dengan nilai kekuatan tarik tertinggi yang terdapat pada penelitian ini sebesar 42,5 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe zig zag dan *nozzle temperature* sebesar 205°C. Sedangkan, nilai kekuatan tarik terendah sebesar 30 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *cross* (Ardiansyah et al., 2021).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (S. Lubis et al., 2016) dengan melakukan perbandingan antara *filament* PLA dengan ABS dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan maka dapat dibuat beberapa

kesimpulan. Pertama posisi orientasi objek dan tebal *layer* pada proses *printing* menentukan kualitas permukaan, efisiensi waktu proses dan kekuatan dari produk yang dihasilkan. Nilai kesalahan akurasi dimensi spesimen produk *printing* berbanding lurus terhadap besar *layer* yang digunakan. Kemudian, nilai kesalahan akurasi dimensi terkecil dengan nilai 0.42 mm terjadi pada orientasi objek horizontal dan tebal *layer* 0.1 mm pada *printing* material ABS. Sedangkan jumlah kesalahan akurasi terbesar dengan nilai 1.3 mm terjadi posisi orientasi objek vertikal dan tebal *layer* sebesar 0.4 mm pada *printing* material ABS.

Sedangkan pada penelitian yang menggunakan *filament* ABS dapat disimpulkan Spesimen dengan parameter orientasi arah aksial memiliki nilai kekuatan tarik, regangan tarik, dan juga modulus elastisitas dari objek hasil cetak 3D *printing* yang lebih besar daripada spesimen dengan orientasi arah lateral. Penambahan ketebalan *layer thickness* dalam pengujian ini tidak terlalu terlihat jelas perbedaan dari nilai kekuatan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas tiap variasinya, karena ada beberapa spesimen yang hasil pengujiannya kurang bagus dan nilainya lebih rendah daripada spesimen yang lain sehingga mempengaruhi nilai rata-rata tiap variasi. Dari seluruh variasi yang telah diuji, didapatkan spesimen A 0.25 memiliki nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi (Kholil et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh (Hanon et al., 2021) menyimpulkan bahwa *Orientation* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik dan nilai regangan dari benda yang dicetak. Di antara bahan yang diuji, kekuatan tarik tertinggi diukur pada HT-PLA, sedangkan PLA menunjukkan regangan paling besar. Kedua kasus pada arah raster $45^{\circ}/-45^{\circ}$, orientasi X dan *infill density* 100 %.

Kemudian penelitian pengujian tarik dengan menggunakan 3D *print* model rebrap 3D, didapatkan bahwa *density*, *temperature nozzle*, *movement speed* dan *stability of machine* berpengaruh signifikan, hal ini dapat mempengaruhi kualitas pencetakan spesimen dan menyebabkan penyimpangan terhadap hasil pengujian.

Kedua, dari hasil pengujian eksperimen menunjukkan bahwa spesimen yang dihasilkan dengan *infill pattern* yang berbeda memberikan hasil kekuatan yang berbeda, sehingga dapat disimpulkan bahwa sifat kekuatan mekanik tergantung pada pola isian yang diberikan yang dicetak oleh *printer* RepRap 3D (Khan et al., 2018).

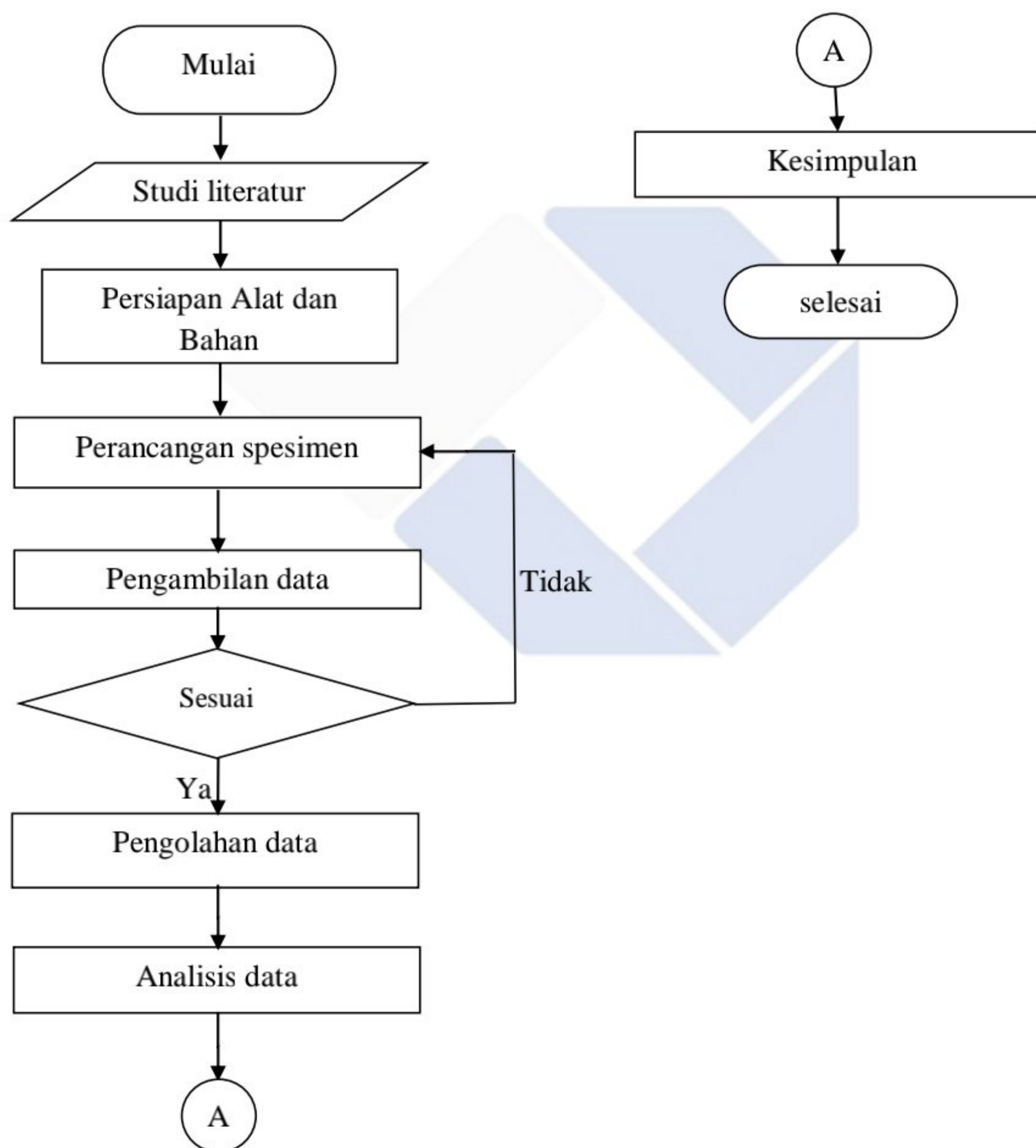
Penelitian 3D *Printing* dengan menggunakan metode *Fused Deposition Modelling* (FDM) dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik utama bahan cetakan 3D yang diproses dengan metode FDM. Model dikembangkan untuk menganalisis sifat tarik bahan cetak 3D dan diverifikasi oleh data eksperimental. Hasil teoritis dan eksperimen menunjukkan kesepakatan yang baik satu sama lain. Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam makalah ini, ditarik kesimpulan sebagai berikut. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *Ultimate Tensile Strength* bahan cetak 3D berubah secara signifikan dengan perubahan sudut cetak. Kesenjangan *Ultimate Tensile Strength* terbesar adalah 52,29% yang berada di antara Bahan cetak 3D 0° dan 90° dengan *layer thickness* sebesar 0,1 mm (Yao et al., 2019).

Selanjutnya penelitian yang melakukan proses uji tarik pada *filament polylactic acid* dengan menggunakan parameter yang ada didapatkan bahwa Hasil menunjukkan bahwa pencetakan sudut memiliki dampak besar pada sifat mekanik bagian cetakan FDM, dan spesimen dengan *X orientation* 90° dan *Z orientation* 0° di antara tiga jenis spesimen dan 45 / - 45 spesimen tipe datar spesimen memiliki sifat tarik terkuat. *Z orientation* 30° dan *Y orientation* 90° tidak disarankan sebagai parameter pencetakan karena ikatan yang lemah antara lapisan, dan arah vertikal dari beban tarik menyebabkan pemanjangan bagian yang buruk, yang dapat dengan mudah gagal (Hsueh et al., 2021).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah langkah untuk membuat sebuah penelitian akan ditunjukkan dalam sebuah diagram alir pada gambar ini



3.2. Studi Literatur

Studi literatur didefinisikan sebagai mencari berbagai referensi, baik berupa studi kasus maupun berbagai permasalahan yang berkaitan ataupun bersinggungan dengan dasar pemikiran dalam merumuskan sebuah penelitian maupun tujuan penelitian. Referensi yang bisa dijadikan acuan ataupun rujukan didalam sebuah penelitian dapat dicari dan diambil dari berbagai sumber yang dipercaya kevalidannya, seperti buku, jurnal ilmiah, artikel maupun makalah. Studi literatur dipercaya sebagai data pendamping dalam melakukan sebuah penelitian ilmiah.

3.3. Persiapan Alat dan Bahan

3.3.1. Peralatan Penelitian

1. Laptop

Laptop yang digunakan adalah laptop ASUS vivobook X507UF yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut

- a. Prosesor : Intel® core i3-7020u cpu @2.30 ghz
- b. Ram : 8.00 GB
- c. *Operation system* : Windows 10 home single language 64-bit



Gambar 3.1. Laptop

Sumber : Dokumentasi Penulis

Laptop berfungsi sebagai menjalankan aplikasi perancangan objek ataupun model yang akan dibuat dengan menggunakan *software* ideamaker. Selain itu

laptop juga digunakan untuk validasi perhitungan manual dengan menggunakan *software* analisis.

2. Mesin 3D Print

Mesin yang digunakan adalah mesin creality berjenis ender 3 pro. Mesin ini sendiri adalah mesin 3D *printing* berjenis *Fused Deposition Modelling* dan volume xyz seluas 235 mm x 235 mm.



Gambar 3.2. Mesin 3D printing

Sumber : Dokumentasi Penulis

3. Alat Uji Tarik

Pada alat pengujian tarik sendiri dilakukan dengan menggunakan mesin zwick roell z020. Mesin tersebut berfungsi sebagai pengukur nilai dari hasil uji tarik yang akan dilakukan



Gambar 3.3. Mesin Uji Tarik Zwick Roell Z020

Sumber : Dokumentasi penulis

4. *Software* Autodesk Fusion 360

Software ini digunakan sebagai aplikasi design objek ataupun model yang akan dicetak dan diujikan nantinya. *Design* ini nantinya akan dibuat menyesuaikan standar dari ASTM.

5. *Software* Ideamaker 4.2.3

Software tersebut berfungsi sebagai penentu dari *gcode* maupun parameter parameter yang akan digunakan, baik parameter terikat maupun parameter bebas. Pada *software* ini pula akan dilihat simulasi maupun durasi dari pencetakan *3D printing* nantinya.

6. *Software* Analisis dan Kalkulasi

Software analisis digunakan sebagai validasi terhadap hitungan maupun analisis manual, baik metode taguchi, *analysis of varian*, maupun rasio s/n.

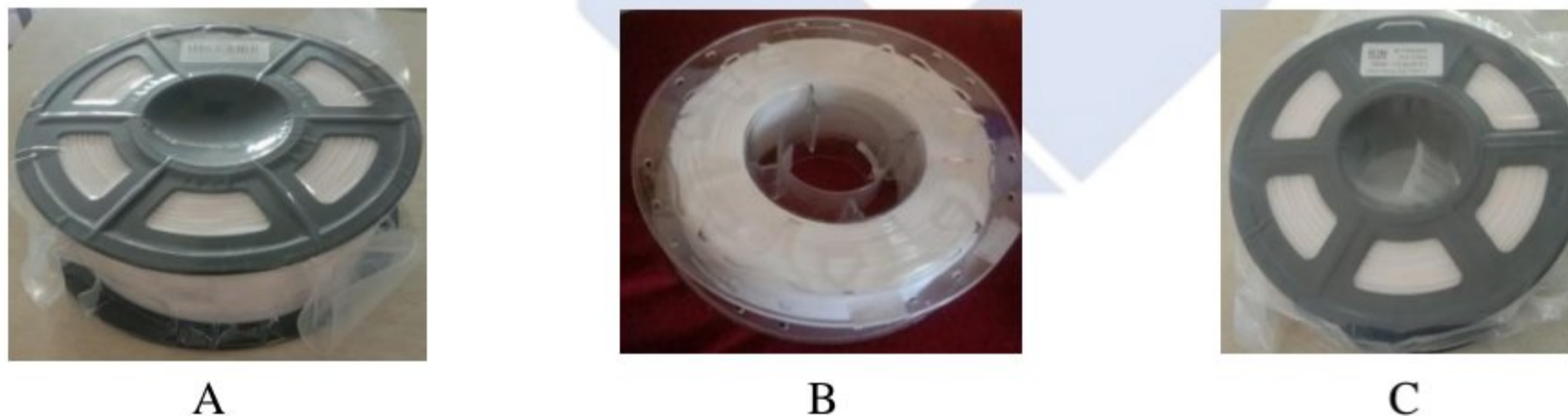
3.3.2. Pemilihan Bahan

Bahan yang dipilih dalam penelitian ini adalah *filament* PLA (*Polylactid Acid*). *Filament* PLA sendiri dipilih karena telah banyak yang mengaktualisasikan dan diimplementasi ke dalam dunia industri, terutama industri manufaktur. Selain daripada terjangkau, *filament* ini bersifat *biodegradable* atau mudah terurai secara hayati karena dikomposisi oleh pati jagung, maupun singkong. Adapun *filament filament* yang dipilih mempunyai spesifikasi yang sama antara lain :

Tabel 3.1. Spesifikasi Umum *Filament* PLA

<i>Material</i>	<i>Polylactic acid</i>
<i>Diameter</i>	1.75 mm
<i>Diameter tolerance</i>	0.02 mm
<i>Colour</i>	<i>white</i>
<i>Weight</i>	1 kg
<i>Print speed</i>	50 – 100 mm/s

Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan 3 buah *filament* antara lain *filament M*, *filament N*, *filament O* seperti pada gambar berikut :



Gambar 3.4. A. *Filament M*, B. *Filament N*, C. *Filament O*.

Sumber : Dokumentasi Penulis

3.4. Perancangan Spesimen

3.4.1. Parameter

1. Parameter Respon

Parameter respon ialah parameter yang hasil dari pengujian dipengaruhi oleh faktor maupun level yang lain. Pada penelitian kali ini, uji tarik dengan satuan Mpa adalah parameter respon.

2. Parameter Proses

Parameter proses ialah parameter yang dibuat untuk menentukan hasil yang terbaik. Biasanya parameter proses ini dibuat dengan beberapa level. Untuk penelitian kali ini parameter proses yang diamati untuk diteliti ialah *layer thickness, print speed, nozzle temperature, filament, Z orientation*. Dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.2. Faktor dan Level Pengujian

		Faktor			
	<i>Layer thickness(mm)</i>	<i>Temp. nozzle(°C)</i>	<i>Print speed(mm/s)</i>	<i>Filament</i>	<i>Z orientation</i>
level	0,15	200	50	M	30
	0,20	215	55	N	35
	0,25	230	60	O	40

3. Parameter Konstan

Parameter konstan didefinisikan sebagai parameter ataupun faktor yang dapat dikendalikan untuk menentukan parameter respon. Dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Parameter Konstan

Faktor	Nilai
<i>infill density</i>	100%
<i>infill pattern</i>	<i>rectilinear</i>
<i>temperature based plate</i>	65°C
<i>infill speed</i>	50 m/s

3.4.2. Menentukan Derajat Kebebasan Dengan Matriks Orthogonal

1. Menentukan Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan ditujukan untuk menentukan jumlah spesimen uji dari faktor maupun level yang tersedia. Sehingga didapat 10 DoF yang didapat dari

$$V_{fl} = 5 \times (3 - 1) \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Mencari Matriks Orthogonal

Matriks orthogonal didapat dengan melakukan komparasi DoF pada suatu eksperimen dengan beberapa pilihan matriks orthogonal baku yang tersedia. Adapun kriteria untuk menentukan matriks orthogonal ini ialah jumlah faktor harus lebih kecil atau sama dengan faktor dari matriks orthogonal yang tersedia. Untuk jenis jenis matriks orthogonal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.4. Daftar Matriks Orthogonal

matriks orthogonal 3 level	
$L_9 3^4$	1-4 faktor
$L_{27} 3^{13}$	5-13 faktor
$L_{81} 3^{40}$	14-40 faktor

Sehingga didapat matriks orthogonal $L_{27}(3^{13})$ sebagai berikut

Tabel 3.5. Matriks Orthogonal 5 Faktor 3 Level

<i>Exp No</i>	<i>Layer thickness</i>	<i>Temp Nozzle</i>	<i>Print Speed</i>	<i>Filament</i>	<i>Z Orientation</i>
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	3
4	1	2	2	2	1
5	1	2	2	2	2
6	1	2	2	2	3
7	1	3	3	3	1
8	1	3	3	3	2
9	1	3	3	3	3
10	2	1	2	3	1
11	2	1	2	3	2
12	2	1	2	3	3

<i>Exp No</i>	<i>Layer thickness</i>	<i>Temp Nozzle</i>	<i>Print Speed</i>	<i>Filament</i>	<i>Z Orientation</i>
13	2	2	3	1	1
14	2	2	3	1	2
15	2	2	3	1	3
16	2	3	1	2	1
17	2	3	1	2	2
18	2	3	1	2	3
19	3	1	3	2	1
20	3	1	3	2	2
21	3	1	3	2	3
22	3	2	1	3	1
23	3	2	1	3	2
24	3	2	1	3	3
25	3	3	2	1	1
26	3	3	2	1	2
27	3	3	2	1	3

Dari tabel 3.5., dapat dilakukan implementasi faktor dan level yang telah dipilih terhadap matriks orthogonal $L_{27}(3^{13})$.

Tabel 3.6. Komparasi antara Matriks Orthogonal dengan Level Penelitian

<i>Exp no</i>	<i>Layer Thickness</i>	<i>Temp Nozzle</i>	<i>Print Speed</i>	<i>Filamen t</i>	<i>Z Orientation</i>
1	0,15	200	50	fil. M	30
2	0,15	200	50	fil. M	35
3	0,15	200	50	fil. M	40
4	0,15	215	55	fil. N	30
5	0,15	215	55	fil. N	35
6	0,15	215	55	fil. N	40
7	0,15	230	60	fil. O	30
8	0,15	230	60	fil. O	35
9	0,15	230	60	fil. O	40
10	0,2	200	55	fil. O	30
11	0,2	200	55	fil. O	35
12	0,2	200	55	fil. O	40
13	0,2	215	60	fil. M	30
14	0,2	215	60	fil. M	35
15	0,2	215	60	fil. M	40
16	0,2	230	50	fil. N	30

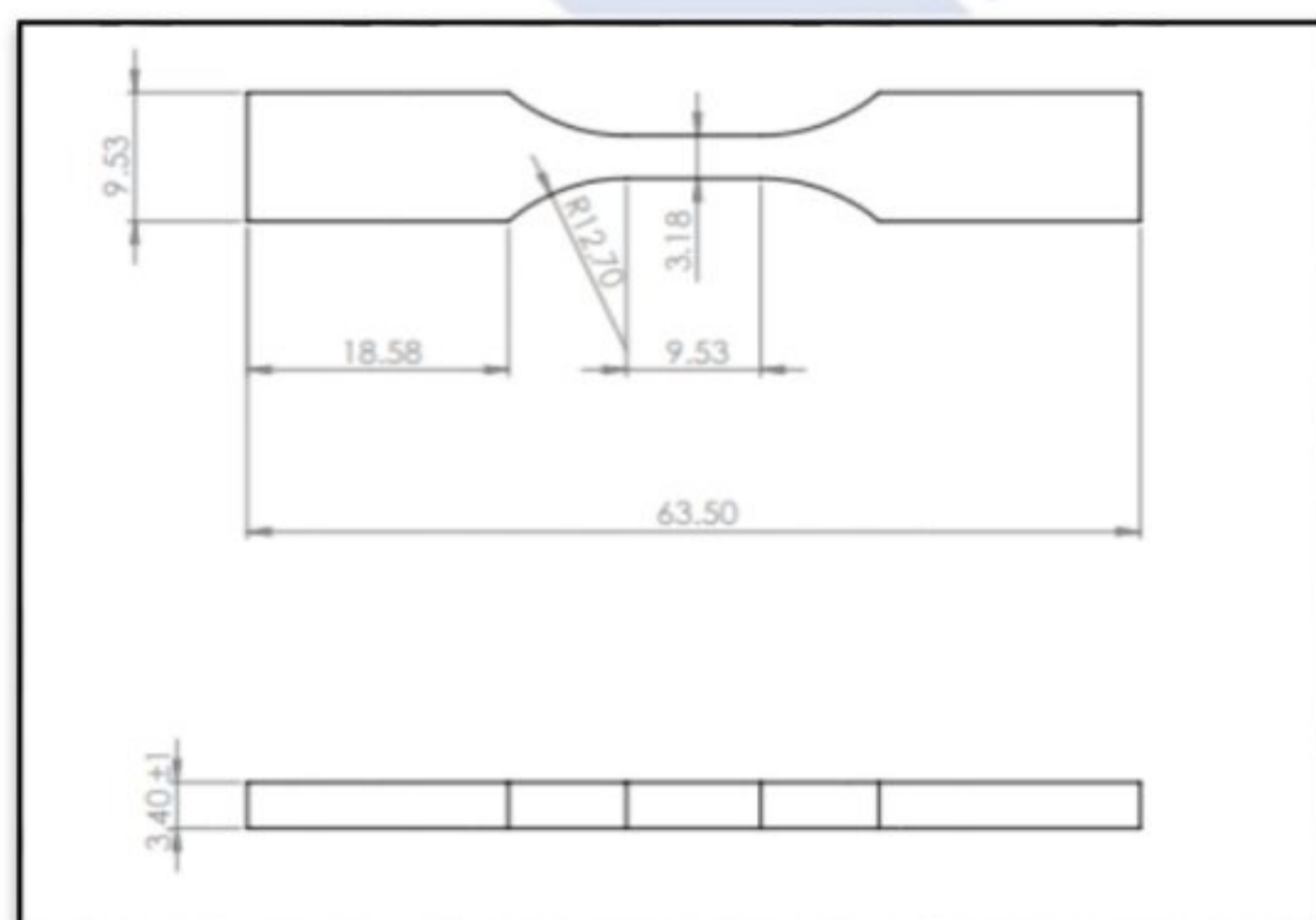
<i>Exp no</i>	<i>Layer Thickness</i>	<i>Temp Nozzle</i>	<i>Print Speed</i>	<i>Filamen t</i>	<i>Z Orientation</i>
17	0,2	230	50	fil. N	35
18	0,2	230	50	fil. N	40
19	0,25	200	60	fil. N	30
20	0,25	200	60	fil. N	35
21	0,25	200	60	fil. N	40
22	0,25	215	50	fil. O	30
23	0,25	215	50	fil. O	35
24	0,25	215	50	fil. O	40
25	0,25	230	55	fil. M	30
26	0,25	230	55	fil. M	35
27	0,25	230	55	fil. M	40

3.4.3. Proses Perancangan Spesimen

Sebelum melakukan proses perancangan , maka persiapkan kebutuhan untuk melakukan proses perancangan dan pencetakan, seperti *software design*, *software slicing*, *filament*, mesin, dan sebagainya.

1. Design Spesimen

Perancangan dilakukan dengan menggunakan *software design autodesk fusion 360* dan bentuk dari spesimen sesuai standar uji tarik, yakni ASTM D638 *type V* yang di spesifikasikan sebagai berikut

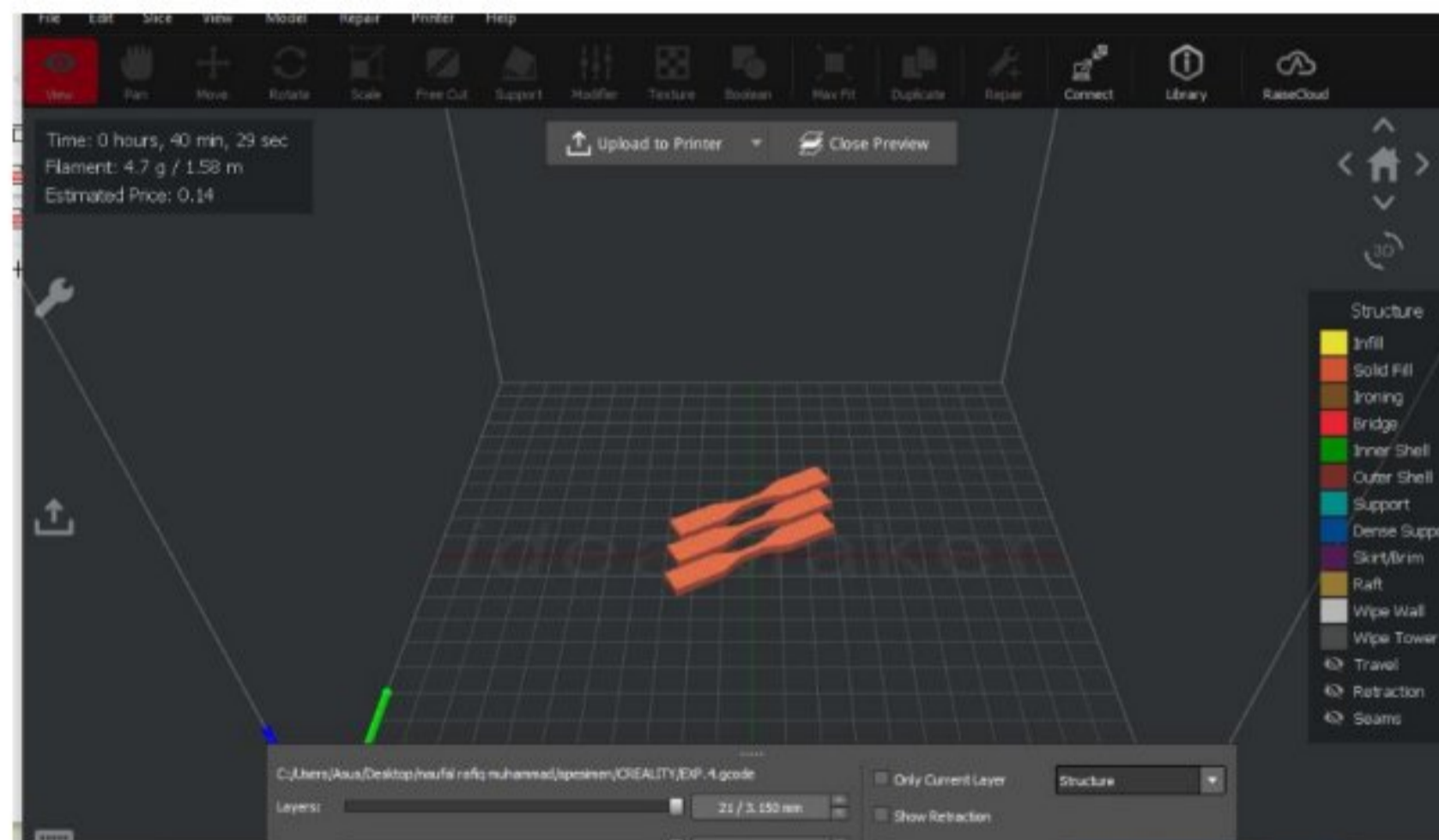


Gambar 3.5. Design ASTM D638 Type V

Sumber : Autodesk Fusion 360

2. *Slicing* Spesimen

Pada tahap ini, spesimen yang telah dilakukan proses *design* akan dipindahkan ke *software slicing* Ideamaker 4.2.3 dengan format *STL. Disinilah peran daripada *software slicing*, yaitu sebagai pengendali, maupun simulasi serta estimasi waktu dari pencetakan di 3D printing nantinya. *Software slicing* juga berperan sebagai pengatur kecepatan, temperatur, pola, dan sebagainya bagi sebuah spesimen.



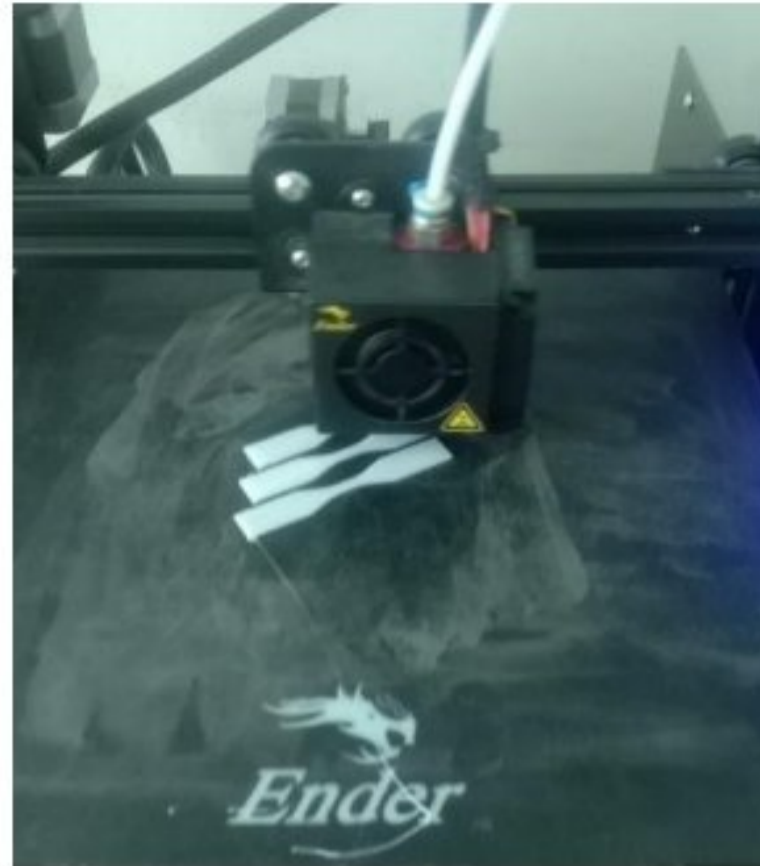
Gambar 3.6. *Slicing* Spesimen Penelitian

Sumber : *Ideamaker 4.2.3*

3.5. Pengambilan Data

3.5.1. Pencetakan Spesimen

Setelah dilakukan proses *design* dan *slicing* spesimen, maka data dihantar dengan menggunakan *micro SD card* kedalam mesin 3D *printing*. Lalu mesin akan mencetak spesimen ASTM D638 *type V* dengan menggunakan *G-Code* yang telah ada. Ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.7. Pencetakan Spesimen Penelitian

Sumber : Dokumentasi Penulis

3.5.2. Pengujian Spesimen

Setelah proses pencetakan spesimen, maka akan dilakukan proses pengambilan data, yaitu melakukan pengujian tarik pada spesimen, dengan menggunakan mesin Zwick Roell Z020. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dikumpulkan dan direkam menjadi satu, lalu diambil untuk dilakukan penolahan data.



Gambar 3.8. Proses Pengujian Tarik

Sumber : Dokumentasi penulis

3.6. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data hasil pengujian tarik, langkah selanjutnya ialah melakukan pengolahan data dengan metode taguchi. Adapun metode atau langkah langkah dalam melakukan pengolahan data ini ialah

3.6.1. Membuat rasio S/N

Rasio *signal to noise* adalah rasio yang berperan untuk mengetahui level tiap tiap faktor yang mempunyai pengaruh terbesar pada eksperimen tiap tiap spesimen.

Pada kriteria ini semakin besar nilai yang didapat, maka semakin baik pula hasilnya

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2} \right) \dots \dots \dots (3.2)$$

3.6.2. Analisis Varian Taguchi

Analisis varian didefinisikan sebagai teknik yang dipakai untuk melakukan pengolahan data dengan cara menguraikan seluruh variansi atas bagian yang diteliti didalam pelaksanaan eksperimen statistika.

1. Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum_{i=1}^N y^2 \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan : y = Data yang didapat dari eksperimen

N = Jumlah percobaan

2. Jumlah kuadrat masing masing faktor

$$SS_{faktor} = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left(\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan : T = kuadrat total

A_i = level ke i faktor A

n_{ai} = jumlah percobaan level ke I faktor A

3. Jumlah kuadrat rata rata

$$SS_m = n. Y^2 \dots \dots \dots (3.5)$$

4. Jumlah kuadrat error

$$SS_{faktor} = SS_a + SS_b + SS_c \dots \dots \dots (3.6)$$

$$SS_{error} = SS_T - SS_M - SS_{faktor} \dots \dots \dots (3.7)$$

3.7. Analisis Data

3.7.1. Membuat Tabel Rasio S/N

Dari hasil pengolahan data, dapat diamati bahwa level tertentu pada masing masing faktor memiliki pengaruh tertinggi untuk proses pengujian spesimen. Oleh karena itu pembuatan tabel berguna untuk memudahkan pembaca untuk mengamati level mana yang paling berpengaruh terhadap suatu pengujian.

3.7.2. Uji F

Uji F adalah uji yang dilakukan untuk membuktikan adanya pengaruh faktor didalam suatu proses pengujian. Uji F juga berkaitan erat dengan hipotesis atau dugaan sementara. Hipotesis yang berkaitan dengan penelitian ialah

$H_0 = \text{tidak mempunyai pengaruh perlakuan}$

$H_1 = \text{terlihat adanya pengaruh perlakuan}$

Sehingga untuk mencari nilai f, maka dibutuhkan nilai variansi, baik karena perlakuan, maupun karena error sehingga

$$f_{\text{sumber}} = \frac{\text{variansi karena perlakuan} + \text{variansi karena error}}{\text{variansi karena error}} \dots\dots\dots(3.8)$$

3.7.3. Persen kontribusi

Persen kontribusi ialah jumlah yang memperlihatkan seberapa jauh pengaruh masing masing faktor ataupun interaksi yang dipaparkan melalui jumlah per seratus (%).

$$\rho = \frac{SS'_A}{SS'_T} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

3.8. Kesimpulan

3.8.1. Uji konfirmasi

Uji konfirmasi adalah uji yang dilakukan untuk menentukan kebenaran terhadap kesimpulan yang telah dibuat. Adapun tujuan dari uji konfirmasi ini ialah

1. Melakukan verifikasi terhadap dugaan yang dibuat pada saat penentuan faktor terhadap suatu objek penelitian;
2. Melakukan proses *design* faktor yang optimum dari hasil analisis perhitungan.

Uji konfirmasi sendiri dinilai berhasil apabila data yang didapat dari eksperimen konfirmasi terdapat perbaikan dari hasil perhitungan dan analisis, ataupun dekat dengan nilai yang dituju atau diprediksikan.

3.8.2. Kesimpulan

Dari berbagai pengolahan data serta melakukan proses Analisis, maka dapat diambil sebuah Tarik lurus yang menjawab dari rumusan masalah yang telah dibuat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Eksperimen Hasil Pengujian Tarik

Data diambil dari hasil pengujian tarik yang dimana pada proses pembuatan objek ataupun model uji tarik menggunakan akumulasi terhadap parameter yang tersedia dan telah ditetapkan sebelumnya. Adapun spesimen uji tarik apda kali ini menggunakan *layer thickness (mm)*, *temperature nozzle (°c)*, *print speed (mm/s)*, *z orientation (°degree)* dan berbagai merek *filament* sebagai variabel bebasnya. Untuk variable terikat menggunakan *infill pattern*, *infill density*, *temperature based plate* dan *infill speed* . Adapun data hasil pengujian tarik sebanyak 1 kali dan telah direplikasi sebanyak 2 kali menggunakan mesin uji tarik dan ditunjukkan dengan satuan MPa (mega pascal). Untuk hasil pengujian ditunjukkan pada tabel berikut

Tabel 4.1. Hasil Uji Tarik

<i>Exp no</i>	Hasil uji	Replikasi 1	Replikasi 2
1	50,7	67,5	65
2	64,8	55,3	65,3
3	66	71,8	75,3
4	62,6	69,2	59,2
5	56,1	61,1	67,7
6	65,1	52,3	67,1
7	50,9	49,8	52,3
8	65,9	72,1	62,4
9	65,4	55,4	66,5
10	53,8	55,6	55,4
11	56,8	55,9	49,3
12	55,5	55,2	53,7
13	57	59,9	60
14	43,8	58,9	57,1
15	57,6	59,4	57,5
16	57	64	52,8

<i>Exp no</i>	Hasil uji	Replikasi 1	Replikasi 2
17	55,9	56,9	56,4
18	57,5	63,1	59,2
19	37,1	52,3	50,5
20	53,6	55,8	56
21	57,7	51	55,2
22	53,4	57,3	59,3
23	57,4	59,2	58,6
24	57,6	58,8	56,6
25	67,5	63,6	54,3
26	66,5	67,9	66
27	64,3	63,7	62,1

4.2. Kalkulasi Nilai Rata Rata dan Variansi

Nilai rata rata sangat diperlukan sebagai bagian dari metode taguchi dimana spesimen yang direplikasi harus memiliki sebuah data yang dianggap mewakili sehingga dibuat dengan persamaan sebagai berikut

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \dots\dots\dots(4.1)$$

\bar{x} = rata rata

n = jumlah pengulangan

dikarenakan replikasi berjumlah sebanyak 3 kali maka persamaan dapat dijabarkan sebagai berikut

$$\bar{x} = \frac{(Hasil Uji+rep2+rep3)}{3} \dots\dots\dots(4.2)$$

Sehingga hasil dari rata rata data eksperimen dapat dilihat sebagai berikut

Rata rata untuk spesimen ke 1

$$\bar{x} = \frac{(50.7 + 67.5 + 65)}{3} = 61.07$$

Rata rata untuk spesimen ke 2

$$\bar{x} = \frac{(64.8 + 55.3 + 65.3)}{3} = 61.80$$

Rata rata untuk spesimen ke 3

$$\bar{x} = \frac{(66 + 71.8 + 75.3)}{3} = 71.3$$

Rata rata untuk spesimen ke 4

$$\bar{x} = \frac{(62.6 + 69.2 + 59.2)}{3} = 63.67$$

Rata rata untuk spesimen ke 5

$$\bar{x} = \frac{(56.1 + 61.1 + 67.7)}{3} = 61.63$$

Rata rata untuk spesimen ke 6

$$\bar{x} = \frac{(65.1 + 52.3 + 67.1)}{3} = 64.48$$

Rata rata untuk spesimen ke 7

$$\bar{x} = \frac{(50.9 + 49.8 + 52.3)}{3} = 51.00$$

Rata rata untuk spesimen ke 8

$$\bar{x} = \frac{(65.9 + 72.1 + 62.4)}{3} = 66.80$$

Rata rata untuk spesimen ke 9

$$\bar{x} = \frac{(65.4 + 55.4 + 66.5)}{3} = 62.43$$

Rata rata untuk spesimen ke 10

$$\bar{x} = \frac{(53.8 + 55.6 + 55.4)}{3} = 54.93$$

Rata rata untuk spesimen ke 11

$$\bar{x} = \frac{(56.8 + 55.9 + 49.3)}{3} = 54.00$$

Rata rata untuk spesimen ke 12

$$\bar{x} = \frac{(55.5 + 55.2 + 53.7)}{3} = 54.80$$

Rata rata untuk spesimen ke 13

$$\bar{x} = \frac{(57 + 59.9 + 60)}{3} = 58.97$$

Rata rata untuk spesimen ke 14

$$\bar{x} = \frac{(43.8 + 58.9 + 57.1)}{3} = 53.02$$

Rata rata untuk spesimen ke 15

$$\bar{x} = \frac{(57.6 + 59.4 + 57.5)}{3} = 58.17$$

Rata rata untuk spesimen ke 16

$$\bar{x} = \frac{(57 + 64 + 52.8)}{3} = 57.93$$

Rata rata untuk spesimen ke 17

$$\bar{x} = \frac{(55.9 + 56.9 + 56.4)}{3} = 56.40$$

Rata rata untuk spesimen ke 18

$$\bar{x} = \frac{(57.5 + 63.1 + 59.2)}{3} = 59.93$$

Rata rata untuk spesimen ke 19

$$\bar{x} = \frac{(37.1 + 52.3 + 50.5)}{3} = 46.63$$

Rata rata untuk spesimen ke 20

$$\bar{x} = \frac{(53.6 + 55.8 + 56)}{3} = 55.13$$

Rata rata untuk spesimen ke 21

$$\bar{x} = \frac{(57.7 + 51 + 55.2)}{3} = 54.63$$

Rata rata untuk spesimen ke 22

$$\bar{x} = \frac{(53.4 + 57.3 + 59.3)}{3} = 55.13$$

Rata rata untuk spesimen ke 23

$$\bar{x} = \frac{(57.4 + 59.2 + 58.6)}{3} = 54.63$$

Rata rata untuk spesimen ke 24

$$\bar{x} = \frac{(57.6 + 58.8 + 56.6)}{3} = 57.67$$

Rata rata untuk spesimen ke 25

$$\bar{x} = \frac{(67.5 + 63.6 + 54.3)}{3} = 61.80$$

Rata rata untuk spesimen ke 26

$$\bar{x} = \frac{(66.5 + 67.9 + 66)}{3} = 66.80$$

Rata rata untuk spesimen ke 27

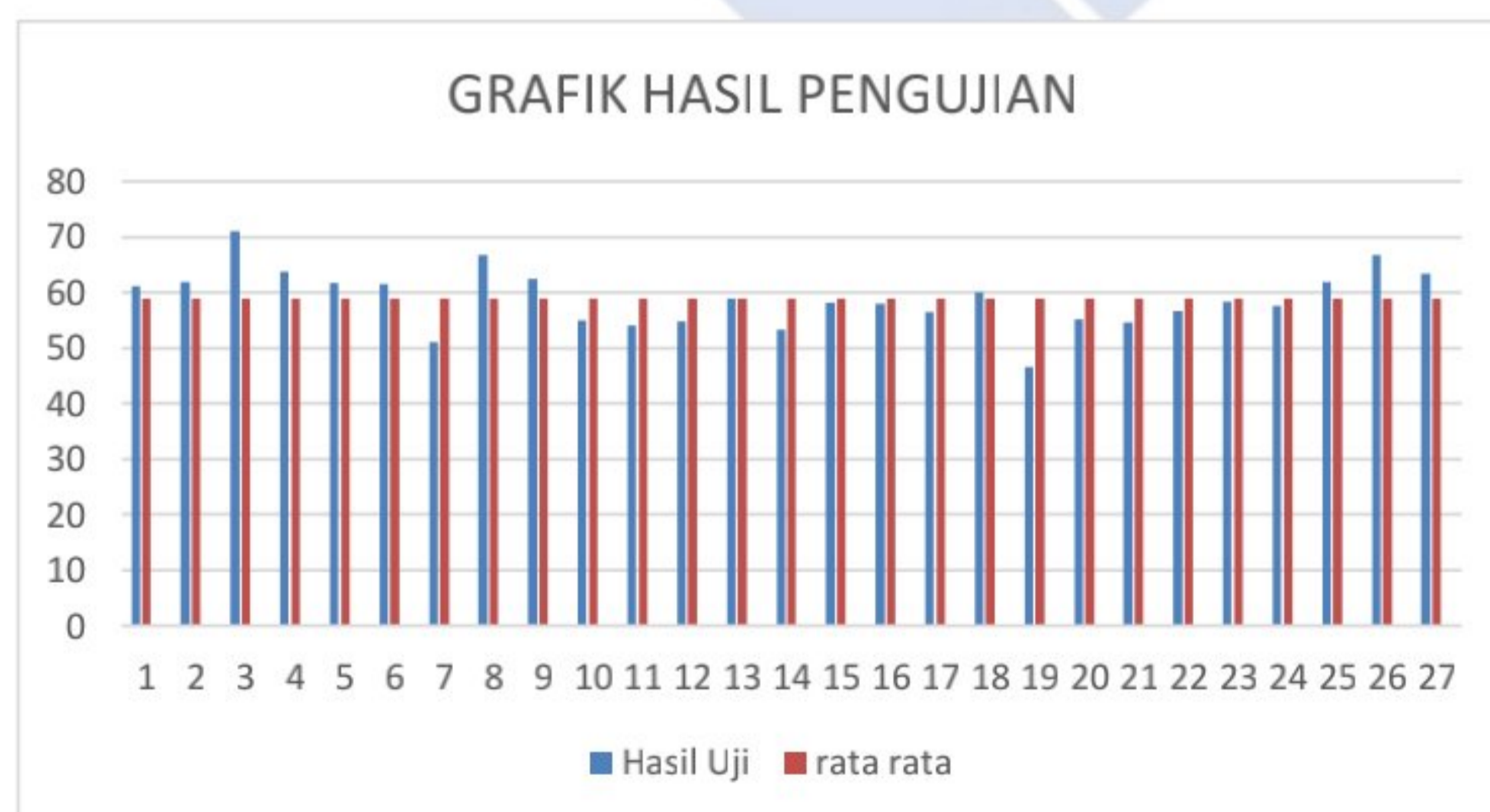
$$\bar{x} = \frac{(64.3 + 63.7 + 62.1)}{3} = 63.37$$

Sehingga data dikumpulkan, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Rata Rata dan Variansi Uji Tarik

<i>Exp No</i>	Hasil Uji	Replikasi 1	Replikasi 2	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>
1	50,7	67,5	65	61,07	82,16
2	64,8	55,3	65,3	61,80	31,75
3	66	71,8	75,3	71,03	22,06
4	62,6	69,2	59,2	63,67	25,85
5	56,1	61,1	67,7	61,63	33,85
6	65,1	52,3	67,1	61,50	64,48

<i>Exp No</i>	Hasil Uji	Replikasi 1	Replikasi 2	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>
7	50,9	49,8	52,3	51,00	1,57
8	65,9	72,1	62,4	66,80	24,13
9	65,4	55,4	66,5	62,43	37,40
10	53,8	55,6	55,4	54,93	0,97
11	56,8	55,9	49,3	54,00	16,77
12	55,5	55,2	53,7	54,80	0,93
13	57	59,9	60	58,97	2,90
14	43,8	58,9	57,1	53,27	68,02
15	57,6	59,4	57,5	58,17	1,14
16	57	64	52,8	57,93	32,01
17	55,9	56,9	56,4	56,40	0,25
18	57,5	63,1	59,2	59,93	8,24
19	37,1	52,3	50,5	46,63	68,97
20	53,6	55,8	56	55,13	1,77
21	57,7	51	55,2	54,63	11,46
22	53,4	57,3	59,3	56,67	9,00
23	57,4	59,2	58,6	58,40	0,84
24	57,6	58,8	56,6	57,67	1,21
25	67,5	63,6	54,3	61,80	45,99
26	66,5	67,9	66	66,80	0,97
27	64,3	63,7	62,1	63,37	1,29
TOTAL				58,90	



Gambar 4.1. Histogram Hasil Pengujian Tarik
Sumber : *Software Perhitungan*

4.3. Kalkulasi Rasio S/N Terhadap Respon

4.3.1. Proses Perhitungan Rasio S/N

Rasio s/n merupakan bagian daripada metode taguchi dalam mencari parameter yang optimal terhadap berbagai pengujian yang telah dilakukan. *Signal to noise ratio* (s/n ratio) berfungsi meminimalisir *error variance* (variansi yang terjadi akibat faktor yang tak dapat terkendali).

Pada pengujian tarik tentu hasil yang ideal adalah semakin besar nominal ataupun hasil pengujian tarik, maka semakin baik. Sehingga didapat bahwa didalam pemilihan signal to noise ratio adalah *large to better* ataupun semakin besar semakin baik. Didapat persamaan dari *large to better* sebagaimana rumus 3.2.

Karena dilakukan pengujian sekali dan replikasi sebanyak 2 kali terhadap sebuah percobaan, maka persamaan diatas dijabarkan sebagai berikut

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{rep\ 1^2} + \frac{1}{rep\ 2^2} + \frac{1}{rep\ 3^2} \right) \right] \dots\dots\dots(4.2)$$

Data eksperimen yang telah didapat pada mesin uji tarik lalu dimasukkan pada penjabaran persamaan sehingga dapat dilihat bahwa

S/N ratio untuk spesimen ke 1

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{50.7^2} + \frac{1}{67.5^2} + \frac{1}{65^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.502$$

S/N ratio untuk spesimen ke 2

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{64.8^2} + \frac{1}{55.3^2} + \frac{1}{65.3^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.742$$

S/N ratio untuk spesimen ke 3

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{66^2} + \frac{1}{71.8^2} + \frac{1}{75.3^2} \right) \right]$$

$$S/N = 36.990$$

S/N ratio untuk spesimen ke 4

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{62.6^2} + \frac{1}{69.2^2} + \frac{1}{59.2^2} \right) \right]$$

$$S/N = 36.024$$

S/N ratio untuk spesimen ke 5

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{56.1^2} + \frac{1}{61.1^2} + \frac{1}{67.7^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.720$$

S/N ratio untuk spesimen ke 6

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{65.1^2} + \frac{1}{52.3^2} + \frac{1}{67.1^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.614$$

S/N ratio untuk spesimen ke 7

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{50.9^2} + \frac{1}{49.8^2} + \frac{1}{52.3^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.146$$

S/N ratio untuk spesimen ke 8

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{65.9^2} + \frac{1}{72.1^2} + \frac{1}{62.4^2} \right) \right]$$

$$S/N = 36.450$$

S/N ratio untuk spesimen ke 9

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{65.4^2} + \frac{1}{55.4^2} + \frac{1}{66.5^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.818$$

S/N ratio untuk spesimen ke 10

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{53.8^2} + \frac{1}{55.6^2} + \frac{1}{55.4^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.794$$

S/N ratio untuk spesimen ke 11

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{56.8^2} + \frac{1}{55.9^2} + \frac{1}{49.3^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.595$$

S/N ratio untuk spesimen ke 12

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{55.5^2} + \frac{1}{55.2^2} + \frac{1}{53.7^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.773$$

S/N ratio untuk spesimen ke 13

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57^2} + \frac{1}{59.9^2} + \frac{1}{60^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.405$$

S/N ratio untuk spesimen ke 14

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{43.8^2} + \frac{1}{58.9^2} + \frac{1}{57.1^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.294$$

S/N ratio untuk spesimen ke 15

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57.6^2} + \frac{1}{59.4^2} + \frac{1}{57.5^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.291$$

S/N ratio untuk spesimen ke 16

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57^2} + \frac{1}{64^2} + \frac{1}{52.8^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.178$$

S/N ratio untuk spesimen ke 17

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{55.9^2} + \frac{1}{56.9^2} + \frac{1}{56.4^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.025$$

S/N ratio untuk spesimen ke 18

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57.5^2} + \frac{1}{63.1^2} + \frac{1}{59.2^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.534$$

S/N ratio untuk spesimen ke 19

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{37.1^2} + \frac{1}{52.3^2} + \frac{1}{50.5^2} \right) \right]$$

$$S/N = 33.056$$

S/N ratio untuk spesimen ke 20

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{53.6^2} + \frac{1}{55.8^2} + \frac{1}{56^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.823$$

S/N ratio untuk spesimen ke 21

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57.7^2} + \frac{1}{51^2} + \frac{1}{55.2^2} \right) \right]$$

$$S/N = 34.715$$

S/N ratio untuk spesimen ke 22

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{53.4^2} + \frac{1}{57.3^2} + \frac{1}{59.3^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.042$$

S/N ratio untuk spesimen ke 23

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57.4^2} + \frac{1}{59.2^2} + \frac{1}{58.6^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.326$$

S/N ratio untuk spesimen ke 24

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{57.6^2} + \frac{1}{58.8^2} + \frac{1}{56.6^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.215$$

S/N ratio untuk spesimen ke 25

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{67.5^2} + \frac{1}{63.6^2} + \frac{1}{54.3^2} \right) \right]$$

$$S/N = 35.709$$

S/N ratio untuk spesimen ke 26

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{66.5^2} + \frac{1}{67.9^2} + \frac{1}{66^2} \right) \right]$$

$$S/N = 36.494$$

S/N ratio untuk spesimen ke 27

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{64.3^2} + \frac{1}{63.7^2} + \frac{1}{62.1^2} \right) \right]$$

$$S/N = 36.034$$

Hasil dari perhitungan rasio s/n dikumpulkan pada satu tabel. Tabel dapat dilihat dibawah ini

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan S/N Ratio *Large to Better*

Exp No	Layer	Temp Nozzle	Print Speed	Filament	Z Orientation	Hasil Uji	Replikasi 1	Replikasi 2	Mean	Variance	S/N
1	1	1	1	1	1	50,7	67,5	65	61,07	82,16	35,502
2	1	1	1	1	2	64,8	55,3	65,3	61,80	31,75	35,742
3	1	1	1	1	3	66	71,8	75,3	71,03	22,06	36,990
4	1	2	2	2	1	62,6	69,2	59,2	63,67	25,85	36,024
5	1	2	2	2	2	56,1	61,1	67,7	61,63	33,85	35,720
6	1	2	2	2	3	65,1	52,3	67,1	61,50	64,48	35,614
7	1	3	3	3	1	50,9	49,8	52,3	51,00	1,57	34,146
8	1	3	3	3	2	65,9	72,1	62,4	66,80	24,13	36,450
9	1	3	3	3	3	65,4	55,4	66,5	62,43	37,40	35,818
10	2	1	2	3	1	53,8	55,6	55,4	54,93	0,97	34,794
11	2	1	2	3	2	56,8	55,9	49,3	54,00	16,77	34,595
12	2	1	2	3	3	55,5	55,2	53,7	54,80	0,93	34,773
13	2	2	3	1	1	57	59,9	60	58,97	2,90	35,405
14	2	2	3	1	2	43,8	58,9	57,1	53,27	68,02	34,294
15	2	2	3	1	3	57,6	59,4	57,5	58,17	1,14	35,291
16	2	3	1	2	1	57	64	52,8	57,93	32,01	35,178

Exp No	Layer Thickness	Temp Nozzle	Print Speed	Filament	Z Orientation	Hasil Uji	Replikasi 1	Replikasi 2	Mean	Variance	S/N
17	2	3	1	2	2	55,9	56,9	56,4	56,40	0,25	35,025
18	2	3	1	2	3	57,5	63,1	59,2	59,93	8,24	35,534
19	3	1	3	2	1	37,1	52,3	50,5	46,63	68,97	33,056
20	3	1	3	2	2	53,6	55,8	56	55,13	1,77	34,823
21	3	1	3	2	3	57,7	51	55,2	54,63	11,46	34,715
22	3	2	1	3	1	53,4	57,3	59,3	56,67	9,00	35,042
23	3	2	1	3	2	57,4	59,2	58,6	58,40	0,84	35,326
24	3	2	1	3	3	57,6	58,8	56,6	57,67	1,21	35,215
25	3	3	2	1	1	67,5	63,6	54,3	61,80	45,99	35,709
26	3	3	2	1	2	66,5	67,9	66	66,80	0,97	36,494
27	3	3	2	1	3	64,3	63,7	62,1	63,37	1,29	36,034
										rata rata s/n	35,3076889 6

dari *signal to noise ratio* yang telah dikalkulasikan, langkah selanjutnya ialah menentukan *signal to noise* dari tiap tiap level. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut

Tabel 4.4. Kalkulasi S/N *Layer Thickness*

<i>Layer Thickness</i>	
1	35,77847
2	34,98748
3	35,15712

Tabel 4.5. Kalkulasi S/N *Temperature Nozzle*

<i>Temp. Nozzle</i>	
1	34,99891
2	35,32556
3	35,5986

Tabel 4.6. Kalkulasi S/N *Print Speed*

<i>Print speed</i>	
--------------------	--

1	35,50597
2	35,52848
3	34,88861

Tabel 4.7. Kalkulasi S/N *Filament*

<i>Filament</i>	
1	35,71776
2	35,07654
3	35,12877

Tabel 4.8. Kalkulasi S/N *Z Orientation*

<i>Z orientation</i>	
1	34,98389
2	35,38533
3	35,55384

Lakukan pemilihan level yang mempunyai nilai yang lebih tinggi diantara level yang lainnya dalam satu faktor

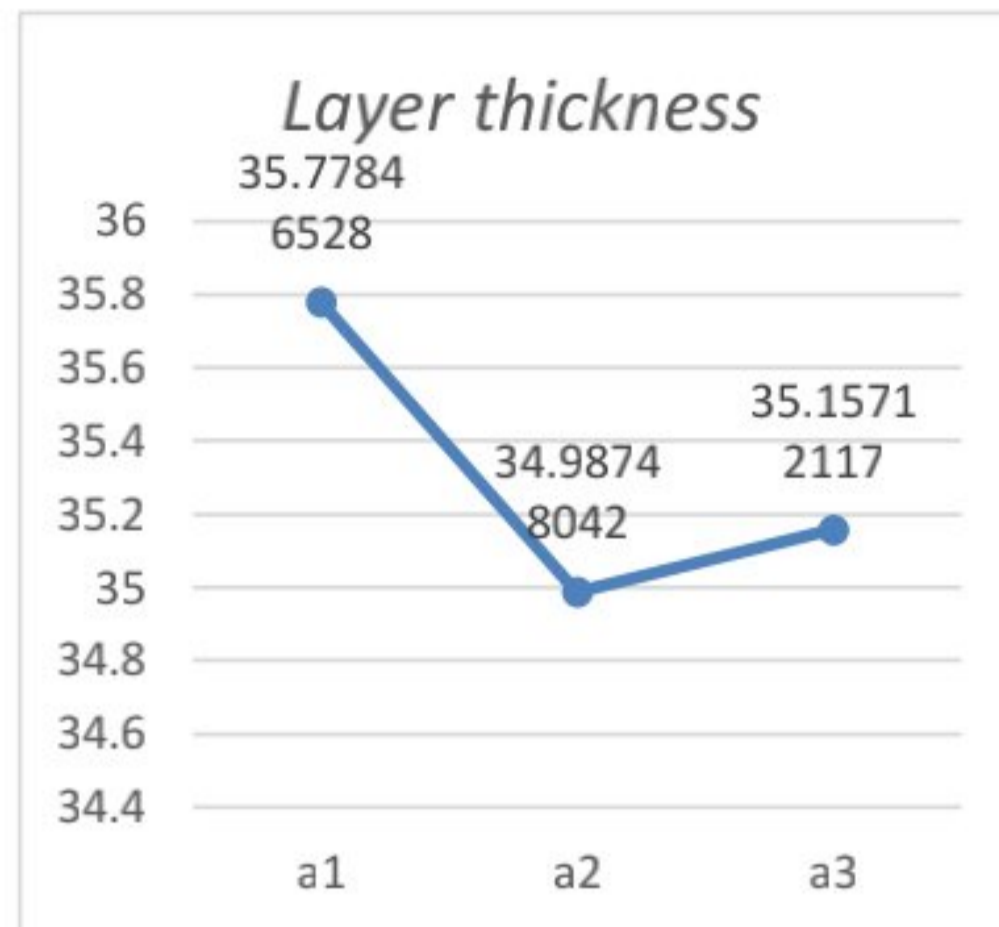
Tabel 4.9. Penentuan Level Optimal pada Setiap Faktor

faktor	level	Ket	S/N ratio
<i>Layer Thickness</i>	1	0,15 mm	35,30768896
<i>Temp. Nozzle</i>	3	230°C	35,77846528
<i>Print Speed</i>	2	55 mm/s	35,52848207
<i>Filament</i>	1	<i>Filament M</i>	35,71775779
<i>Z Orientation</i>	3	40	35,55384151

4.3.2. Membuat Tabel Respon Grafik Rasio S/N

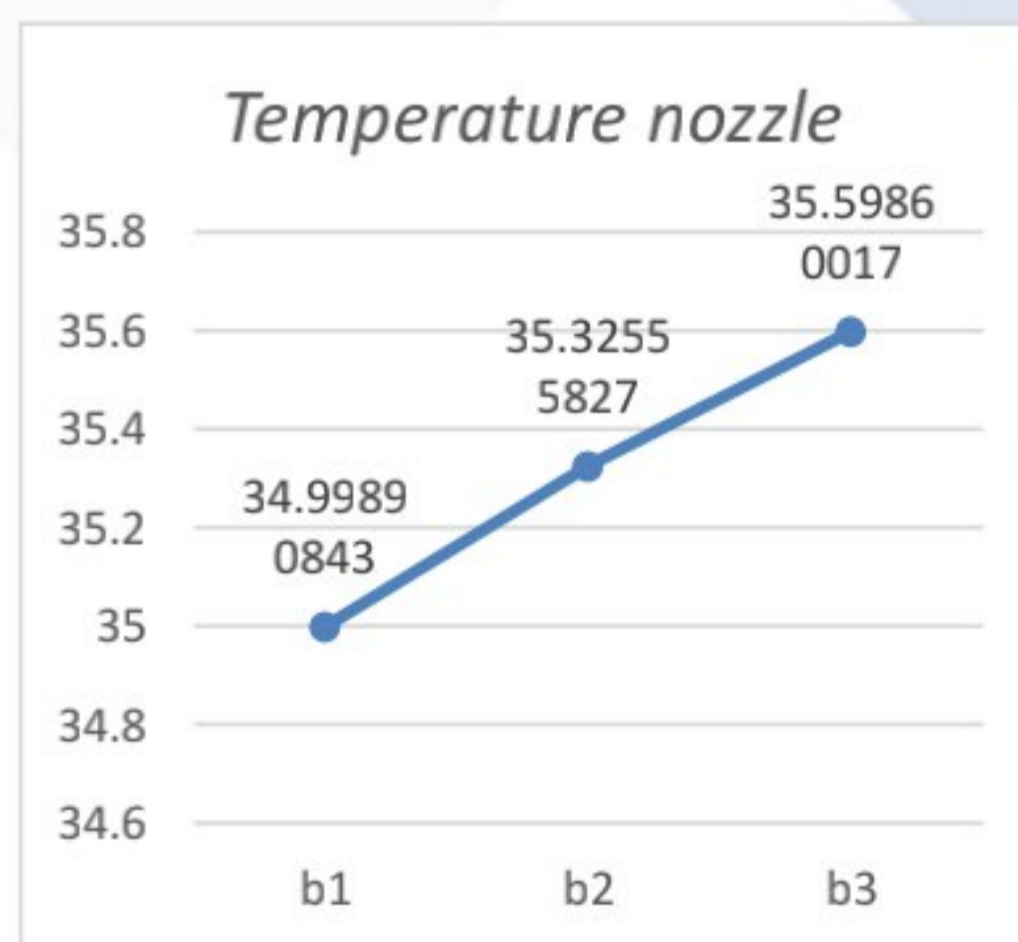
Untuk memudahkan para pembaca yang akan melakukan penelitian, maka hasil dari data yang telah dipaparkan, akan dijelaskan melalui *chart* untuk mengetahui hasil *large to better* dari tiap level dari masing masing faktor

Dari hasil kalkulasi rasio S/N pada tabel 4.4. dapat diamati pada factor *layer thickness* bahwa hasil terbaik terdapat pada level 1 atau 0,15 mm, diikuti level 3 sebesar 0,25 mm dan level 2 sebesar 0,20 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.2.



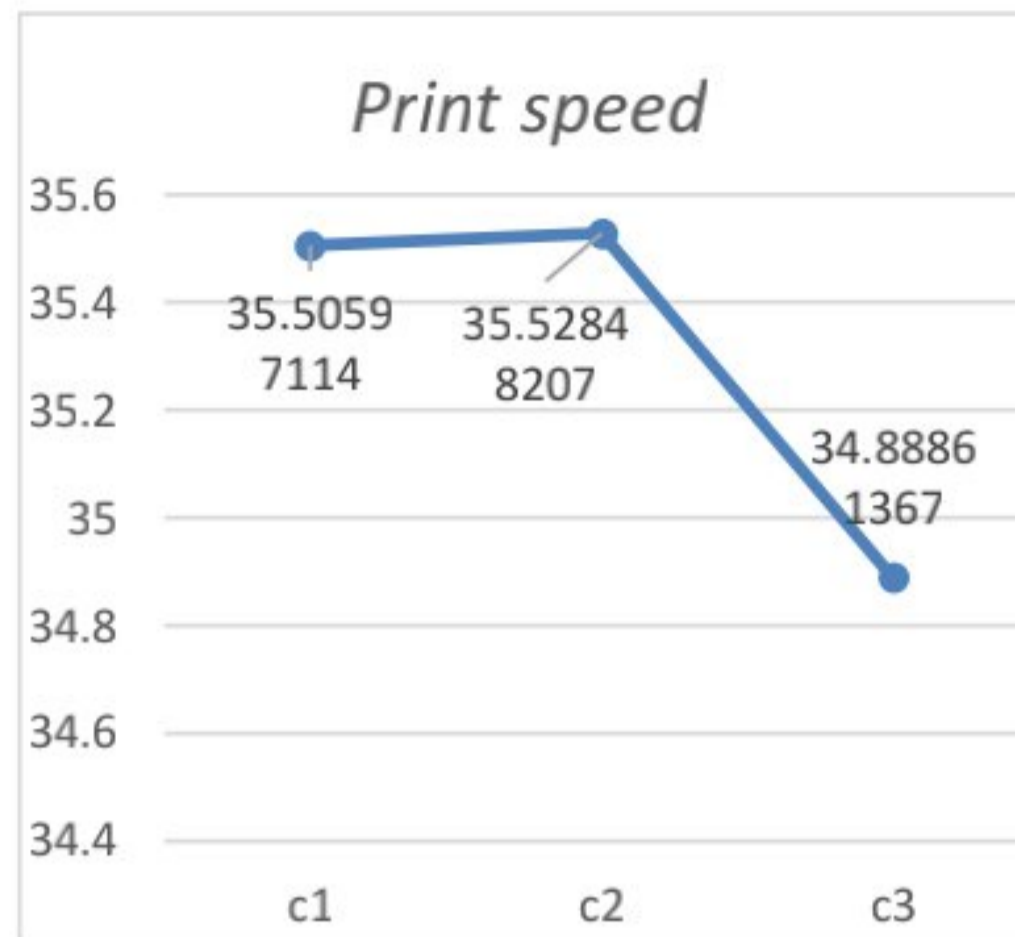
Gambar 4.2. Grafik *Layer Thickness*
 Sumber : *Software*

Selanjutnya dari hasil kalkulasi rasio S/N pada tabel 4.5. dapat diamati pada faktor *temperature nozzle* bahwa hasil terbaik terdapat pada level 3 atau 230°C, diikuti level 2 sebesar 215°C dan level 1 sebesar 200°C. Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik *Temp. Nozzle*
 Sumber : *Software*

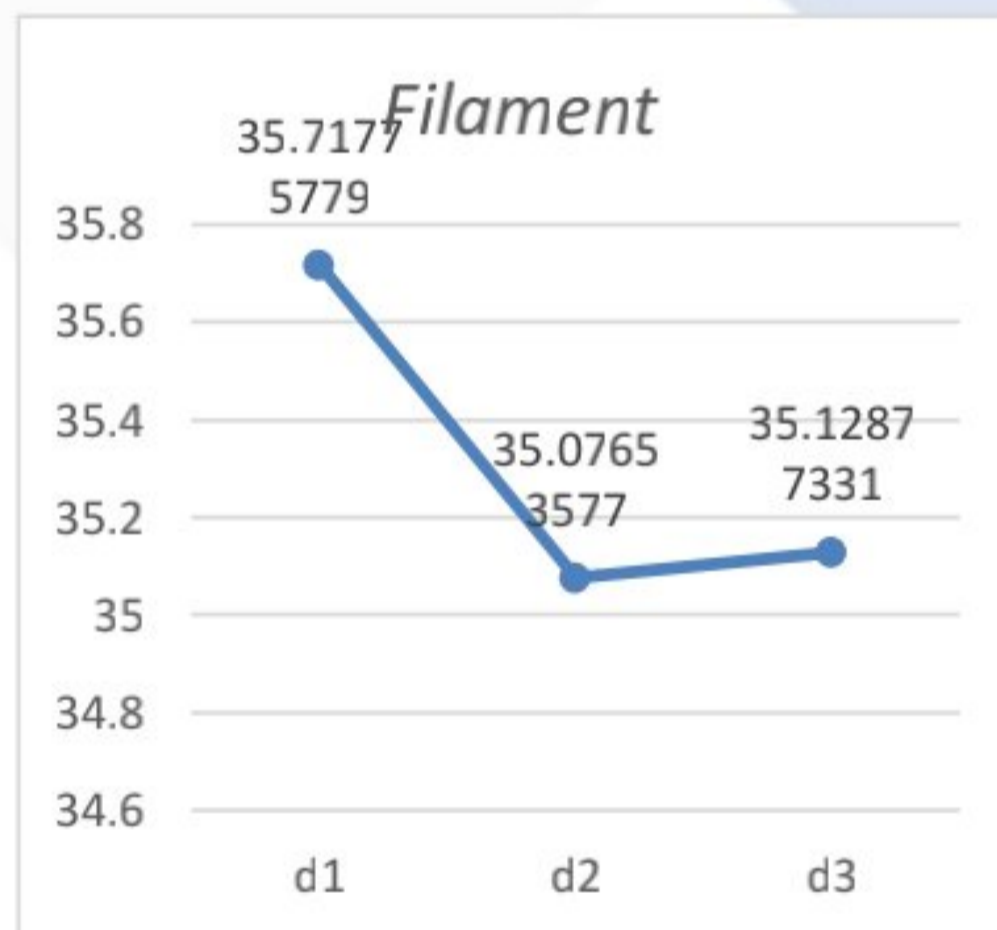
Kemudian dari hasil kalkulasi rasio S/N pada tabel 4.6. dapat diamati pada faktor *print speed* bahwa hasil terbaik terdapat pada level 2 atau 55 mm/s, diikuti level 1 sebesar 50 mm/s dan level 3 sebesar 60 mm/s. Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik *Print Speed*

Sumber : *Software*

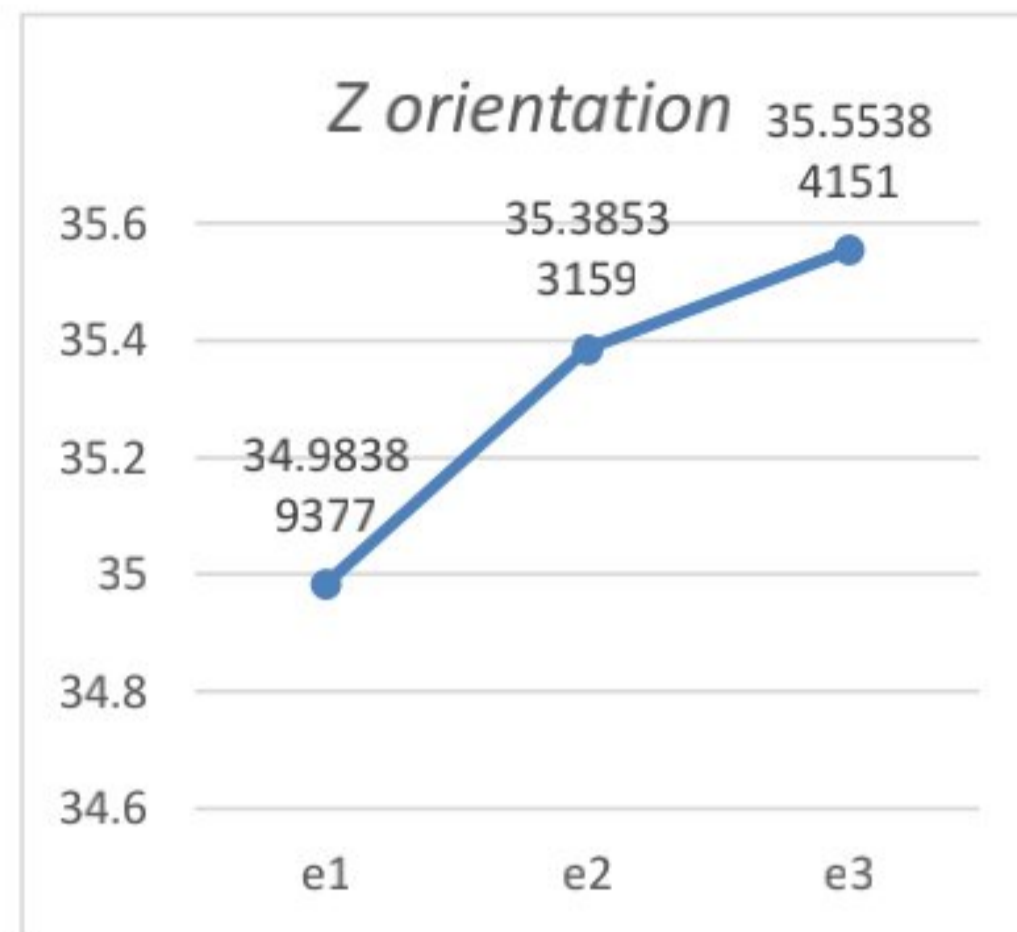
Selanjutnya dari hasil kalkulasi rasio S/N pada tabel 4.7. dapat diamati pada faktor *filament* bahwa hasil terbaik terdapat pada level 1 atau *filament M*, diikuti level 3 atau *filament O* dan level 2 atau *filament N*. Dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik *Filament*

Sumber : *Software*

Selanjutnya dari hasil kalkulasi rasio S/N pada tabel 4.8. dapat diamati pada faktor *filament* bahwa hasil terbaik terdapat pada level 3 sebesar 40° , diikuti level 2 sebesar 35° dan level sebesar 30° . Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Z Orientation
Sumber : Software

4.4. Analisis Varian Taguchi dan persen kontribusi

DoF total

$$V_T = N - 1 \dots\dots\dots(4.3)$$

$$= 27 - 1 = 26$$

DoF faktor A (*Layer thickness*)

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

DoF faktor B (*Temp. Nozzle*)

$$V_B = 3 - 1 = 2$$

DoF faktor C (*Print Speed*)

$$V_C = 3 - 1 = 2$$

DoF faktor D (*Filament*)

$$V_D = 3 - 1 = 2$$

DoF faktor E (*Z Orientation*)

$$V_E = 3 - 1 = 2$$

DoF error total

$$\begin{aligned}
 V_{error} &= V_T - V_A - V_B - V_C - V_D - V_E \dots\dots\dots(4.4) \\
 &= 26-2-2-2-2-2 \\
 &= 16
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan hasil menggunakan aplikasi validasi hasil analisis varian taguchi dan persen kontribusi yang didapat

Tabel 4.10. Persen Kontribusi dan *Sum of Square*

<i>Source</i>	<i>DoF</i>	<i>Seq SS</i>	<i>Contribution</i>	<i>Adj SS</i>	<i>Adj MS</i>	<i>F-Value</i>	<i>P-Value</i>
<i>temp nozzle</i>	2	58,45	8,21%	58,45	29,22	2,05	0,161
<i>layer thickness</i>	2	166,95	23,45%	167	83,48	5,86	0,012
<i>print speed</i>	2	89,16	12,52%	89,16	44,58	3,13	0,071
<i>Filament</i>	2	113,76	15,98%	113,8	56,88	3,99	0,039
<i>z orientation</i>	2	55,72	7,82%	55,72	27,86	1,95	0,174
<i>Error</i>	16	228,01	32,02%	228	14,25		
<i>Total</i>	26	712,05	100,00%				

Dari hasil diatas dapat diamati bahwa *layer thickness* menjadi faktor dengan pengaruh paling tinggi, yaitu sebesar 23,45%. Kemudian *filament* menjadi faktor yang berpengaruh dengan persenan kontribusi sebesar 15,98%. *Print speed* juga berkontribusi sebesar 12,52 %, lalu disusul *temperature nozzle* dan *Z orientation* masing masing sebesar 8,21% dan 7,82%.

Selain itu terdapat faktor *error* yang menjadi persenan tertinggi dibanding faktor faktor yang tersedia. Hal tersebut dapat dianalisis bahwa kemungkinan adanya pengaruh dari faktor faktor lain yang tidak terdeteksi menjadi bagian dari penelitian ini.

4.5. Uji F

Perhitungan terhadap uji F akan dijelaskan tabel berikut

Tabel 4.11. Uji F

faktor	f hitung	f tabel ($\alpha;2;16$)	keterangan
<i>Layer Thickness</i>	5,86		<i>H1 diterima</i>
<i>Temp Nozzle</i>	2,05		<i>H0 diterima</i>
<i>Print Speed</i>	3,13	3,63	<i>H0 diterima</i>
<i>Filament</i>	3,99		<i>H1 diterima</i>
<i>Z Orientation</i>	1,95		<i>H0 diterima</i>

Hipotesis pengujian :

H0 : tidak berpengaruh signifikan

H1 : berpengaruh signifikan

Kriteria pengujian : H1 diterima apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($\alpha = 5\%$)

Dari tabel 4.11., dapat dianalisis bahwa terdapat 2 jenis hipotesis pengujian. H1 atau yang mempunyai pengaruh signifikan terdapat pada faktor *layer thickness*, dan *filament*. Sedangkan *print speed*, *temperature nozzle*, dan *Z orientation* tidak mempunyai pengaruh yang signifikan atau bersifat hipotesis H0.

4.6. Uji Konfirmasi

Untuk memastikan bahwa hasil dari analisis data uji sesuai dengan hasil di lapangan, maka perlu untuk melakukan proses implementasi dengan melakukan uji konfirmasi dan melakukan perbandingan dengan spesimen yang mempunyai level yang berbeda pada setiap faktor.

Tabel 4.12. Uji Kombinasi Awal

Replikasi			
sp 1	sp 2	sp 3	mean
40,9	40,3	45,4	42,2

Tabel 4.13. Uji Konfirmasi Optimal

Replikasi			
sp 1	sp 2	sp 3	mean
62,9	68,6	65,6	65,7

Dari hasil penyajian data dari tabel, terlihat bahwa uji kombinasi awal dengan uji konfirmasi optimal mengalami perubahan nilai yang cukup signifikan. Dengan menggunakan metode perbandingan, didapat bahwa uji kombinasi awal menghasilkan kekuatan tarik rata rata 42,2 MPa, sedangkan uji konfirmasi optimal menghasilkan kekuatan tarik dengan nilai rata rata 65,7 MPa.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data serta analisis dari penelitian yang berjudul “Pengaruh Merek Terhadap Kuat Uji tarik dengan Menggunakan ASTM D638 *type V*” maka dapat ditarik kesimpulan bahwa

1. Merek yang paling optimum untuk dilakukan pengujian tarik dengan spesifikasi yang sama adalah Filament M.
2. Dari hasil pengujian yang didapat, nilai uji tarik tertinggi terdapat pada spesimen 3 dengan rata rata 71,03 MPa dan mempunyai parameter *layer thickness* sebesar 0,15 mm, *filament M*, *print speed* sebesar 55 mm/s, *temperature nozzle* sebesar 200°C, dan *Z orientation* sebesar 40°, sedangkan nilai uji tarik terendah terdapat pada spesimen 19 dengan nilai rata rata 46,63 MPa *layer thickness* sebesar 0,25 mm, *filament N*, *print speed* sebesar 60 mm/s, *temperature nozzle* sebesar 200°C, dan *Z orientation* dengan kemiringan 30°. Nilai parameter yang paling optimum dan paling berpengaruh berturut turut ialah *layer thickness* sebesar 0,15 mm, *filament M*, *print speed* sebesar 55 mm/s, *temperature nozzle* sebesar 230°C, dan *Z orientation* dengan kemiringan 40°.

5.2. Saran

Dengan dilakukan analisis uji kuat tarik pada *filament polylatid acid*, melalui sebuah penelitian yang berjudul “Pengaruh merek *filament PLA* terhadap kuat tarik dengan menggunakan ASTM D638 *type V*” terdapat saran ataupun masukan agar mendapatkan hasil yang lebih baik lagi dengan melanjutkan penelitian ataupun riset ilmiah lainnya

1. Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan merek merek *filament PLA* yang lebih bervariasi lagi.

2. Menggunakan lebih banyak faktor maupun level agar meminimalisir terjadinya faktor non teknis.
3. Metode yang digunakan dapat divariasikan kembali, baik menggunakan metode RSM, faktorial, maupun yang lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., Suzen, Z. S. (2021). Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Produk *3d Printing* Menggunakan Filamen *Polylactic Acid (Pla)* Buatan *R3d Maker*. 2(12).
- Ardiyanto, D. (2021). Antara *Filament Pla* Dengan *Filament Petg* Pada *3d Printer Ender 5 Pro* Politeknik Harapan Bersama Tegal Tahun 2021.
- Avérous, L. (2019). *Polylactic Acid: Synthesis, Properties And Applications*.
- Balla, E., Daniilidis, V., Karlioti, G., Kalamas, T., Stefanidou, M., Bikiaris, N. D., Vlachopoulos, A., Koumentakou, I., & Bikiaris, D. N. (2021). *Poly(Lactic Acid): A Versatile Biobased Polymer For The Future With Multifunctional Properties-From Monomer Synthesis, Polymerization Techniques And Molecular Weight Increase To Pla Applications*. In *Polymers (Vol. 13, Issue 11)*. Mdpi Ag. <https://doi.org/10.3390/Polym13111822>
- Bari, M. H. (2021). Optimasi Parameter Proses Pada *3d Printing Fdm* Terhadap Kekuatan Tarik *Filament Pla Food Grade* Menggunakan Metode *Taguchi L27*.
- Budinski, N., Lavicza, Z., Vukić, N., Teofilović, V., Kojić, D., Erceg, T., & Budinski-Simendić, J. (2019). *Interconnection Of Materials Science, 3d Printing And Mathematic In Interdisciplinary Education*. *Sted Journal*, 1(2), 21–30. <https://doi.org/10.7251/Sted1902021b>
- Eko Putra, Kurniawan. (2019). Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Bahan Di *3d Printer*. <http://repository.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/8154>, 4–8.

- Febrian, R., Tanoto, Y. Y., Filbert, V., & Adriel, N. (2022). Optimasi Multirespon Pada Proses *3d Printing* Material Pla Dengan Metode *Taguchi Grey*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(2), 577–588. <https://doi.org/10.21776/Jrm.V13i2.1113>
- Hanon, M. M., Marczis, R., & Zsidai, L. (2021). *Influence Of The 3d Printing Process Settings On Tensile Strength Of Pla And Ht-Pla*. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 65(1), 38–46. <https://doi.org/10.3311/Ppme.13683>
- Hasdiansah, Feriadi, I., Masdani, & Pristiansyah. (2020). Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi *Pla Food Grade* Menggunakan Metode *Taguchi*. 1, 175–186.
- Hasdiansah, H., & Suzen, Z. S. (2021). Pengaruh Geometri *Infill* Terhadap Kekuatan Tarik Spesimen Uji Tarik *Astm D638 Type Iv* Menggunakan Filamen *Pla+ Sugoi*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(2), 140. <https://doi.org/10.32497/Jrm.V16i2.2343>
- Hsueh, M. H., Lai, C. J., Chung, C. F., Wang, S. H., Huang, W. C., Pan, C. Y., Zeng, Y. S., & Hsieh, C. H. (2021). *Effect Of Printing Parameters On The Tensile Properties Of 3d-Printed Polylactic Acid (Pla) Based On Fused Deposition Modeling*. *Polymers*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/Polym13142387>
- Ilyas, R. A., Sapuan, S. M., Harussani, M. M., Hakimi, M. Y. A. Y., Haziq, M. Z. M., Atikah, M. S. N., Asyraf, M. R. M., Ishak, M. R., Razman, M. R., Nurazzi, N. M., Norrrahim, M. N. F., Abral, H., & Asrofi, M. (2021). *Polylactic Acid (Pla) Biocomposite: Processing, Additive Manufacturing And Advanced Applications*. In *Polymers* (Vol. 13, Issue 8). Mdpi Ag. <https://doi.org/10.3390/Polym13081326>
- Irwan Soejanto. (2009). *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi* / Irwan Soejanto. Yogyakarta :: Graha Ilmu,.

- Khan, S. F., Zakaria, H., Chong, Y. L., Saad, M. A. M., & Basaruddin, K. (2018). *Effect Of Infill On Tensile And Flexural Strength Of 3d Printed Pla Parts. Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 429(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/429/1/012101>
- Kholil, A., Aufo, F., & Syaefudin, E. A. (2020). Pengaruh *Layer Thickness* Dan Orientasi *3d Printing* Terhadap Uji Tarik Material *Abs*.
- Li, G., Zhao, M., Xu, F., Yang, B., Li, X., Meng, X., Teng, L., Sun, F., & Li, Y. (2020). *Synthesis And Biological Application Of Polylactic Acid. In Molecules* (Vol. 25, Issue 21). Mdpi. <https://doi.org/10.3390/Molecules25215023>
- Lubis, Gita Suryani, Taufiqurrahman, Muhammad, & Ivanto, M. (2021). Analisa Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Tarik Produk Hasil 3d Printing Berbahan *Polylactic Acid* (1)* Gita Suryani Lubis, (2) Muhammad Taufiqurrahman, (3) Muhammad Ivanto. *Jurnal Engine : Energi, Manufaktur, Dan Material*, 5(2), 39–44.
- Lubis, S., Djamil, S., & Yolanda. (2016). Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses *3d Printing* Bahan *Polymer Pla* Dan *Abs* Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk.
- Madhavan Nampoothiri, K., Nair, N. R., & John, R. P. (2010). *An Overview Of The Recent Developments In Polylactide (Pla) Research. In Bioresource Technology* (Vol. 101, Issue 22, Pp. 8493–8501). <https://doi.org/10.1016/J.Biortech.2010.05.092>
- Montgomery, Douglas C. (2017). *Design And Analysis Of Experiments*.
- Nagarajan, V., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2016). *Perspective On Polylactic Acid (Pla) Based Sustainable Materials For Durable Applications: Focus On Toughness And Heat Resistance. In Acs Sustainable Chemistry And Engineering* (Vol. 4, Issue 6, Pp. 2899–2916). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/Accsuschemeng.6b00321>

- Prabowo, L. (2007). Pengaruh Perlakuan Kimia Pada Serat Kelapa (*Coir Fiber*). Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, 7–17.
- Pranata, Y., Hasdiansah, & Arriyani, Y. F. (2022). Pengujian Kuat Tarik Produk Cetak 3d Printing Material Abs. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan 2022, 2(January), 85–91.
- Prasong, W., Muanchan, P., Ishigami, A., Thumsorn, S., Kurose, T., & Ito, H. (2020). *Properties Of 3d Printable Poly(Lactic Acid)/Poly(Butylene Adipate-Co-Terephthalate) Blends And Nano Talc Composites*. *Journal Of Nanomaterials*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8040517>
- Pristiansyah, Hasdiansah, & Ferdiansyah, A. (2022). *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Pengaruh Parameter Proses Pada 3d Printing Fdm Terhadap*. 14(01).
- Rusianto, T., & Huda, S. (2019). A Riview : Jenis Dan Pencetakan 3d (*3d Printing*) Untuk Pembuatan Prototipe. *Jurnal Teknologi*, Volume 12(28), 14–21.
- Salindeho, R. D., Soukota, J., & Poeng, R. (2018). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Jurnal J-Ensitem*, 3(1), 1–11.
- Setiawan, A. (2017). Pengaruh Parameter Proses Ektrusi *3d Printer* Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan *Filament Pla (Poly Lactide Acid)*. In *Jurnal Teknik Sttkd* (Vol. 4, Issue 2).
- Setiawan, B., Santoso, I. T., Walid, A., Prasetyo, R., Permatasari, D. C., & Audiana, V. U. (2021). Aplikasi Solidwork Untuk Rancangan Cad 3d Pada Mesin *3d Printer 2x2x2 Meter*. *Jurnal Eltek*, 19(2), 9. <https://doi.org/10.33795/Eltek.V19i2.283>
- Subakti. (2021). Pengaruh Media , Temperatur , Dan *Holding Time Annealing* Pada Spesimen *Astm D638 Type Iv* . Menggunakan Filamen *St Pla Diajukan Oleh :*

- Subakti, Y., Hasdiansah, & Kurniawan, Z. (2021). Pengaruh Media, Temperatur Dan Waktu Perlakuan *Annealing* Pada Spesimen Standar Astm D638 *Type Iv* Menggunakan Filamen St Pla. *Sprocket Journal Of Mechanical Engineering*, 3(1), 7–14. <https://doi.org/10.36655/Sprocket.V3i1.569>
- Sugandi, A., Akhmadi, Amin Nur, & Qurohman, M. (2021). Analiss Kekuatan Uji Tarik Terhadap Hasil *3d Printer Creality Ender 5pro*. 1–4.
- Suzen, Z. S., Hasdiansah, & Yuliyanto. (2020). Pengaruh Tipe *Infill* Dan Temperatur *Nozzle* Terhadap Kekuatan Tarik Produk *3d Printing* Filamen Pla+ Esun. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 12(02).
- Tyler, B., Gullotti, D., Mangraviti, A., Utsuki, T., & Brem, H. (2016). *Polylactic Acid (Pla) Controlled Delivery Carriers For Biomedical Applications*. In *Advanced Drug Delivery Reviews* (Vol. 107, Pp. 163–175). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.06.018>
- Wijayanto, Samuel Eluzai, Handoko, R., Noel, J., Anggawirawan, T., & Suteja, The Jaya. (2022). Identifikasi Jenis *Infill Pattern* Pada Proses *3d Printing* Yang Menghasilkan Hasil Cetak Dengan Kekuatan Tekan Dan Panjang Filamen Yang Optimal 3d. *March*, 531–539.
- Wilkinson, S., & Cope, N. (2015). *3d Printing And Sustainable Product Development*. In *Green Information Technology: A Sustainable Approach* (Pp. 161–183). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801379-3.00010-3>
- Yao, T., Deng, Z., Zhang, K., & Li, S. (2019). *A Method To Predict The Ultimate Tensile Strength Of 3d Printing Polylactic Acid (Pla) Materials With Different Printing Orientations*. *Composites Part B: Engineering*, 163, 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.01.025>

Lampiran 1
Daftar Riwayat Hidup

Nama : Naufal Rafiq Muhammad
Tempat, Tanggal lahir : Dumai, 29 Desember 2001
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Pendidikan Terakhir : D IV (Teknik Mesin dan Manufaktur)
Alamat : Jalan Jeruk NO. 17, RT 09
Kelurahan Rimba Sekampung
Kecamatan Dumai Kota
Kota Dumai, Provinsi Riau 28822
Telepon/HP : +62812 7262 3742
Email : Naufalzikridumai@gmail.com

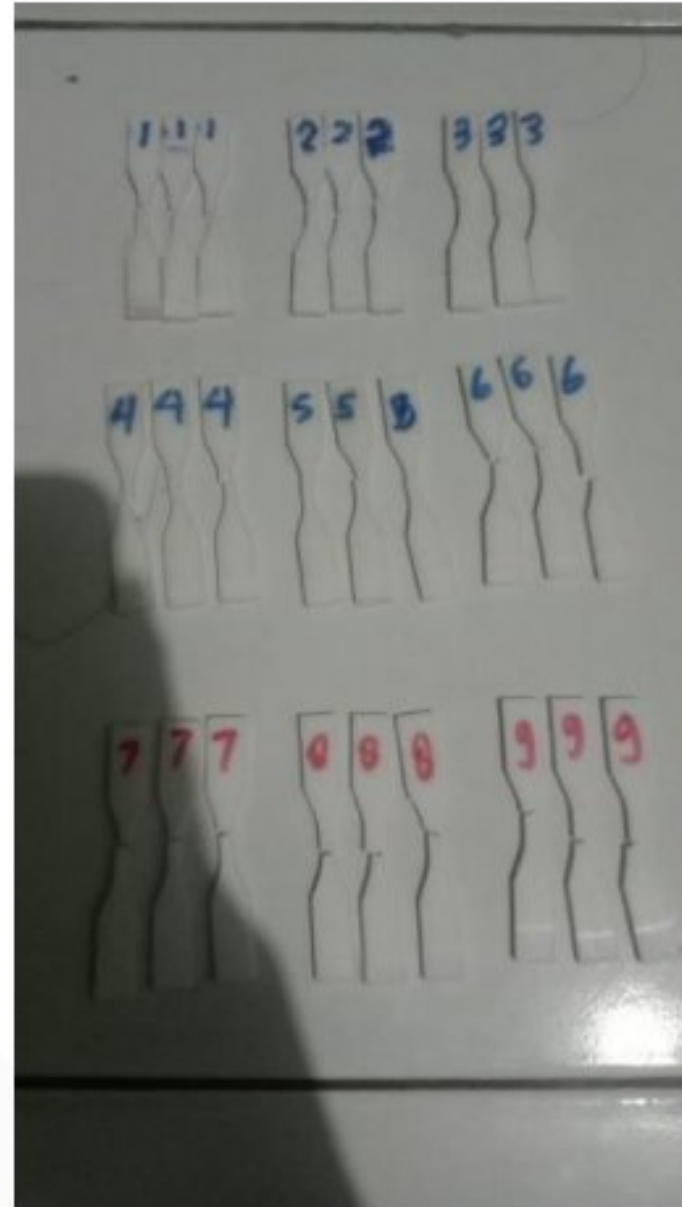
Pendidikan formal

- a. 2016-2019 : MA IT Al-Ihsan Boarding School, Kampar, Riau
- b. 2013-2016 : SMPIT Al-Ihsan Boarding School, Kampar, Riau
- c. 2007-2013 : SDIT Jami'atul Muslimin, Dumai, Riau
- d. 2006-2007 : TKIT Jami'atul Muslimin, Dumai, Riau

Pendidikan non formal

- a. 2022 : LK 2 Himpunan Mahasiswa Islam
- b. 2021 : LK 1 Himpunan Mahasiswa Islam
- c. 2010-2012 : Kursus Grand English Course
- d. 2008-2010 : Kursus Sempoa Indonesia Pratama

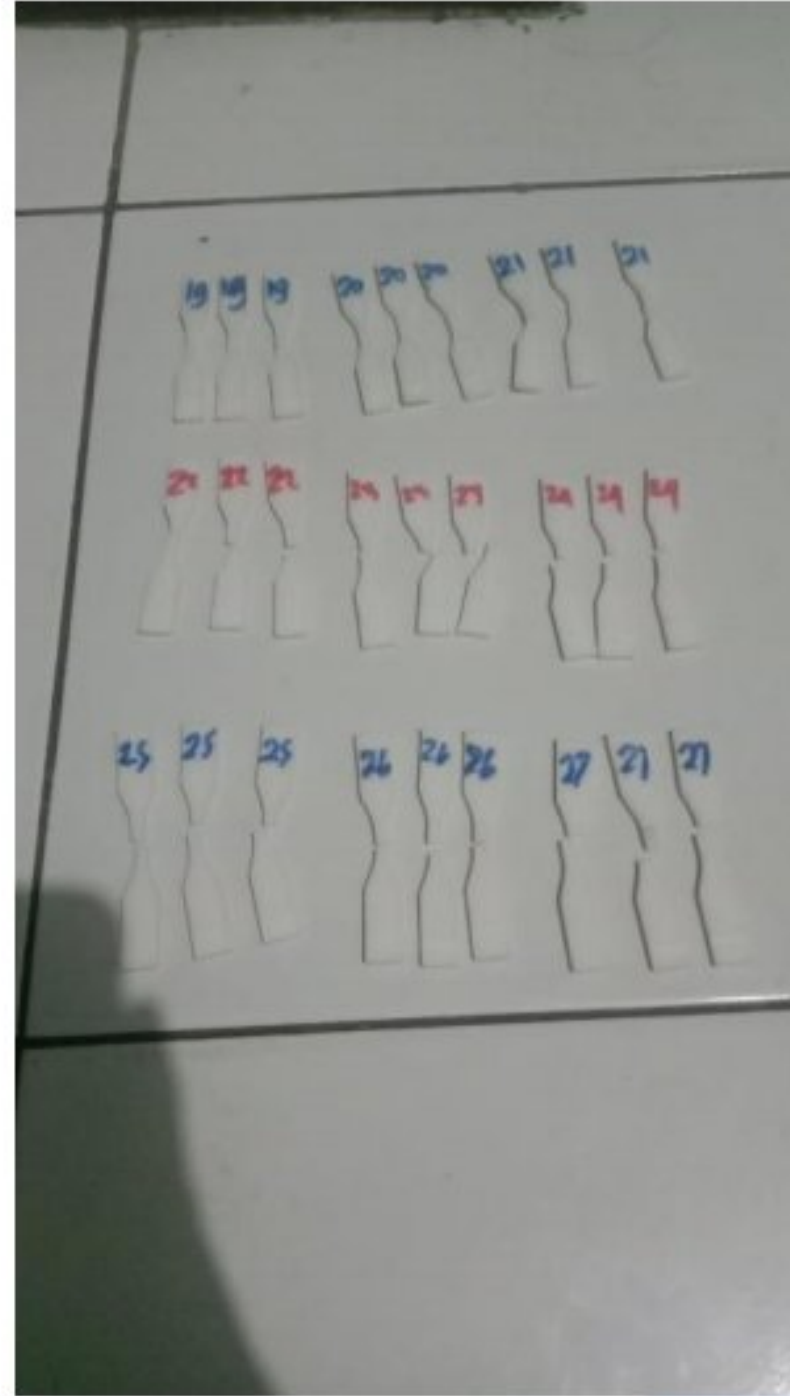
Lampiran 2
Kondisi Spesimen Penelitian Pasca Pengujian Tarik



Gambar 2.1 Bentuk spesimen uji pasca pengujian tarik 1-9



Gambar 2.2 Bentuk spesimen uji pasca pengujian tarik 10-18



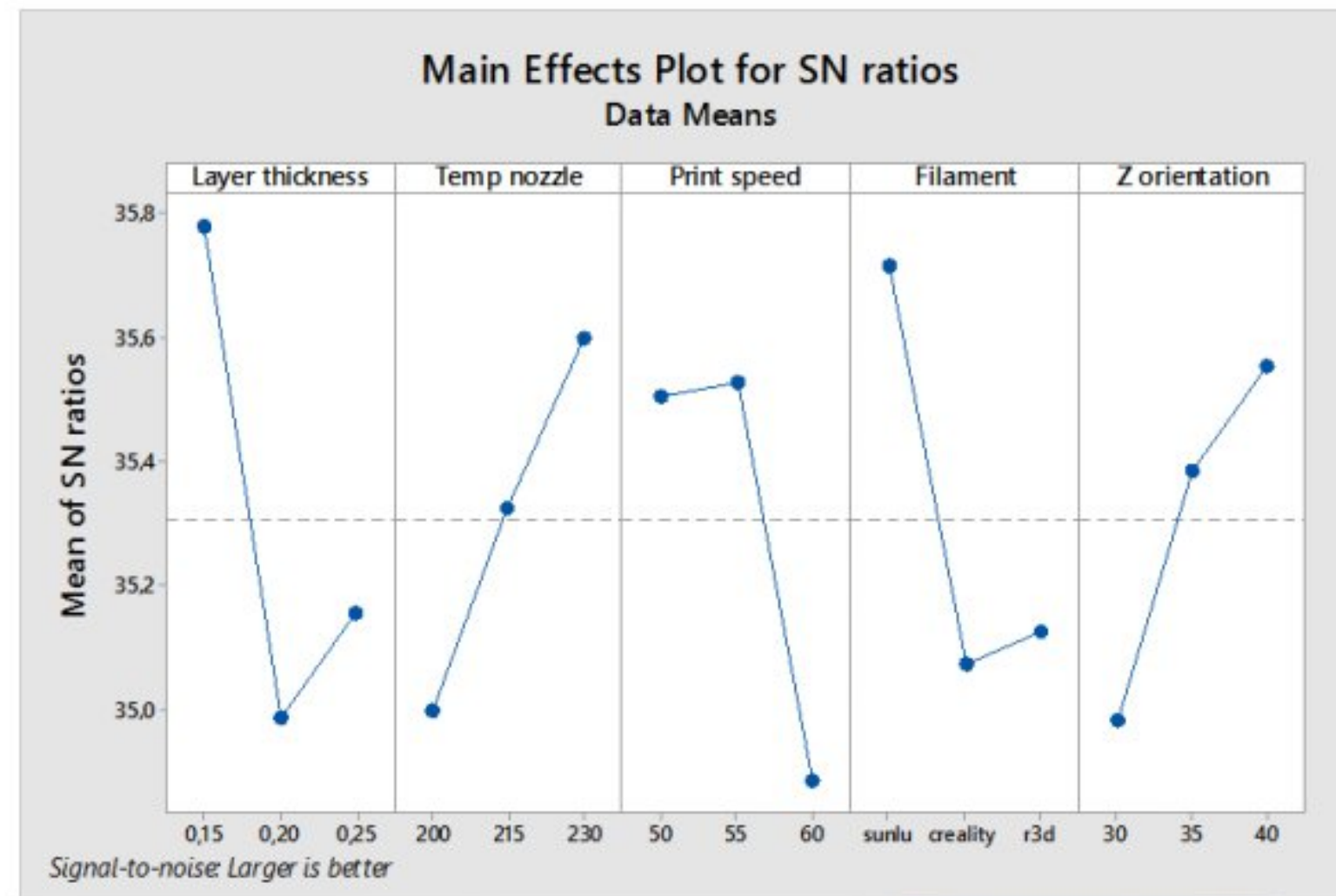
Gambar 2.3 Bentuk spesimen uji pasca pengujian tarik 19-27

Lampiran 3
Benda Uji Konfirmasi

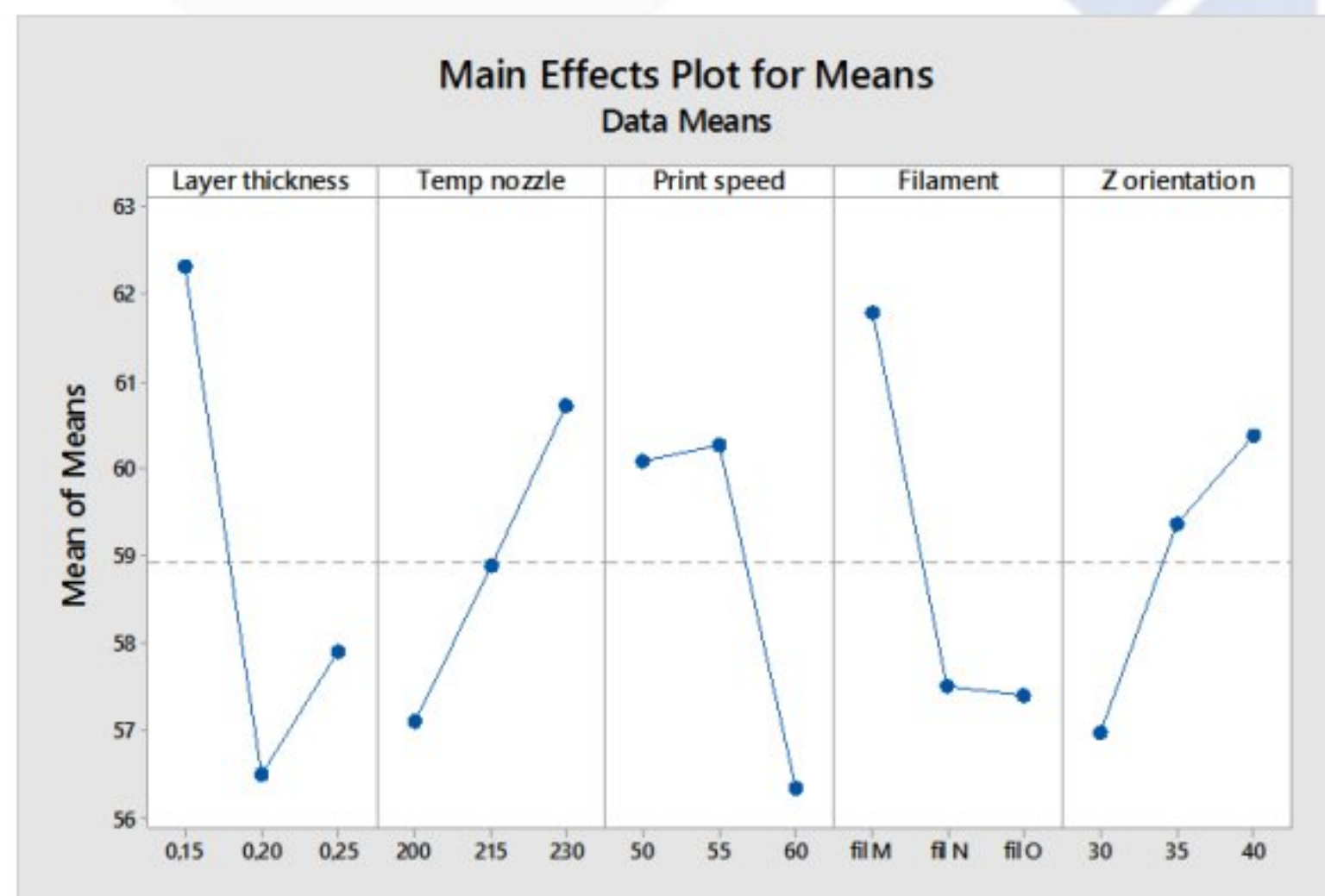


Gambar 3.1 Bentuk Spesimen uji konfirmasi pasca pengujian tarik

Lampiran 4 Validasi Perhitungan S/N



Gambar 4.1 validasi S/N ratio



Gambar 4.2. validasi rata rata

Level	Layer thickness	Temp nozzle	Print speed	Filament	Z orientation
1	35,78	35,00	35,51	35,72	34,98
2	34,99	35,33	35,53	35,08	35,39
3	35,16	35,60	34,89	35,13	35,55
Delta	0,79	0,60	0,64	0,64	0,57
Rank	1	4	3	2	5

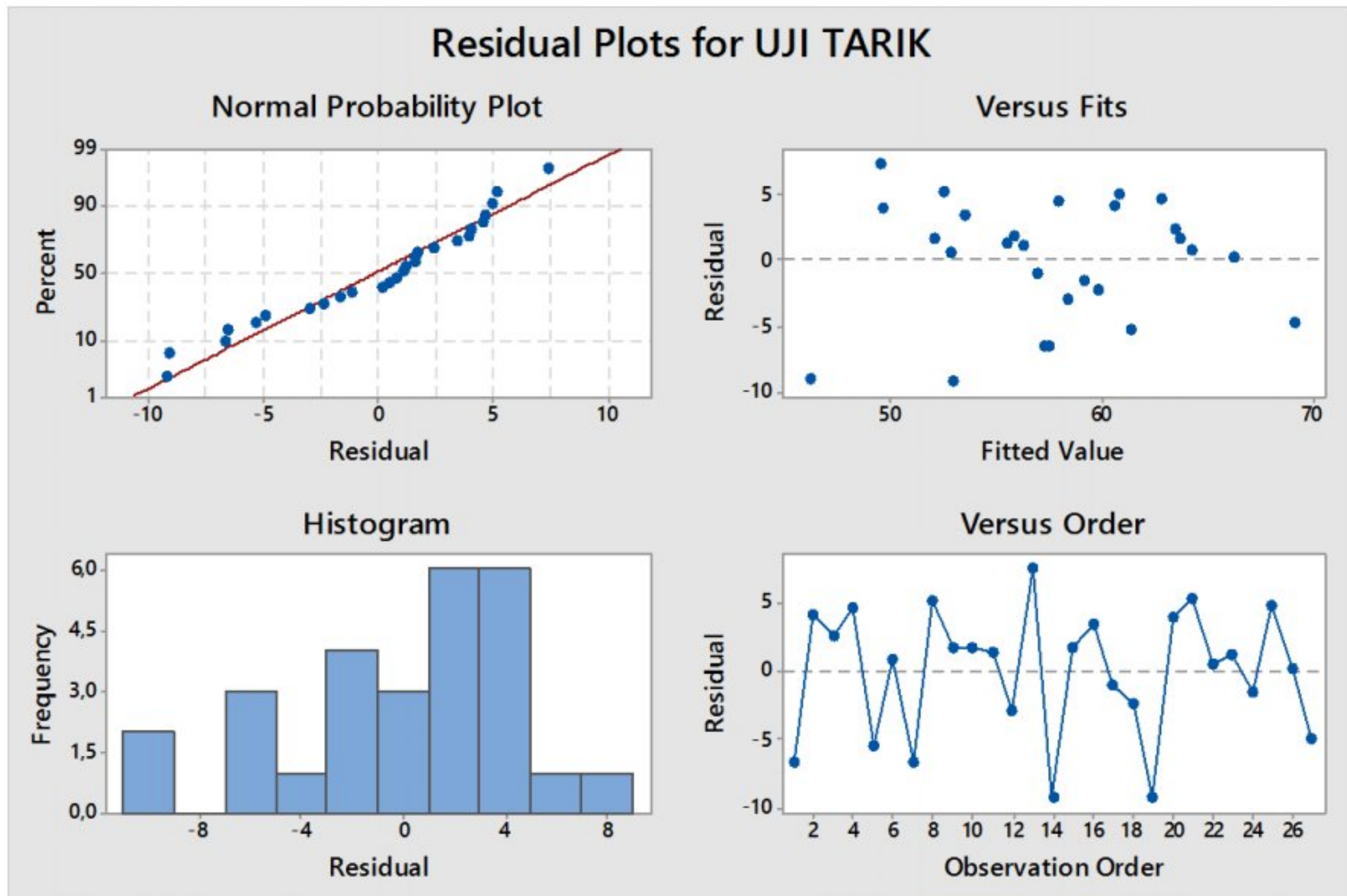


Lampiran 5.
Perhitungan Uji Konfirmasi

s/n prediction		s/n existing	
parameter	s/n	Parameter	s/n
average s/n	35,307689	average s/n	35,307689
a1/a2/a3	35,778465	a3	35,157121
b1/b2/b3	35,5986	b2	35,325558
c1/c2/c3	35,528482	c3	34,888614
d1/d2/d3	35,717758	d2	35,076536
e1/e2/e3	35,553842	e1	34,983894
popt	36,946391	Pexist	34,200967
	prediction		confirmation
existing design	34,200967	existing design	32,470072
optimum design	36,946391	optimum design	36,334977
gain	2,7454242	Gain	3,8649048



Lampiran 6
Residual Plot Analysis of Varian



Gambar 5.1 *Residual Plot* ANOVA hasil perhitungan

Lampiran 7
Spesifikasi masing masing *filament*

Spesifikasi *filament M*

<i>Type</i>	<i>Polylactid acid</i>
<i>Colour</i>	<i>White</i>
<i>Diameter</i>	<i>1,75 mm</i>
<i>Print temperature</i>	<i>200-230°C</i>
<i>Print speed</i>	<i>50-100 mm/s</i>
<i>Made</i>	<i>China</i>




Spesifikasi filament N


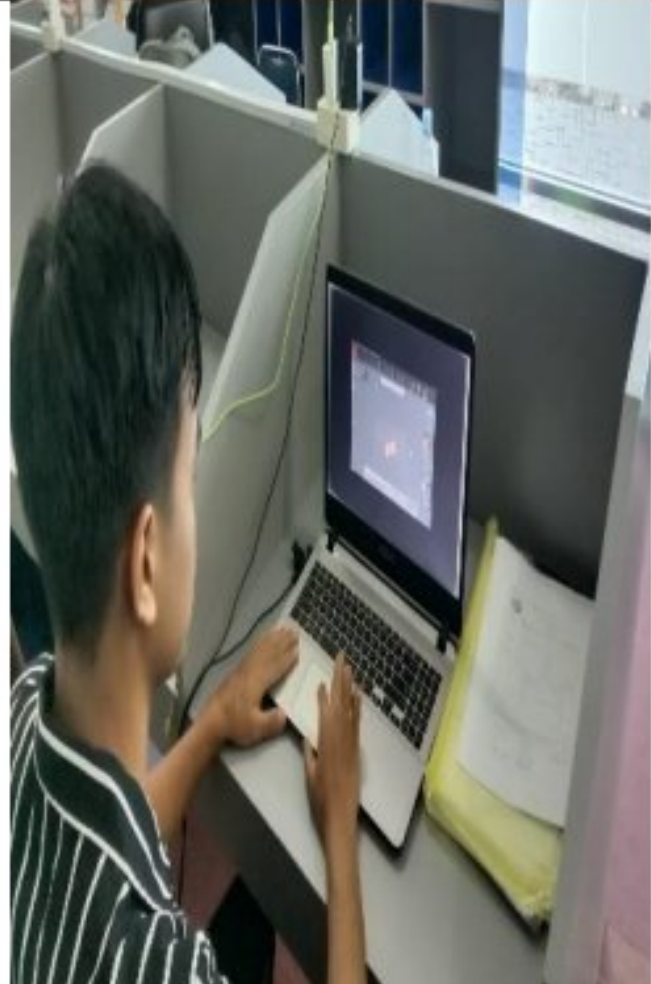

<i>Type</i>	<i>Polylactid acid</i>
<i>Colour</i>	<i>White</i>
<i>Diameter</i>	<i>1,75 mm</i>
<i>Print temperature</i>	<i>200-230°C</i>
<i>Print speed</i>	<i>50-100 mm/s</i>
<i>Made</i>	<i>China</i>


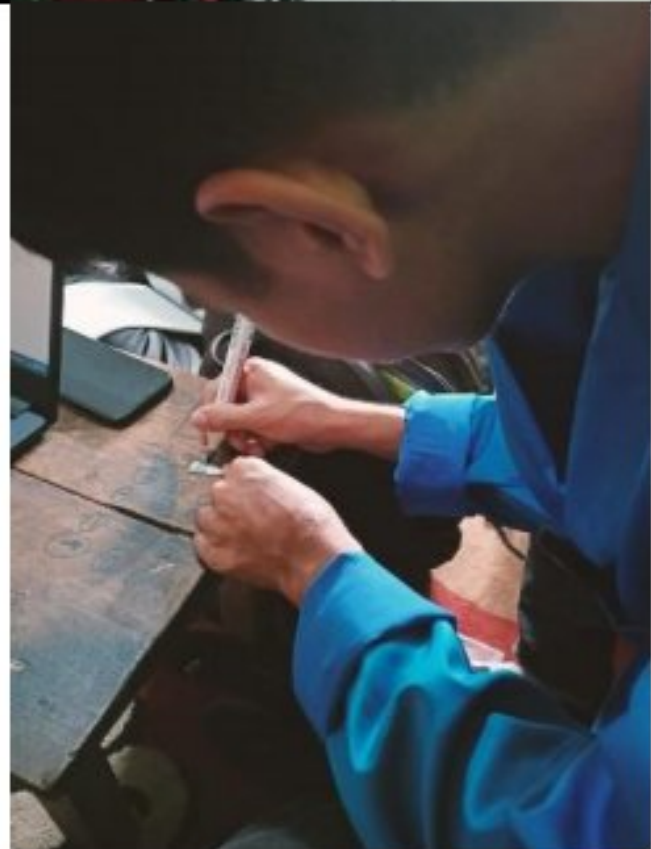
Spesifikasi filament O

<i>Type</i>	<i>Polylactid acid</i>
<i>Colour</i>	<i>White</i>
<i>Diameter</i>	<i>1,75 mm</i>
<i>Print temperature</i>	<i>200-230°C</i>
<i>Print speed</i>	<i>50-100 mm/s</i>
<i>Made</i>	<i>China</i>




Lampiran 8
Proses Pembuatan Spesimen

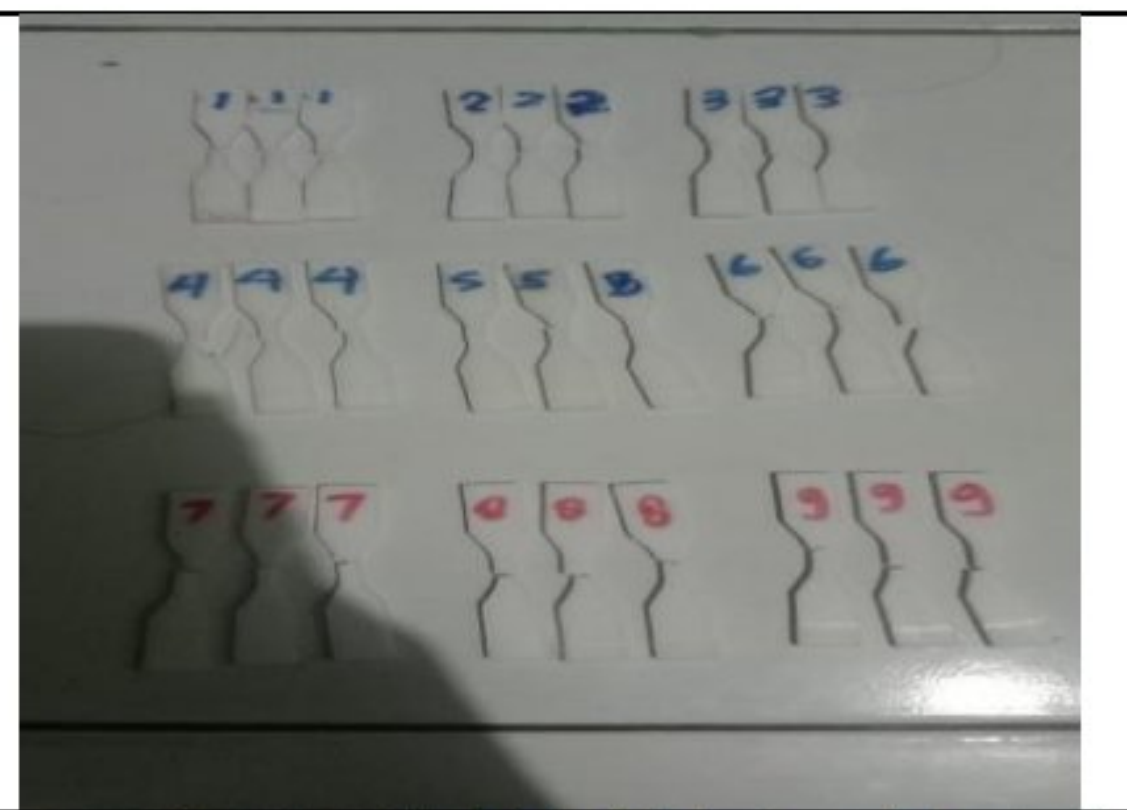
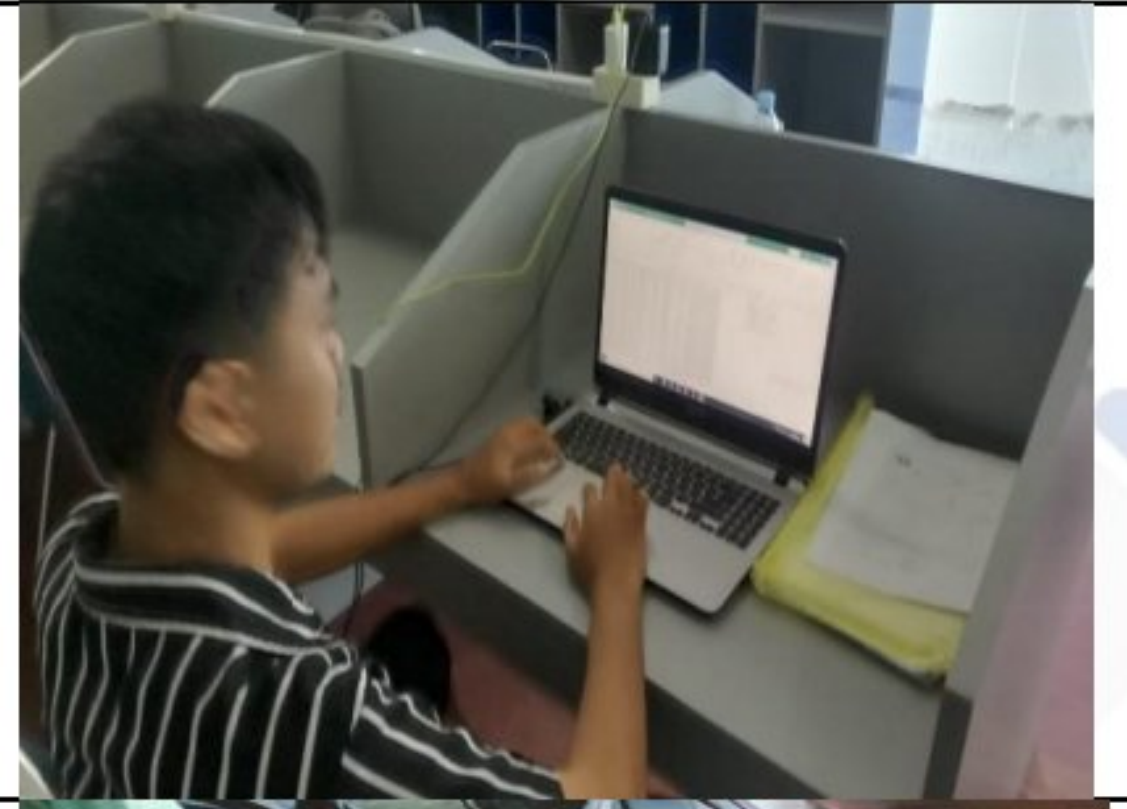

No	Gambar proses kerja	Keterangan
1		<p>Pengambilan <i>filament O</i></p>
2		<p>Pengambilan <i>filament N</i></p>
3		<p>Pengambilan <i>filament M</i></p>

4		<p>Proses <i>design</i> dengan spesimen uji ASTM D638 <i>type V</i> menggunakan Autodesk Fusion 360 <i>for student</i></p>
5		<p>Proses <i>slicing</i> spesimen uji ASTM D638 <i>type V</i> menggunakan aplikasi Ideamaker 4.3.2.</p>
6		<p>Proses pencetakan spesimen uji ASTM D638 <i>type V</i> dengan menggunakan mesin Ender 3 pro</p>

7		<p>Proses pengambilan spesimen uji ASTM D638 <i>type V</i> dari mesin Ender 3 pro</p>
8		<p>Penulisan angka spesimen untuk pengujian tarik</p>


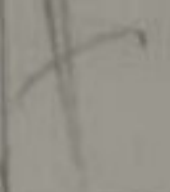
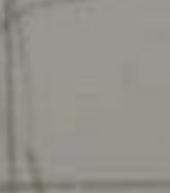

Lampiran 9
Proses Pengujian Tarik dan Kalkulasi Data

No	Gambar Proses Kerja	Keterangan
1		<p>Proses <i>setting</i> pencekaman pada spesimen uji ASTM D638 <i>Type V</i></p>
2		<p>Melakukan pengamatan pada proses pengujian tarik</p>
3		<p>Proses kalkulasi dan perhitungan hasil uji tarik</p>

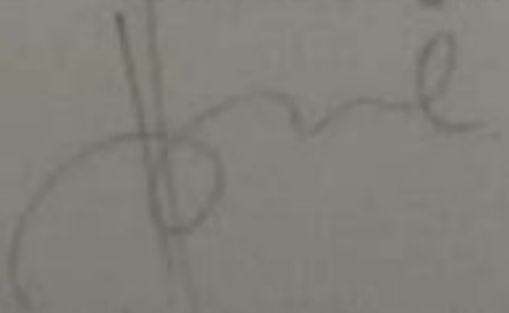
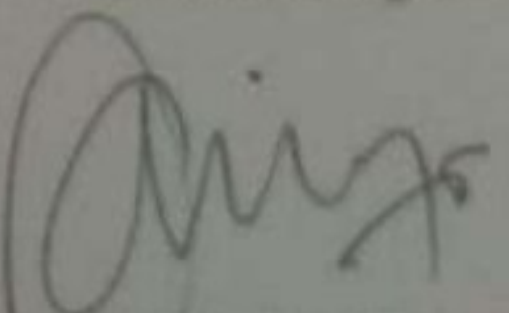
4		<p>Hasil benda kerja pasca pengujian tarik</p>
5		<p>Melakkan proses perhitungan taguchi dengan Microsoft excel</p>
6		<p>Proses validasi dengan <i>software</i> analisis</p>









FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
JUDUL		Penyandi mask pelan PLA teknolog 3D kat bank dengan P.S.M. R. 6.38 Type II	
Nama Mahasiswa		1. <u>Muhammad Nur Muhammad</u> /NIM: <u>1041923</u> 2. _____ /NIM: _____ 3. _____ /NIM: _____ 4. _____ /NIM: _____ 5. _____ /NIM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	16 / 4 - 22	Pembelian filament PLA, dan pengerolan mesin 3D Print	
2	30 / 4 - 22	Pengambilan spesimen	
2	21 / 10 - 22	Pengiriman ke laboratorium supaya diuji tarik	

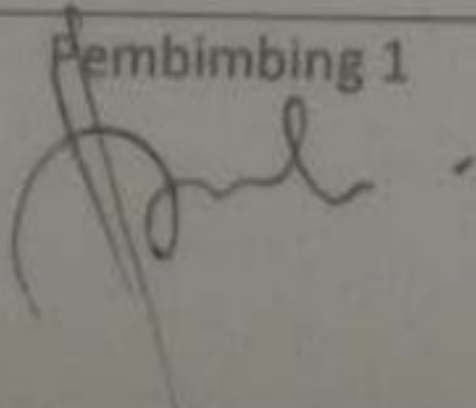
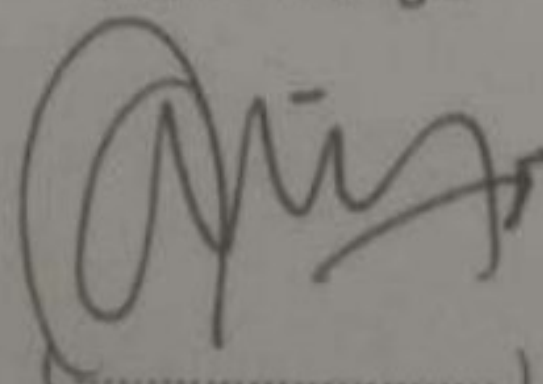
KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Muhammad Nur Muhammad)	Pembimbing 2  (SUSKANTO)	Pembimbing 3 ()


FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
JUDUL		Pengaruh merk filament PLA terhadap viskositas tarikan dengan ASTM D638 Type II	
Nama Mahasiswa		1. Naufal Raviq Muhammad /NIM: 10011023 2. /NIM: 3. /NIM: 4. /NIM: 5. /NIM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	7/11-22	Pengambilan hasil uji tarik	
3	16/11-22	Kalkulasi perhitungan.	
3	18/11-22	Menyeriksa bab I - IV	
3	2/12-22	Bimbingan terkait teknis jurnal	
3	9/12-22	Menyerahkan jurnal	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / ~~BELUM~~ (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....)	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)


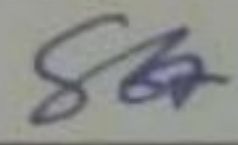
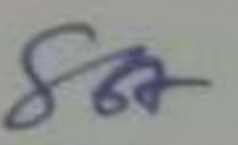
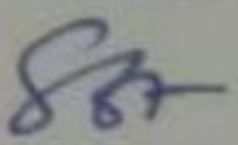
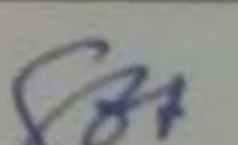
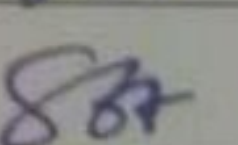
FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

		FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023	
JUDUL		Panjang merk filament PLA terhadap uji tarik dengan ASTM D 638 type 2	
Nama Mahasiswa		Nausal Ratiq U NIM:	
Nama Pembimbing		1. Hasdianah, S.S.T., M.Eng 2. Sugianto, S.S.T., M.T. 3.	
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	24/10-22	Melanjutkan hasil uji tarik	[Signature]
2	27/10-22	Mengorek Bab I-III	[Signature]
3	4/11-22	Melanjutkan hasil uji tarik	[Signature]
4	7/11-22	Selesai melakukan uji tarik	[Signature]
5	11/11-22	melakukan perhitungan taguchi	[Signature]
6	14/11-22	Melanjutkan perhitungan taguchi	[Signature]
7	16/11-22	menyerahkan hasil kalkulasi taguchi	[Signature]
8	18/11-22	Memeriksa bab I-IV	[Signature]
9	20/11-22	Melakukan perhitungan anova	[Signature]
10	22/11-22	Selesai melakukan perhitungan anova	[Signature]

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir


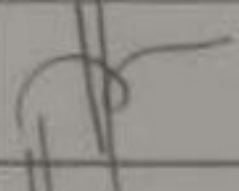






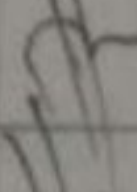
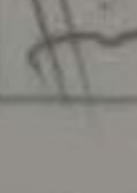
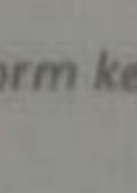
FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023		
JUDUL	Pengaruh merk filament PLA terhadap kuat tarik specimen UTM Hs.TM D638 Type V		
Nama Mahasiswa	Naveal Prakira M NIM: 1091923		
Nama Pembimbing	1. <u>Hosdiansah, S.S.T., M.Eng.</u> 2. <u>Sugianto, S.S.T.M.T.</u> 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	5/8-22	Mengerek penulisan Bab 1-IV	
2	6/10-22	Bimbingan penulisan bab I-V	
3	27/10-22	Cek plagiasi	
4	30/11-22	Revisi penulisan jurnal	
5	6/1-23	Revisi penulisan skripsi	
6			
7			
8			
9			
10			

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 <p style="text-align: center;">FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2022/2023</u></p>			
JUDUL	Pengaruh merk filament PLA terhadap kuat tarik specimen uji HSTU D638 Type II		
Nama Mahasiswa	Muhammad Rizki Mubandari NIM: 1091923		
Nama Pembimbing	1. Hasdiansyah S.S.T., M.Eng. 2. Suganto, S.S.T., M.T. 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	8/8-22	Membahas hasil monitoring pertama	
2	12/8-22	Menyerahkan pembelian filament PLA	
3	15/8-22	Memperbaiki spare part dari mesin 3D print	
4	18/8-22	Mempelajari tata cara menghidupkan mesin 3D	
5	14/9-22	Menyusun daftar specimen menggunakan excel	
6	15/9-22	Melanjutkan menyusun daftar specimen menggunakan excel	
7	20/9-22	Mencetak specimen filament PLA	
8	3/10-22	Melanjutkan mencetak specimen filament PLA	
9	14/10-22	Melanjutkan mencetak specimen fil/PLA	
10	17/10-22	Melakukan uji tarik	

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

...../...../.....

JUDUL : Pengaruh Merek Flaurent PLA terhadap kuat tarik specimen uji ASTM D638 type V

Nama Mahasiswa :
 1. Haqfal Rafiq Muhammad NIM: 1041923
 2. _____ NIM: _____
 3. _____ NIM: _____
 4. _____ NIM: _____
 5. _____ NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
1. Tambahkan slicing software pada batasan masalah.	14
- lengkapi grafik hasil uji tarik (bers histogram dsb yang cocok).	

Sunggailiat, 26.01.2023

Penguji

 (Haqfal Rafiq Muhammad)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
 Pembimbing

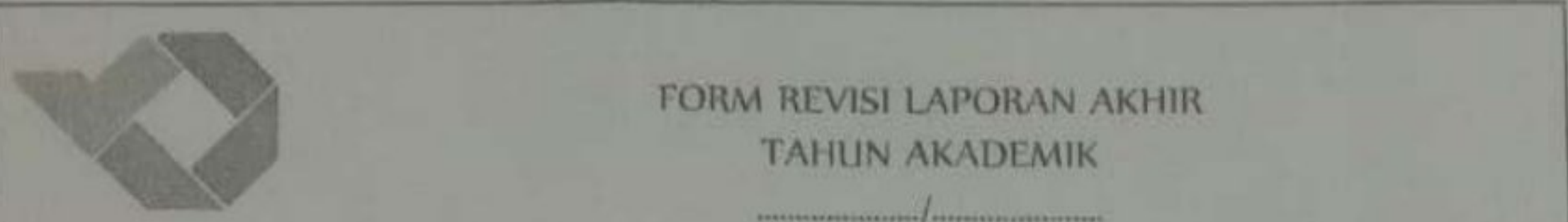
 (Haqfal Rafiq Muhammad)

Sunggailiat, 10.02.2023

Penguji

 (Haqfal Rafiq Muhammad)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : Pengaruh merk filament PLA terhadap
kuat tarik specimen uji ASTM D638 Type V

Nama Mahasiswa :
1. Maulana Rafiq Muhammad NIM: 1041923
2. _____ NIM: _____
3. _____ NIM: _____
4. _____ NIM: _____
5. _____ NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
1. Cetakan PA, susunan	
2. Metodologi penelitian disesuaikan dengan jurnal. (beda dengan poster).	
3. latar belakang.	
4. Hasil Teori ada Awal. (2 Kp).	

Sunggailiat, 26-1-2023
Penguji
(Yudi Oktadi)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing
(Harli Anshah)

Sunggailiat, 9-2-2023
Penguji
(Yudi Oktadi)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

...../.....

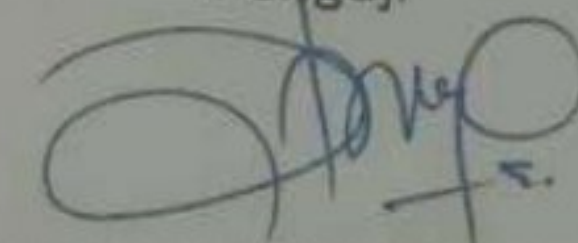
JUDUL : Pengaruh Merle Filament PLA Terhadap Kuat Tarik Specimen Uji KTM D638 Tipe V

Nama Mahasiswa :
 1. Naufal Rafiq Muhammad NIM: _____
 2. _____ NIM: _____
 3. _____ NIM: _____
 4. _____ NIM: _____
 5. _____ NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
- Abstrak	
- Latar belakang penelitian ?	
- Penulisan laporan (melihat & lihat di laporan!)	
- Tambah penelitian sebelumnya di bab 2 minimal 5 jurnal. (Internasional & Nasional)	
- langsung-langsung pengambilan data.	

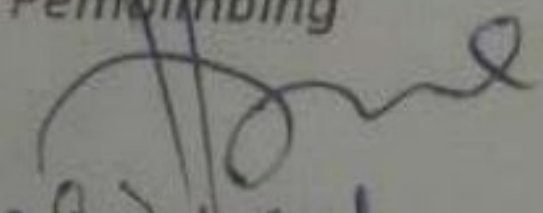
Sunggailiat, 26 Januari 2023

Penguji


(.....)

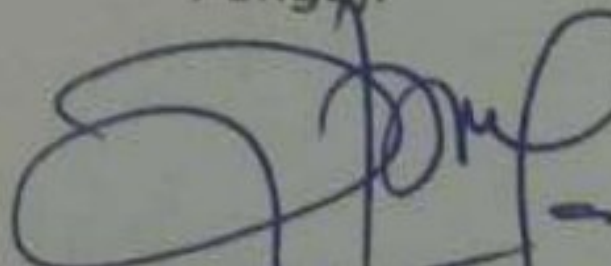
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing


(.....)

Sunggailiat, 10.02.2023

Penguji


(.....)

Naufal

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	5%
2	download.garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	1%
3	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%
4	123dok.com Internet Source	1%
5	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
6	text-id.123dok.com Internet Source	1%
7	eprints.umg.ac.id Internet Source	1%
8	id.123dok.com Internet Source	1%
9	docplayer.info Internet Source	1%

10	media.neliti.com Internet Source	<1 %
11	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
12	repository.uma.ac.id Internet Source	<1 %
13	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
14	teknikdesaindanmanufaktur.blogspot.com Internet Source	<1 %
15	ejournal.unmus.ac.id Internet Source	<1 %
16	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
17	repository.upstegal.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
19	es.scribd.com Internet Source	<1 %
20	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %

22	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1 %
23	dir.indiamart.com Internet Source	<1 %
24	informatika.stei.itb.ac.id Internet Source	<1 %
25	ipa.pelajaran.co.id Internet Source	<1 %
26	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
27	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
28	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
29	alkubrocollection.wordpress.com Internet Source	<1 %
30	positori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
31	repository.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %
32	teknikindustriamirudin.blogspot.com Internet Source	<1 %
33	www.coursehero.com Internet Source	<1 %

<1%

34 www.smkdamosdiary.com
Internet Source

<1%

35 Muhammad Irfan, Nursanti Abdullah, Siti Fadilla Paputungan. "Effect 17α -*Metiltosterone* Hormone with Different Dosage to Percentage Male Sex, Absolute Weigh Growth, and Survival to Congo Tetra Fish (*Micraleptus interruptus*)", Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan, 2020
Publication

<1%

36 adoc.pub
Internet Source

<1%

37 financer.com
Internet Source

<1%

38 pt.scribd.com
Internet Source

<1%

39 www.kompas.com
Internet Source

<1%

40 www.neliti.com
Internet Source

<1%

41 www.sekolahtehnik.com
Internet Source

<1%

42 ardhyantomuhamad.blogspot.com
Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off



JITT :

**JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

Kawasan Industri Alr Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>

e-ISSN : XXXX-XXXX

SURAT KETERANGAN
Nomor : 005/PL.28.C/PB/2022

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“PENGARUH MERK FILAMEN PLA TERHADAP KUAT
TARIK SPESIMEN UJI ASTM D638 TYPE V”**

Atas nama :

Penulis : **NAUFAL RAFIQ MUHAMMAD, HASDIANSAH, SUGIANTO**

Afiliasi : **POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 28 Desember 2022.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 28 Desember 2022
Kepala P3KM,



Ramli, M.Sc., Ph.D
NIP. 198310192014041001