

**PENINGKATAN KUAT TARIK PRODUK CETAK  
MENGUNAKAN FILAMEN ABS DENGAN PROSES  
*ANNEALING***

**PROYEK AKHIR**

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



Disusun oleh :

Yogie Pranata NIRM: 1041829

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

JUDUL PROYEK AKHIR

PENINGKATAN KUAT TARIK PRODUK CETAK MENGGUNAKAN  
FILAMEN ABS DENGAN PROSES *ANNEALING*

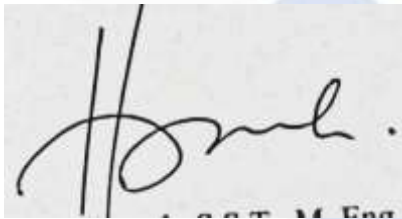
Oleh:

Yogie Pranata NIRM: 1041829

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

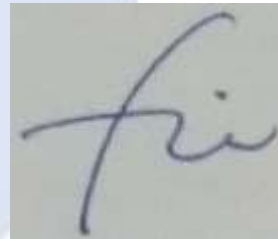
Menyetujui,

Pembimbing 1




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

Pembimbing 2



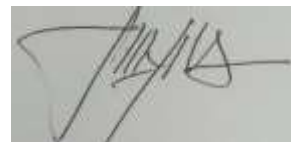
Yang Fitri Arriyani, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T.

Penguji 2



Eko Yudo, S.S.T., M.T.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yogie Pranata NIRM : 1041829

Dengan judul : Peningkatan kuat tarik produk cetak menggunakan filamen ABS dengan proses *annealing*.

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

Sungailiat, 14 Februari 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Yogie Pranata



## ABSTRAK

*Teknologi 3D printing yaitu teknologi manufaktur aditif (layer by layer) untuk membuat objek 3D dengan material filamen yang dilelehkan. Pada penelitian ini digunakan filamen ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) yang memiliki sifat mekanis sangat kuat dan resistansi terhadap suhu tinggi. Namun, filamen ini memiliki kelemahan yaitu bersifat getas, mengandung racun, dan mengalami penyusutan pada saat proses pendinginan. Sifat getas ini dapat dikurangi dengan proses annealing yang dapat meningkatkan keuletan dan mengurangi sifat getas pada material. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kekuatan tarik spesimen tanpa proses annealing dan setelah proses annealing. Pencetakan spesimen menggunakan metode Taguchi dengan rancangan  $L_{16}$ . Sedangkan untuk proses annealing menggunakan metode Taguchi dengan rancangan  $L_9$ . Faktor kontrol yang digunakan untuk pencetakan spesimen adalah infill layer thickness, wall printing speed, nozzle temperature, bed temperature, print speed, fan speed, infill density, wall thickness, top layers, bottom layers, infill overlap, retraction distance, dan retraction speed. Sedangkan faktor kontrol yang digunakan pada proses annealing adalah temperatur, waktu, dan media. Mesin 3D printer yang digunakan adalah Anycubic 4Max dengan printing volume xyz: 220 mm x 220 mm x 310 mm. Hasil uji tarik tertinggi pada spesimen tanpa proses annealing adalah sebesar 30,46 MPa. Dan hasil uji tarik tertinggi pada spesimen dengan proses annealing adalah 76,54 MPa. Peningkatan kekuatan tarik yang terjadi adalah sebesar 151,28%. Berdasarkan perhitungan S/N ratio spesimen tanpa proses annealing faktor yang paling berpengaruh adalah fan speed. Dan faktor yang paling berpengaruh dengan proses annealing adalah media.*

**Kata Kunci:** 3D Printing, ABS, Annealing, Kuat Tarik, Peningkatan

## **ABSTRACT**

*3D printing technology is additive manufacturing technology (layer by layer) to create 3D objects with melted filament material. In this study, ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) filament was used which has very strong mechanical properties and resistance to high temperatures. However, this filament has weaknesses that are brittle, toxic, and shrinks during the cooling process. This brittle can be reduced by annealing process that can increase ductility and reduce the brittle of the material. This study aims to determine the increase in tensile strength of specimens without annealing process and after annealing process. The specimens were printed using Taguchi method with L<sub>16</sub> design. Meanwhile the annealing process using the Taguchi method with an L<sub>9</sub> design. The control factors used for specimen printing are infill layer thickness, wall printing speed, nozzle temperature, bed temperature, print speed, fan speed, infill density, wall thickness, top layers, bottom layers, infill overlap, retraction distance, and retraction speed. Control factors used in the annealing process are temperature, time, and media. The 3D printer machine used is Anycubic 4Max with printing volume xyz: 220 mm x 220 mm x 310 mm. The highest tensile test results on specimens without annealing process are 30.46 MPa. The highest tensile test results on specimens with annealing process is 76.54 MPa. The increase in tensile strength that occurs is 151.28%. Based on calculation of the S/N ratio of the specimen without annealing process, the most influential factor is fan speed. The most influential factor with the annealing process is media.*

*Key Word: 3D Printing, ABS, Annealing, Enhancement, Tensile Strength*

## KATA PENGANTAR


Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir dengan judul “peningkatan kuat tarik produk cetak menggunakan filamen ABS dengan proses *annealing*”. Penulisan proyek akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat kelulusan sarjana terapan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penulisan proyek akhir ini penulis menyadari tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak penulis tidak akan dapat menyelesaikan proyek akhir ini. Sehingga penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan proyek akhir ini.
2. Bapak Hasdiansah, S.S.T., M.Eng., selaku pembimbing utama penulis yang telah menentukan, menyetujui serta telah banyak memberikan konsep pemikiran tentang pelaksanaan proyek akhir ini.
3. Ibu Yang Fitri Arriyani, S.S.T., M.T., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan masukan-masukan pada proyek akhir ini.
4. Bapak I Made Andik Setiawan, M. Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng., selaku kepala jurusan teknik mesin.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T., selaku kepala program studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
7. Seluruh dosen dan staf jurusan teknik mesin yang telah membantu dalam pelaksanaan proyek akhir ini.
8. Teman-teman kelas A Teknik Mesin Angkatan 25 yang sudah memberikan dukungan dan membantu.
9. Keluarga besar yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis.

Akhir kata penulis berharap Tuhan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan proyek akhir ini. Semoga proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi peneliti di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada masa yang akan datang.

Sungailiat, 14 Februari 2022



Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Mesin 3D <i>Printer</i> .....	5
2.2. Filamen ABS ( <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> ).....	5
2.3. <i>Annealing</i> .....	6
2.4. Media .....	6
2.5. Mekanisme Proses 3D <i>Printing</i> .....	7
2.5.1. Modeling Objek 3D .....	7
2.5.2. Proses Pencetakan.....	7
2.6. Parameter 3D <i>Printer</i> .....	8
2.7. Uji Kekuatan Tarik .....	8
2.8. <i>Grip and Face Selection</i> .....	8
2.9. Standar Spesimen Uji .....	9
2.10. Metode Taguchi .....	9



2.10.1. Tahap Perencanaan .....	10
2.10.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	11
2.10.3. Analysis of Variance (ANOVA).....	13
2.10.4. Uji Konfirmasi .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1. <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	14
3.2. Penentuan Faktor dan Level Pencetakan Spesimen.....	15
3.4. Penentuan Matrik <i>Orthogonal Array</i> .....	16
3.5. Persiapan Alat dan Material.....	17
3.5.1. Alat.....	17
3.5.2. Material .....	19
3.6. Langkah Penelitian .....	19
3.7. Objek Penelitian.....	22
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1. Proses Pencetakan.....	23
4.2. Proses Uji Tarik .....	23
4.3. Data Hasil Uji Tarik.....	24
4.4. Pengolahan Data Hasil Uji Tarik.....	25
4.4.1. Data Hasil Uji Tarik <i>Mean Plot</i> .....	25
4.4.2. Data Hasil Uji Tarik <i>S/N Ratio</i> .....	26
4.4.3. Analisis Varian <i>S/N Ratio</i> .....	28
4.8. Pengujian Konfirmasi .....	36
4.8.1. Pengujian Konfirmasi Pencetakan Spesimen.....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>38</b>
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Contoh Mesin Uji Tarik dengan Spesimen .....	8
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	14
3.2 Mesin 3D Printer Anycubic 4 Max .....	17
3.3 Oven .....	18
3.4 Filamen ABS .....	19
3.5 Desain Spesimen Menggunakan Fusion 360 .....	20
3.6 <i>Slicing</i> Spesimen Menggunakan Ultimaker Cura 4.10 .....	21
3.7 Bentuk Spesimen ASTM D638 Tipe IV .....	22
4.1 Proses Pencetakan Filamen .....	23
4.2 Proses Uji Tarik .....	23
4.3 Hasil Uji Tarik.....	24
4.4 Grafik <i>Mean Plot Larger is Better</i> Hasil Uji Tarik.....	25
4.5 Grafik <i>S/N Ratio Larger is Better</i> Hasil Uji Tarik.....	27

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Nilai Faktor Taguchi L <sub>16</sub> .....	15
3.2 Variabel Acak Pencetakan Spesimen.....	15
3.3 Desain Taguchi L <sub>16</sub> OA.....	16
3.7 Penentuan Derajat Kebebasan Faktor Pencetakan Spesimen.....	16
4.1 Data Hasil Uji Tarik Pencetakan Spesimen .....	24
4.2 <i>Mean Plot Larger is Better</i> Data Hasil Uji Tarik.....	26
4.3 <i>S/N Ratio Larger is Better</i> Data Hasil Uji Tarik .....	27
4.4 <i>Analysis of Variance for S/N Ratios</i> .....	28
4.5 Keputusan Uji .....	28
4.6 Perbandingan Level <i>Infill Layer Thickness</i> Terhadap Respon S/N .....	29
4.7 Perbandingan Level <i>Wall Printing Speed</i> Terhadap Respon S/N.....	30
4.8 Perbandingan Level <i>Nozzle Temperature</i> Terhadap Respon S/N.....	30
4.9 Perbandingan Level <i>Bed Temperature</i> Terhadap Respon S/N .....	31
4.10 Perbandingan Level <i>Print Speed</i> Terhadap Respon S/N .....	31
4.11 Perbandingan Level <i>Fan Speed</i> Terhadap Respon S/N .....	32
4.12 Perbandingan Level <i>Infill Density</i> Terhadap Respon S/N .....	32
4.13 Perbandingan Level <i>Wall Thickness</i> Terhadap Respon S/N.....	33
4.14 Perbandingan Level <i>Top Layers</i> Terhadap Respon S/N .....	33
4.15 Perbandingan Level <i>Bottom Layers</i> Terhadap Respon S/N.....	34
4.16 Perbandingan Level <i>Infill Overlap</i> Terhadap Respon S/N .....	34
4.17 Perbandingan Level <i>Retraction Distance</i> Terhadap Respon S/N .....	35
4.18 Perbandingan Level <i>Retraction Speed</i> Terhadap Respon S/N.....	35
4.27 Kombinasi Nilai Uji Tarik Kondisi Awal dan Kondisi Optimum .....	36
4.28 <i>S/N Ratio</i> Pada Kombinasi Awal dan Kombinasi Optimum .....	36
4.29 Perbandingan Kombinasi Awal dengan Kombinasi Optimum .....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2. Spesimen Hasil Uji Tarik
- Lampiran 3. Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik Tertinggi
- Lampiran 4. Perhitungan *S/N Ratio* Pencetakan Spesimen
- Lampiran 5. *Form* Bimbingan
- Lampiran 6. *Form* Bimbingan Lanjutan
- Lampiran 7. *Form Monitoring*
- Lampiran 8. *Form* Revisi Penguji 1
- Lampiran 9. *Form* Revisi Penguji 2
- Lampiran 10. *Form* Revisi Pembimbing

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia industri, salah satu material yang diminati selain logam ialah plastik, plastikpun mulai digemari terutama dibidang penelitian untuk pengembangan dan efisiensi terutama dalam penggunaan 3D *printer*. dengan teknologi ini dunia industri manufaktur akan menjadi lebih baik dan lebih maju. Teknologi 3D *printing* FDM (*Fused Deposition Modeling*) yaitu teknologi untuk membuat objek 3D dengan material filamen yang dilelehkan sehingga akan membentuk sebuah objek 3D. Dengan mesin ini penggunaanya dapat membuat produk yang siap pakai mulai dari mainan, piring, gelas, aksesoris *handphone*, *part* kendaraan, dan lain-lain.

ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) adalah polimer dari hasil minyak bumi yang bersifat *thermoplastic*, penggunaan material ini juga tidak kalah populer dari filamen PLA karena filamen ABS ini tersedia dalam berbagai macam warna yang membuatnya populer dikalangan pengguna *printer* 3D sehingga objek yang dihasilkan akan lebih menarik. Secara mekanis filamen ini sangat kuat dan memiliki resistansi terhadap suhu tinggi sehingga model yang dibuat akan menjadi tahan lama (Mpik, 2017). Namun filamen ini cenderung mengalami penyusutan pada saat proses pendinginan sehingga mempengaruhi hasil *printing* (Putra & Sari, 2018).

(Suzen, Hasdiansah, & Yuliyanto, 2020) pernah melakukan penelitian pengaruh tipe *infill* dan temperatur *nozzle* terhadap kekuatan tarik produk 3D *printing* filamen PLA+ ESUN dengan parameter, *nozzle temperature* (205°C, 215°C, 225°C), *layer thickness* (0,2 mm), *bed temperature* (60°C), *travel speed* (100 mm/s), *printing speed* (50 mm/s), *infill type* (*Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig Zag, Cross, Cross 3D, Gyroid*), maka diperoleh nilai uji tarik tertinggi ialah pada pengujian ke-22 yaitu sebesar (43,20 MPa) dan nilai uji tarik terendah pada pengujian ke-11 dengan kekuatan tarik sebesar (24,50 MPa).

(Butt & Bhaskar, 2020) pernah melakukan penelitian efek dari *annealing* pada uji tarik dengan filamen ABS dengan *nozzle temperature* (240°C), *bed*

*temperature* (95°C), *glass transition temperature* (105°C), serta suhu *annealing* pada (105°C, 115°C, dan 125°C), dengan waktu *annealing* (20 hingga 60 menit), dan dengan media (*water quenched* dan *air cooled*), maka perubahan dimensi pada spesimen setelah dilakukan *annealing* spesimen tersebut mengalami penyusutan pada sepanjang sumbu x dan y yaitu sebesar (2% dan 0,9%) pada suhu (125°C) sedangkan untuk ketebalannya bertambah sebesar (4,25%), maka hasil *annealing* tersebut menunjukkan adanya perubahan dari dimensi awal material tersebut, dan data tertinggi yang didapat setelah dilakukan *annealing* dan diuji tarik ialah pada suhu (115°C) dengan diuji tarik material meningkat sebesar (6,75%).

(Hasdiansah, Masdani, Feriadi, & Pristiansyah, 2020) meneliti bahwa hasil dari optimasi parameter proses terhadap akurasi dimensi PLA *food grade* yang memiliki faktor terbaik pada suhu *nozzle* (190°C), suhu *bed* (55°C), dan tebal *layer* (0,2) mm.

(Subakti, Hasdiansah, & Kurniawan, 2021) meneliti tentang pengaruh media temperatur dan waktu perlakuan *annealing* pada spesimen standar ASTM D638 tipe IV menggunakan filamen ST PLA, dari penelitian ini untuk hasil uji tarik tertinggi sebesar (49,65 MPa) dengan parameter *print*, *layer thickness* (0,3 mm), *nozzle temperature* (205°C), dan *flowrate* (100%) dan untuk parameter proses *annealing* yaitu, *temperature annealing* (110°C), waktu *annealing* (15 menit), dan media *annealing* (kopi).

(Christiliana, Pristiansyah, & Oktriadi, 2021) pernah melakukan penelitian mengenai optimasi parameter pada 3D *printing* FDM terhadap akurasi dimensi filamen PLA *food grade*, dari hasil yang dilakukan nilai tertinggi pada spesimen dengan parameter *nozzle temperature* (185 °C), *layer thickness* (0,2 mm), *print speed* (40 mm/s), *infill rate* (8%), dan *temperature base plate* (40 °C).

Dari penelitian yang dilakukan (Pratama, Hasdiansah, & Pristiansyah, 2021) mengenai pengaruh parameter proses *software* terhadap kekerasan permukaan *printing part* filamen ST-PLA, dari penelitian yang dilakukan pengaturan parameter yang menghasilkan nilai kekerasan terbaik ialah (3,321 µm) dengan parameter *layer thickness* (0,10 mm), *printing speed* (40 mm/s), *nozzle temperature* (190°C), *orientation* (45°), *flowrate* (110%), *cooling speed* (40%).

(A.Kholil, F.Aufi, & E.A.Syaefudin, 2020) pernah melakukan penelitian pengaruh *layer thickness* dan orientasi 3D *printing* terhadap uji tarik material ABS, pada penelitian ini menggunakan standar ASTM D638 dengan varian *layer thickness* (0,15 mm, 0,25 mm, dan 0,35 mm). Lalu ketiga varian spesimen tersebut dicetak menggunakan orientasi arah aksial dan lateral, pengujian ini menggunakan mesin uji tarik Hounsfield. Dari hasil pengujian didapatkan data yang tertinggi yaitu pada orientasi aksial dengan *layer thickness* (0,25 mm) dan nilai kekuatan uji tarik sebesar (21,56 MPa) dengan waktu pencetakan selama (9,3 menit).

(Mahesh & Basavaraj, 2017) pernah melakukan penelitian mengenai optimasi parameter *printer* FDM dengan filamen ABS bahwa optimasi terbaik menggunakan parameter *layer thickness* (0,3 mm), *orientation angel* (30°), dan *shell thickness* (0,8 mm).

Pada penelitian ini menggunakan filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) yang dilakukan uji tarik untuk mendapatkan data yang tertinggi, kemudian spesimen dicetak lagi dengan data faktor eksperimen hasil uji tarik tertinggi, lalu spesimen tersebut dilakukan proses *annealing* dan diuji kekuatannya menggunakan mesin uji tarik untuk mendapatkan data uji tarik serta melihat seberapa besar peningkatan kekuatan dari spesimen yang dilakukan proses *annealing*.

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi rancangan L<sub>16</sub> dengan 13 faktor dan 2 level pada pencetakan spesimen.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah:

Bagaimana peningkatan kekuatan uji tarik terhadap filamen ABS yang dilakukan proses *annealing*?

## **1.3. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini ialah:

Penelitian ini hanya fokus pada pengujian kekuatan filamen ABS yang dilakukan *annealing* dengan uji tarik.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu meningkatkan kekuatan uji tarik spesimen untuk mengurangi kekakuan pada spesimen dengan cara proses *annealing*.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat kepada pembaca baik itu informasi maupun ilmu pengetahuan mengenai kekuatan spesimen dari hasil pencetakan filamen ABS yang dilakukan proses *annealing*, sehingga para pembaca mendapatkan ilmu dan materi untuk menghasilkan produk yang baik dan berkualitas. Untuk material yang dilakukan proses *annealing* akan meningkatkan kekuatannya terutama pada sifat keuletannya. Serta untuk pengaplikasiannya seperti pembuatan alat *hook* yang dikostumsasi dengan mesin *3D print* menggunakan filamen ABS lalu dilakukan proses *annealing* sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari material *hook* tersebut, serta pembuatan *part* mesin atau alat lainnya yang menggunakan filamen ABS dan dapat dilakukan proses *annealing*.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Mesin 3D Printer**

Mesin 3D *printer* adalah mesin yang membuat objek 3D dengan bentuk apapun dari model digital 3D CAD sebagai *software* desain dan pencetakannya menggunakan teknologi manufaktur aditif (*layer by layer*) (Cahyati & Sanora, 2019).

Proses pencetakan pada mesin *printer* ini ialah dengan memanfaatkan proses pelelehan termoplastik yang dilakukan *ekstrusi* dari *nozzle* 3D *printer* yang digerakan oleh motor lalu dicetak pada *printing bed* yang mampu bergerak pada arah sumbu x, y, z (A.Kholil, F.Aufi, & E.A.Syaefudin, 2020).

*Printer* ini memiliki kecanggihan khusus yang mampu mencetak objek yang sama persis dengan gambar hasil rancangan pada *software* komputer yang telah dibuat dalam bentuk 3D, mesin 3D *printer* juga memiliki material yang digunakan untuk mencetak berbagai objek, material itu adalah filamen. Ada banyak filamen yang dapat digunakan untuk membuat produk dari 3D *printer* seperti, termoplastik, kayu, logam, lilin, dan lain-lain. Filamen yang paling sering digunakan untuk membuat produk 3D *printer* ialah filamen termoplastik.

#### **2.2. Filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)**

ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) adalah material *thermoplastic* berbasis minyak yang berasal dari hasil minyak bumi, material ini biasa ditemukan pada sistem pipa. Benda yang dicetak dari material ABS ini memiliki kekuatan fleksibilitas dan daya tahan suhu yang tinggi dibandingkan dari material PLA. Akan tetapi proses pencetakannya sedikit rumit, ditambah lagi filamen ini mengandung racun yang dapat mengganggu kesehatan (Mpik, 2017). Filamen ini juga memiliki karakteristik tingkat kekakuan yang tinggi, ketahanan yang tinggi terhadap zat asam dan alkali, dan kecerahan permukaan yang tinggi (Tanuwijaya, 2021).

Filamen ABS dapat dicetak dengan suhu *nozzle* 245°C hingga 265°C dengan temperatur meja *printer* pada suhu 90°C hingga 100°C (Raise3D, 2021), ABS memiliki *glass transition* pada suhu 105°C, *glass transition* ialah suhu pada

material mengalami transisi dari keadaan kaku menjadi keadaan *amorf* seperti kaca. Dengan kata lain yaitu suhu yang berubah yang sebelumnya memiliki sifat fisiknya dari padatan kristal keras menjadi padatan *amorf* (keadaan karet) (Arceo, Facundo, 2021).

Filamen ABS ini juga tersedia dengan berbagai macam warna yang membuat populer dikalangan penggunaan 3D *printer* dan dari sisi harga, filamen ini cukup murah sehingga cukup efektif untuk menjadi material suatu *prototype* dan objek penelitian (Mpik, 2017).

### **2.3. Annealing**

Dalam ilmu metalurgi dan material, *annealing* adalah proses yang diberikan pada suatu material untuk mempengaruhi sifat-sifat mekanik dari material tersebut (Tyson, 2018), proses ini dilakukan dengan memanaskan material pada suhu tertentu lalu menahan temperatur tersebut beberapa saat dan mendinginkannya dengan laju pendinginan yang sangat lambat. Tujuan dari *annealing* ini ialah untuk meningkatkan keuletan serta mengurangi sifat getas pada material (Trihutomo, 2015). Walaupun definisi ini sebagian besar mengacu pada logam namun proses ini juga dapat diterapkan pada polimer (Sarcevic, 2019). Pada polimer terdapat fenomena yang disebut *glass transition* yaitu suhu dimana suatu material mengalami transisi dari keadaan kristal yang kaku berubah menjadi *amorf*, dengan kata lain, keadaan ini adalah dimana struktur material yang bersifat padatan kristal berubah menjadi padatan *amorf* (keadaan karet). Suhu *glass transition* pada polimer ada berbagai macam dan suhu *glass transition* untuk polimer ABS berada pada suhu 105°C (Arceo, Facundo, 2021) sehingga suhu *annealing* pada polimer ABS untuk penelitian ini adalah 100°C, 115°C, dan 120°C.

### **2.4. Media**

Media merupakan suatu unsur atau zat yang digunakan untuk mendinginkan material selama proses *annealing*. Media dibedakan menjadi dua kerapatan pendinginan yaitu berdasarkan tingkat kerapatan pendinginan yang tinggi dan kerapatan yang rendah. Untuk media dengan kerapatan yang tinggi maka laju pendinginannya berlangsung cepat karena perpindahan panas akan mudah terjadi

jika jarak pada molekul lebih kecil. Untuk media dengan kerapatan yang rendah maka laju pendinginannya berlangsung lambat karena perpindahan panas sulit terjadi apabila jarak antar molekulnya besar. Jika media pada penelitian ini disusun berdasarkan dari tingkat kerapatan yang tinggi hingga tingkat kerapatan yang rendah maka diperoleh pasir bangunan, pasir pantai, udara (Priadi, Nugraha, & Widayana, 2017).

Pasir adalah material berupa butiran yang sering digunakan untuk pembuatan bangunan, pada umumnya butiran pada pasir memiliki ukuran 0,0625 mm hingga 2 mm, salah satunya adalah pasir putih Bangka dari hasil penambangan timah (Redaksi, 2020). Pasir pantai merupakan hasil dari alam yang memiliki tekstur halus dan bulat serta cocok untuk konstruksi beton pasir ini memiliki berat jenis 2,64 gr/m<sup>3</sup> (Siswanto, Suyoso, & Hayu, 2017). Udara merupakan campuran dari beberapa gas yang ada di bumi diantaranya 21% Oksigen, 78% Nitrogen, 1% uap air, dan lain-lain (Fatma, 2016). Untuk kerapatan udara ketika dipanaskan pada suhu 100 - 120 °C ialah berkisar 0,946 hingga 0,898 kg/m<sup>3</sup> (Yefrichan, 2010).

## **2.5. Mekanisme Proses 3D Printing**

### **2.5.1. Modeling Objek 3D**

*3D Modeling* adalah proses untuk menciptakan objek 3D yang ingin dibuat dalam bentuk visual nyata, baik secara bentuk, tekstur, dan ukuran objek. Dalam *3D printer* perancangan objek yang akan dicetak menggunakan *software* khusus desain 3D yang sudah *support* dengan *3D printer*, *software* tersebut antara lain: Tinkercad, Ultimaker Cura, FeeCAD, 3D Slash, Fusion 360, Sketchup, dan lain-lain (Satyadinoto, 2020).

### **2.5.2. Proses Pencetakan**

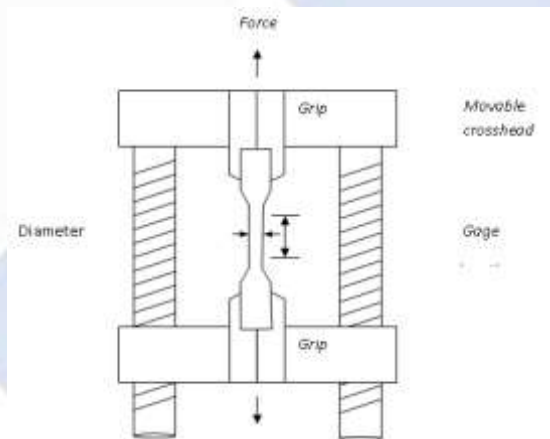
Pada tahap ini, pengguna dapat menggunakan *3D printer* untuk membuat objek cetak dari hasil rancangan yang dibuat dari *software 3D modeling*. Mesin *3D printer* akan membaca desain objek lalu mulai menyusun lapisan berturut-turut sehingga model virtual yang digabungkan akan membentuk objek utuh yang lengkap.

## 2.6. Parameter 3D Printer

Parameter ialah suatu objek penelitian, atau apa yang menjadi pusat perhatian pada suatu penelitian dalam menemukan segala sesuatu, mengembangkan apa yang telah ada, serta menguji kebenaran dari parameter yang telah ditentukan.

## 2.7. Uji Kekuatan Tarik

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui kekuatan dari suatu material dengan cara memberi beban gaya yang satu sumbu. Dengan pengujian ini dapat mengetahui bagaimana struktur pada bagian material tersebut bereaksi terhadap tarikan dan juga dapat mengetahui tingkat keelastisan dengan melihat penambahan panjang benda yang diuji dan hasil data dari uji tarik (Firmansyah, 2020).



Gambar 2.1 Contoh Mesin Uji Tarik dengan Spesimen

Prinsip pengujian ini adalah benda uji yang sudah disiapkan sesuai ukuran diletakkan pada mesin uji tarik dan akan diberikan beban tarik *uniaxial* (satu arah) yang akan bertambah secara kontinyu, hingga material uji tarik tersebut putus dan pada saat yang bersamaan dengan penarikan tersebut, akan dilakukan pengamatan serta pengambilan data.

## 2.8. Grip and Face Selection

*Grip and face* adalah suatu faktor yang penting, karena jika ada pemilihan suatu pengaturan yang tidak sesuai, maka spesimen yang diuji akan terjadi *slip* bahkan dapat pecah pada daerah *grip* (*jaw break*) yang akan memberikan hasil yang

tidak valid, maka *face* harus tertutupi pada seluruh permukaan yang kontak dengan *grip*, agar spesimen yang akan diuji tidak mengalami gesekan dengan *face*. Beban yang diberikan pada material yang diuji ditransmisikan pada pegangan material yang akan diuji, bentuk dan ukuran benda uji disesuaikan dengan standar pengujian (Raditya, 2020).

## **2.9. Standar Spesimen Uji**

Bentuk dan dimensi spesimen uji sangat penting karena peneliti harus menghindari terjadinya patahan atau retak pada bagian *grip*, serta spesifikasinya harus memenuhi standar dari ASTM (*American Standard Testing and Material*), maka para peneliti disarankan untuk mengikuti standar bentuk dan dimensi spesimen uji.

## **2.10. Metode Taguchi**

Metode Taguchi merupakan metode pada bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin dan memperhatikan faktor yang digunakan dari gangguan (*noise*) (Lusi, Fiveriati, Pamuji, & Afandi, 2020), oleh karena itu metode ini sering disebut sebagai *Robust design*. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk dikirimkan. Ada beberapa buah konsep filosofi Taguchi terhadap kualitas yaitu:

- Kualitas harus didesain dalam produk dan bukan sekedar pengecekan.
- Kualitas terbaik dicapai dengan meminimalkan deviasi dari target.
- Produk harus didesain sehingga *Robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
- Biaya kualitas harus dapat diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Desain eksperimen yaitu pengujian dengan mengendalikan beberapa faktor untuk mendapatkan hasil percobaan yang terukur. Desain ini juga merupakan proses mengevaluasi dua atau lebih faktor secara bersamaan terhadap kemampuan untuk mempengaruhi variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Demi memperoleh secara efisien, level dibentuk beragam dan nilai

dari kumpulan percobaan khusus dilihat, kemudian kumpulan hasil lengkapnya dapat dianalisis. Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk menentukan faktor yang berpengaruh dan juga tindakan untuk membuat perbaikan lebih lanjut.

Pada umumnya desain eksperimen Taguchi ini memiliki beberapa tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen, tahapan tersebut yaitu:

### **2.10.1. Tahap Perencanaan**

Tahapan ini merupakan tahapan terpenting pada saat melakukan penelitian karena peneliti diwajibkan untuk mencari dan mempelajari mengenai penelitian sebelumnya. Adapun langkah-langkah yang diusulkan untuk melakukan eksperimen secara sistematis yaitu:

- A. Menyatakan permasalahan atau Perumusan permasalahan  
Seorang peneliti dapat menjelaskan permasalahan yang akan dilakukan kemudian melakukan usaha untuk perbaikan kualitas.
- B. Tujuan Penelitian  
Mengidentifikasi karakteristik kualitas dan tingkat performa dari penelitian.
- C. Menentukan Metode  
Menentukan faktor apa yang akan digunakan serta faktor apa yang ingin diteliti kemudian bagaimana cara mengukurnya dan alat ukur apa saja yang akan digunakan untuk pengukuran.
- D. Mengidentifikasi Variabel Tidak Bebas  
Variabel respon memiliki nilai ketergantungan pada faktor lain sehingga disebut variabel bebas. Pada saat merencanakan eksperimen variabel, respon yang akan diselidiki harus dipilih dan diidentifikasi dengan jelas.
- E. Identifikasi Faktor (Variabel Bebas)  
Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya tidak bergantung pada variabel lain. Pada tahap ini faktor-faktor yang dipelajari berpengaruh terhadap respon yang berkaitan. Dalam satu percobaan, tidak semua faktor yang dianggap mempengaruhi respon harus diselidiki. Berkat ini, eksperimen dapat terlaksana secara efektif dan efisien.

F. Pemisahan Faktor Kendali dan Faktor Gangguan

Faktor yang diteliti dapat dibagi menjadi faktor terkendali dan faktor pengganggu. Dalam eksperimen Taguchi, kedua faktor ini harus didefinisikan dengan jelas karena efek antara kedua faktor tersebut berbeda. Pada faktor kendali, nilai eksperimen dapat dikendalikan sedangkan faktor gangguan nilai pada faktor ini tidak dapat dikendalikan.

G. Penentuan Jumlah dan nilai faktor

Untuk menentukan jumlah level yang mempengaruhi ketelitian hasil dan biaya pelaksanaan eksperimen, semakin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen yang diperoleh akan semakin akurat, tetapi biaya yang harus dikeluarkan akan semakin besar.

H. Perhitungan Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan adalah sebuah rangkaian untuk merencanakan seberapa besar percobaan yang akan dilakukan dan seberapa banyak informasi yang dapat diberikan oleh percobaan tersebut. Derajat kebebasan dari faktor dan level ( $\nu_{fl}$ ) dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\nu_{fl} = \text{jumlah faktor} - 1 \dots\dots\dots(1)$$

I. Menentukan Matrik Ortogonal

Menentukan matrik ortogonal adalah memilih jumlah derajat kebebasan pada faktor dan jumlah level eksperimen. Matrik ortogonal memiliki kemampuan untuk mengevaluasi sejumlah faktor dengan jumlah eksperimen yang minimum. Salah satu contohnya adalah matrik ortogonal  $L_{16}$  yang merupakan matrik ortogonal standar dengan jumlah 16 derajat kebebasan dan 2 level eksperimen.

**2.10.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen**

Tahapan pelaksanaan eksperimen dapat dibagi menjadi dua tahapan yaitu, tahapan menentukan jumlah replikasi dan tahapan randomisasi pelaksanaan eksperimen. Adapun tahapan pelaksanaan eksperimen sebagai berikut:



A. Jumlah Replikasi

Replikasi yaitu pengulangan kembali dengan perlakuan sama persis dan pada posisi, kondisi yang sama dalam sebuah eksperimen untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik, serta mengurangi tingkat kesalahan yang terjadi.

B. Randomisasi

Tujuan dilakukan randomisasi adalah untuk menyebarkan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen, serta memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan, sehingga ada kehomogenan dari setiap perlakuan yang sama.

C. Tahap Analisis

Pada tahap ini pengambilan data dan pengolahan data yang akan dianalisis meliputi tahap pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu tampilan tertentu sesuai dengan rancangan yang digunakan. *S/N ratio (Signal to Noise ratio)* merupakan salah satu tahapan analisis. *S/N ratio* dalam metode Taguchi digunakan untuk mengetahui nilai level faktor yang berpengaruh dan optimal terhadap karakteristik kualitas dari hasil eksperimen. Adapun karakteristik kualitas pada *S/N ratio* terdiri dari:

- *Smaller is Better*

*Smaller is better* atau semakin kecil semakin baik merupakan karakteristik kualitas dengan batas nilai nol dan non-negatif, yang dimana jika nilai yang mendekati nol merupakan nilai yang diinginkan, dan untuk penulisan rumus *S/N ratio smaller is better* yang dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

n = Jumlah pengulangan

y = Data dari percobaan

- *Nominal is Best*

*Nominal is best* atau tertuju pada nilai tertentu merupakan karakteristik kualitas dengan nilai tidak nol dan terbatas, dimana suatu nilai yang mendekati nilai yang telah ditentukan adalah yang terbaik, untuk penulisan rumus *S/N ratio nominal is best* ditunjukkan pada persamaan 3.



$$S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

n = Jumlah pengulangan

y = Data dari percobaan

- *Larger is Better*

*Larger is better* atau semakin besar semakin baik merupakan karakteristik kualitas dengan rentang nilai yang tak terbatas dan non-negatif, dimana nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan, untuk penulisan rumus S/N *ratio larger is better* yang dapat dilihat pada rumus di bawah:

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(1/y_i^2)}{n} \right] \dots\dots\dots(4)$$

Dimana

n = Jumlah pengulangan

y = Data dari percobaan

### 2.10.3. Analysis of Variance (ANOVA)

Analisis variasi adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rata-rata antar kelompok atau jenis perlakuan. Analisis ini digunakan untuk menguji hipotesis eksperimen perbedaan rata-rata antar kelompok. Hasil dari analisis ANOVA adalah nilai *F-test* atau F hitung. Nilai F hitung yang didapat akan dibandingkan dengan nilai pada F tabel. Jika nilai F hitung lebih besar dari F tabel, maka dapat disimpulkan data tersebut berdistribusi H0 ditolak, artinya ada pengaruh terhadap rata-rata pada semua kelompok. Jika nilai F tabel lebih besar dari F hitung maka data tersebut berdistribusi H0 gagal ditolak yang artinya tidak ada pengaruh terhadap rata-rata pada semua kelompok (Hidayat, 2017).

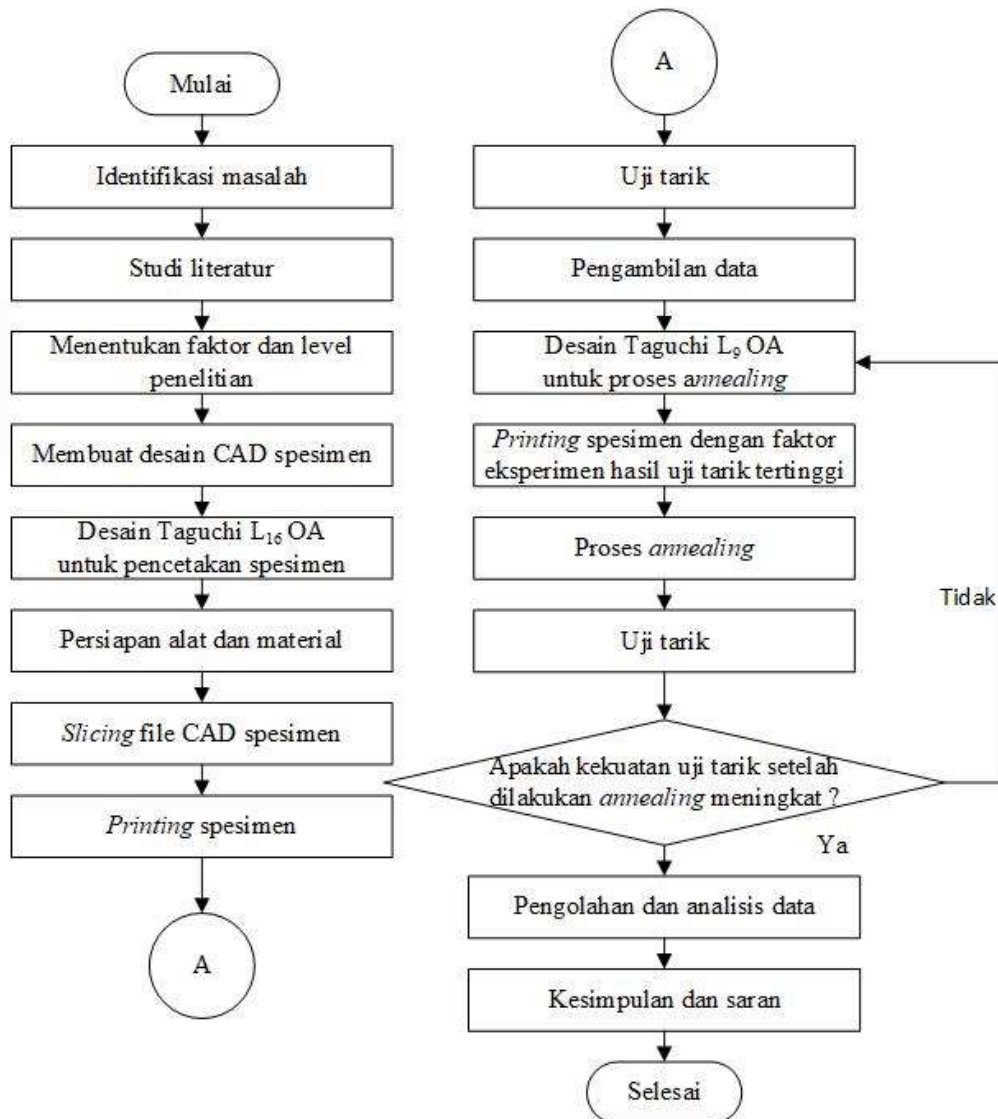
### 2.10.4. Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi adalah pengujian yang dilakukan untuk memverifikasi kesimpulan yang didapatkan. Validasi ini dilakukan dengan percobaan menggunakan kombinasi faktor dengan tingkat hasil yang optimal dari tinjauan sebelumnya. Tujuan uji validasi adalah untuk mengonfirmasikan kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisis.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. *Flowchart* Tahapan Penelitian

Penelitian yang dilakukan dibagi menjadi beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Dari *flowchart* yang ditunjukkan Gambar 3.1 bahwa jika kekuatan uji tarik setelah dilakukan proses *annealing* meningkat selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dan jika tidak meningkat maka penelitian akan kembali ke tahap desain Taguchi  $L_9$  untuk diubah nilai level *annealing*.

### 3.2. Penentuan Faktor dan Level Pencetakan Spesimen

Pada penelitian ini pencetakan spesimen menggunakan metode Taguchi rancangan  $L_{16}$  dengan 13 faktor dan 2 level yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai Faktor Taguchi  $L_{16}$

Kode	Faktor	Level	
		1	2
A	<i>Infill Layer Thickness</i> (mm)	0,2 mm	0,25 mm
B	<i>Wall Printing Speed</i> (mm/s)	35 mm/s	40 mm/s
C	<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	245 °C	250 °C
D	<i>Bed Temperature</i> (°C)	95 °C	100 °C
E	<i>Print Speed</i> (mm/s)	45 mm/s	50 mm/s
F	<i>Fan Speed</i> (%)	5 %	10 %
G	<i>Infill Density</i> (%)	98 %	100 %
H	<i>Wall Thickness</i> (mm)	0,75 mm	0,8 mm
I	<i>Top Layers</i>	3	4
J	<i>Bottom Layers</i>	3	4
K	<i>Infill Overlap</i> (%)	5 %	10 %
L	<i>Retraction Distance</i> (mm)	0,5 mm	1 mm
M	<i>Retraction Speed</i> (mm/s)	35 mm/s	40 mm/s

Tabel 3.2 Variabel Acak Pencetakan Spesimen

EXP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2

Dari Tabel 3.2 didapatkan nilai variabel acak untuk pencetakan spesimen yang ditentukan oleh *software* analisis.

Tabel 3.3 Desain Taguchi L<sub>16</sub> OA

EXP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	0.2	35	245	95	45	5	98	0.75	3	3	5	0.5	35
2	0.2	35	245	95	45	5	98	0.8	4	4	10	1	40
3	0.2	35	245	100	50	10	100	0.75	3	3	5	1	40
4	0.2	35	245	100	50	10	100	0.8	4	4	10	0.5	35
5	0.2	40	250	95	45	10	100	0.75	3	4	10	0.5	35
6	0.2	40	250	95	45	10	100	0.8	4	3	5	1	40
7	0.2	40	250	100	50	5	98	0.75	3	4	10	1	40
8	0.2	40	250	100	50	5	98	0.8	4	3	5	0.5	35
9	0.25	35	250	95	50	5	100	0.75	4	3	10	0.5	40
10	0.25	35	250	95	50	5	100	0.8	3	4	5	1	35
11	0.25	35	250	100	45	10	98	0.75	4	3	10	1	35
12	0.25	35	250	100	45	10	98	0.8	3	4	5	0.5	40
13	0.25	40	245	95	50	10	98	0.75	4	4	5	0.5	40
14	0.25	40	245	95	50	10	98	0.8	3	3	10	1	35
15	0.25	40	245	100	45	5	100	0.75	4	4	5	1	35
16	0.25	40	245	100	45	5	100	0.8	3	3	10	0.5	40

Dari Tabel 3.3 bahwa untuk pencetakan spesimen sebanyak 16 eksperimen dengan 3 kali replikasi sehingga total spesimen yang dicetak sebanyak 48 spesimen.

### 3.3. Penentuan Matrik *Orthogonal Array*

Matrik ortogonal pada tabel harus memiliki derajat kebebasan yang sama atau lebih besar dari total derajat kebebasan yang diteliti. berikut penentuan derajat kebebasan yang terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penentuan Derajat Kebebasan Faktor Pencetakan Spesimen

No.	Faktor <i>Printing</i>	Level (L)	$U_{fl} = (L - 1)$
1	<i>Infill layer thickness</i> (mm)	2	1
2	<i>Wall Printing Speed</i> (mm/s)	2	1
3	<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	2	1
4	<i>Bed Temperature</i> (°C)	2	1
5	<i>Print Speed</i> (mm/s)	2	1
6	<i>Fan Speed</i> (%)	2	1
7	<i>Infil Density</i> (%)	2	1
8	<i>Wall Thickness</i> (mm)	2	1
9	<i>Top Layers</i>	2	1
10	<i>Bottom Layers</i>	2	1
11	<i>Infill overlap</i> (%)	2	1
12	<i>Retraction Distance</i> (mm)	2	1
13	<i>Retraction speed</i> (mm/s)	2	1
Total derajat kebebasan			13

Berdasarkan Tabel 3.4 total derajat kebebasan dari faktor kontrol adalah 13 maka tabel yang tersedia untuk matrik ortogonal dengan total derajat kebebasan 13 ialah memenuhi syarat untuk menggunakan  $L_{16}(2^{13})$  sehingga memiliki sisa untuk penempatan kolom *error* untuk mencari nilai F.

### 3.4. Persiapan Alat dan Material

Alat dan material yang dibutuhkan dalam menunjang kegiatan penelitian ialah sebagai berikut:

#### 3.5.1. Alat

Peralatan yang akan digunakan untuk penelitian ini ialah:

1. Mesin 3D *printer* Anycubic 4Max

Pencetakan spesimen pada penelitian ini menggunakan mesin 3D *printer* Anycubic 4Max dengan *printing volume xyz*: 210 mm x 210 mm x 300 mm dan ukuran *nozzle* 0,4 mm.



Gambar 3.2 Mesin 3D *Printer* Anycubic 4 Max

2. Laptop Asus A455L

Laptop yang digunakan untuk keperluan penelitian seperti mencari materi, faktor pencetakan, desain spesimen uji, pengolahan data, dan lain-lain. Laptop ini memiliki spesifikasi *processor* i3 4030u, RAM 6 GB, SSD 512 GB, dan GPU Nvidia Geforce 820m.

3. Oven Listrik

Proses *annealing* pada penelitian ini menggunakan oven listrik digital Han River dengan daya 800 watt, suhu maksimal oven 250°C, rentang waktu yang dapat diatur dari 0 hingga 60 menit, serta kapasitas oven sebesar 12 dm<sup>3</sup> yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Oven

4. *Software* Analisis Data

*Software* ini digunakan untuk memasukkan data faktor kontrol dan level sehingga *software* ini akan menghitung secara otomatis yang akan memudahkan melakukan analisis.

5. *Slicing Software* Ultimaker Cura 4.10

*Software* ini digunakan untuk menerjemahkan sebuah program pada objek 3D menjadi potongan-potongan kode pada mesin atau yang biasa disebut *G-Code*, dan *G-Code* adalah sebuah program yang dijalankan oleh mesin 3D *printer* untuk membuat objek 3D (Desaincad, 2021).

6. Desain Spesimen

Spesimen dibuat menggunakan *software* CAD seperti Fusion 360 lalu diubah ke format STL dan dimasukkan ke *slicing software* Ultimaker Cura.

### 3.5.2. Material

1. Untuk material yang digunakan pada penelitian ini adalah filamen ABS dengan diameter 1.75 mm yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Filamen ABS

### 3.5. Langkah Penelitian

Berikut langkah-langkah penelitian:

#### A. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan materi pembelajaran mengenai penelitian yang akan diteliti. Langkah ini dilakukan dengan cara mencari referensi dari beberapa buku, jurnal nasional maupun internasional, dan *website* mengenai *3D printing*, serta teori-teori yang terkait dengan materi proyek akhir.

#### B. Persiapan Penelitian

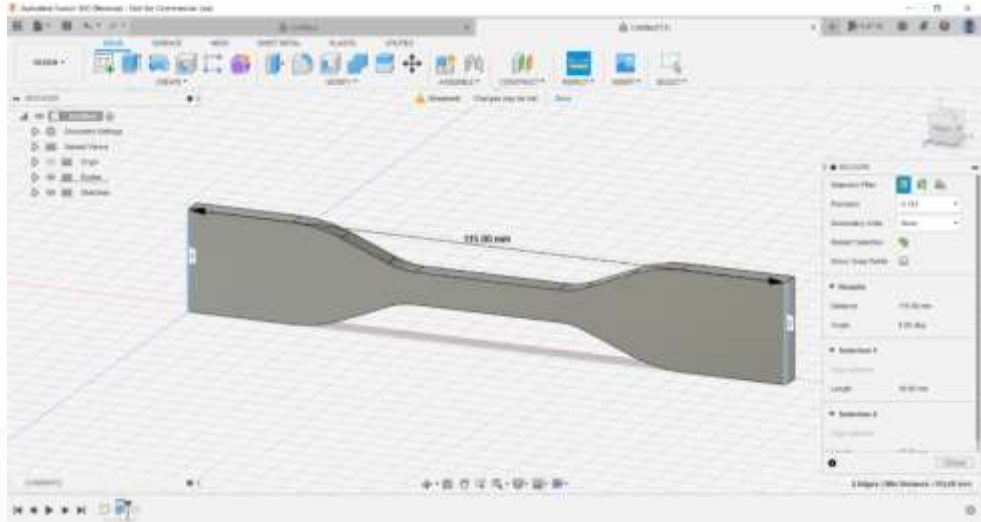
Pada tahap ini dimulai dengan mempersiapkan filamen ABS yang akan digunakan, menyiapkan mesin *3D printer*, menyiapkan aplikasi Ultimaker Cura 4.10, aplikasi analisis data, dan *software* desain Fusion 360, persiapan ini dilakukan sebaik mungkin agar penelitian yang dilakukan maksimal dan terarah.

#### C. Menentukan Faktor Kontrol

Pada tahapan ini akan dilakukan penentuan faktor kontrol yang digunakan untuk mencetak filamen, untuk faktor digunakan adalah, *infill layer thickness*, *wall printing speed*, *nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *fan speed*, *infill density*, *wall thickness*, *top layers*, *bottom layers*, *infill overlap*, *retraction distance*, dan *retraction speed*.

D. Desain Spesimen.

Pada tahapan ini spesimen akan didesain menggunakan *software* Fusion 360 dengan standar spesimen ASTM D638 tipe IV dan disimpan dengan format STL. Desain spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Desain Spesimen Menggunakan Fusion 360

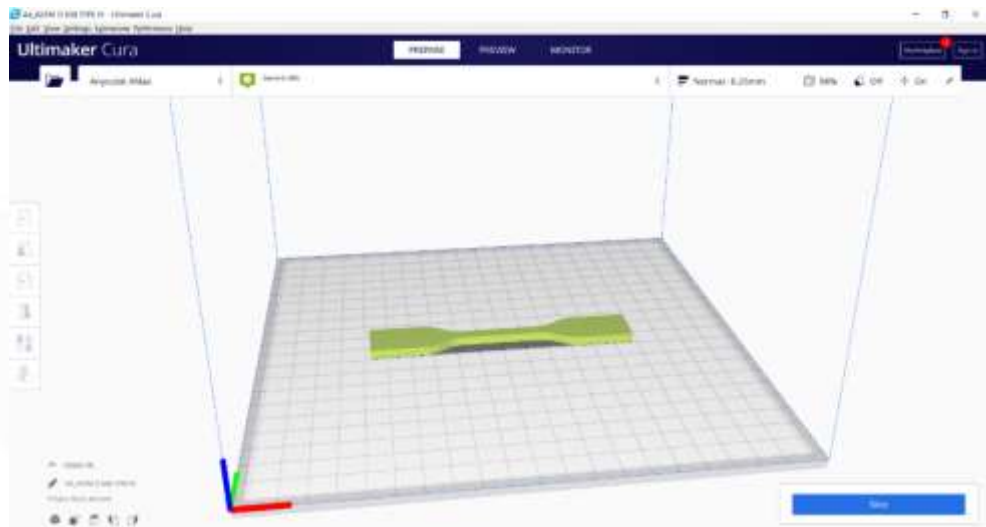
E. Pemilihan Metode Taguchi dengan Rancangan  $L_{16}$  dan  $L_9$  OA

Pada tahapan ini akan dilakukan pengambilan serta pemilihan faktor dan level untuk pencetakan pada mesin 3D *printer* dan proses *annealing* yang sesuai dengan referensi dari berbagai jurnal dan *website*, serta membuat tabel desain metode Taguchi dengan rancangan  $L_{16}$  dan  $L_9$  OA.



F. *Slicing Software 3D Print*

Pada tahapan ini file STL dari desain spesimen yang sudah dibuat menggunakan Fusion 360 akan dimasukkan ke dalam *slicing software* Ultimaker Cura, lalu untuk faktor *printing* yang sudah dipilih dimasukkan ke *slicing software* agar mendapatkan file *G-Code*, lalu file *G-Code* tersebut disimpan dan dimasukkan ke dalam *SD card* dan *SD card* yang berisi file *G-Code* tersebut dimasukkan ke dalam mesin *3D printer* untuk dicetak. *Slicing* spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 *Slicing* Spesimen Menggunakan Ultimaker Cura 4.10

G. Proses Pencetakan Spesimen

Pada tahapan ini *SD card* yang berisi file *G-Code* akan dimasukkan ke dalam mesin *3D printer* untuk dilakukan proses pencetakan.

H. Pengujian Uji Tarik

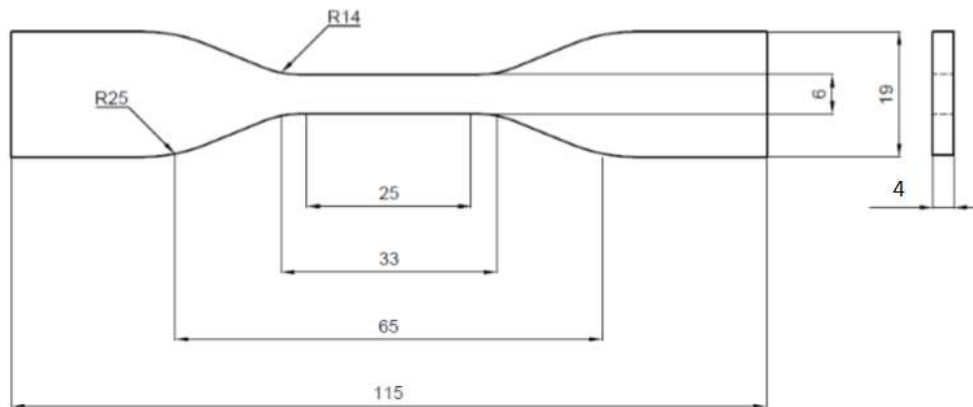
Setelah proses pencetakan spesimen selesai, selanjutnya dilakukan uji tarik menggunakan mesin uji tarik.

I. Pengambilan dan Pengolahan Data

Pada tahapan ini, dilakukan pengambilan data hasil uji tarik tertinggi, kemudian data tersebut diolah menggunakan *software* analisis agar dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

### 3.6. Objek Penelitian

Pada penelitian ini desain material spesimen menggunakan standar ASTM D638 tipe IV dengan ukuran panjang 115 mm, lebar 19 mm, tinggi 4 mm, yang didesain menggunakan *software* Fusion 360. Untuk memasukkan faktor yang akan dicetak, digunakan *slicing software* Ultimaker Cura 4.10.



Gambar 3.7 Bentuk Spesimen ASTM D638 Tipe IV

## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1. Proses Pencetakan**

Proses pencetakan spesimen yang dilakukan dengan mesin 3D *printer* Anycubic 4Max ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses Pencetakan Filamen

#### **4.2. Proses Uji Tarik**

Spesimen yang sudah dicetak akan dilakukan uji tarik menggunakan mesin uji tarik Zwick/Roell untuk mendapatkan data kekuatan tarik.



Gambar 4.2 Proses Uji Tarik

Setelah dilakukan uji tarik, data hasil uji tarik akan diolah untuk mendapatkan sampel eksperimen dengan nilai uji tarik yang tertinggi.



Gambar 4.3 Hasil Uji Tarik

### 4.3. Data Hasil Uji Tarik

Setelah dilakukan pencetakan spesimen dengan tiga kali replikasi dan dilakukan uji tarik, didapatkan data hasil uji tarik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Uji Tarik Pencetakan Spesimen

No. Exp	Replikasi 1 (MPa)	Replikasi 2 (MPa)	Replikasi 3 (MPa)	S/N <i>Ratio</i>	Rata-Rata (MPa)
1	30,68	28,20	28,82	29,30	29,23
2	31,74	29,82	29,83	29,66	30,46
3	25,48	24,87	25,57	28,06	25,31
4	25,81	26,93	27,04	28,48	26,59
5	28,49	26,94	27,03	28,77	27,49
6	25,51	25,77	27,35	28,35	26,21
7	28,01	27,96	30,27	29,15	28,75
8	28,40	27,11	26,26	28,69	27,26
9	28,57	28,19	28,07	29,02	28,28
10	28,28	29,46	27,89	29,10	28,54
11	28,74	27,96	27,22	28,92	27,97
12	27,43	27,79	28,35	28,89	27,86
13	28,37	26,47	30,08	29,00	28,31
14	27,00	28,00	27,33	28,76	27,44
15	28,80	29,01	27,84	29,11	28,55
16	28,25	29,00	27,98	29,06	28,41

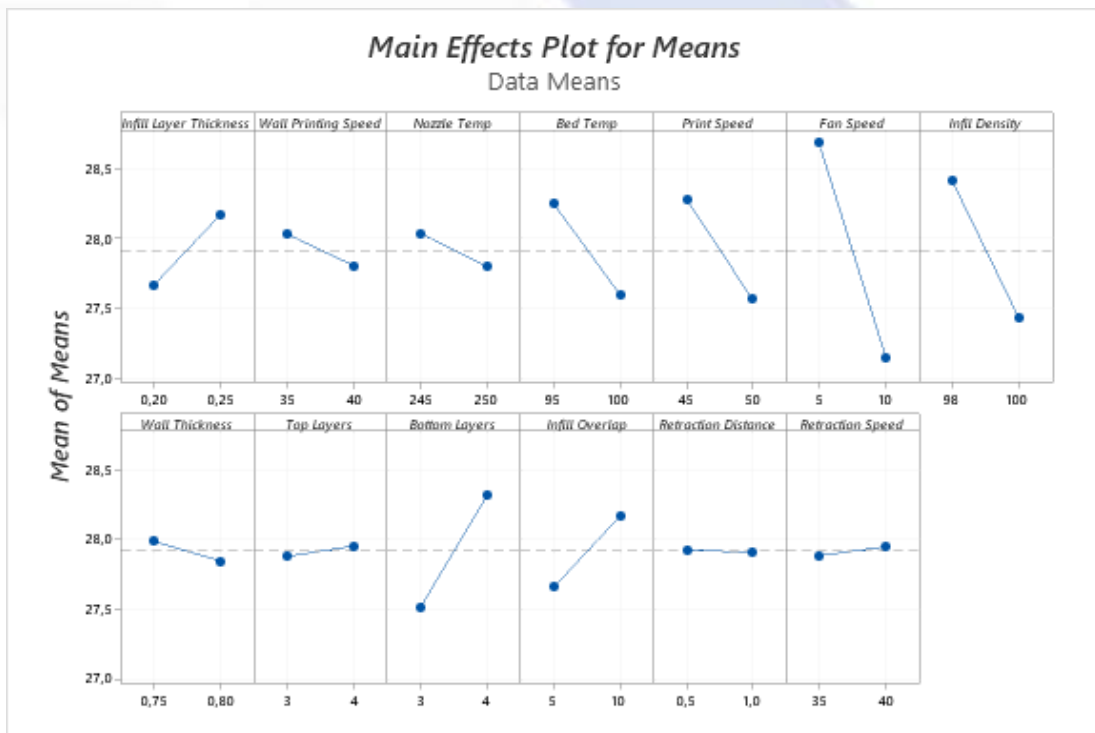
Berdasarkan data hasil uji tarik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 didapatkan nilai rata-rata hasil uji tarik yang tertinggi berada pada penelitian nomor 2 dengan nilai 30,46 MPa dan untuk nilai uji tarik terendah berada pada penelitian nomor 3 dengan nilai 25,31 MPa.

#### 4.4. Pengolahan Data Hasil Uji Tarik

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh nilai uji tarik yang tertinggi dengan menggunakan metode Taguchi. Data yang diperoleh dari Tabel 4.1 akan diolah menggunakan *software* analisis data untuk mendapatkan nilai respon *mean plot* dan *S/N ratio* dengan kualitas *larger is better* yang berarti semakin tinggi nilai uji tarik maka semakin kuat spesimen yang diuji.

##### 4.4.1. Data Hasil Uji Tarik *Mean Plot*

Dari data hasil uji tarik pada Tabel 4.1, data akan diolah untuk mendapatkan respon *mean plot* dengan bantuan *software* analisis yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.2.



Gambar 4.4 Grafik *Mean Plot Larger is Better* Hasil Uji Tarik

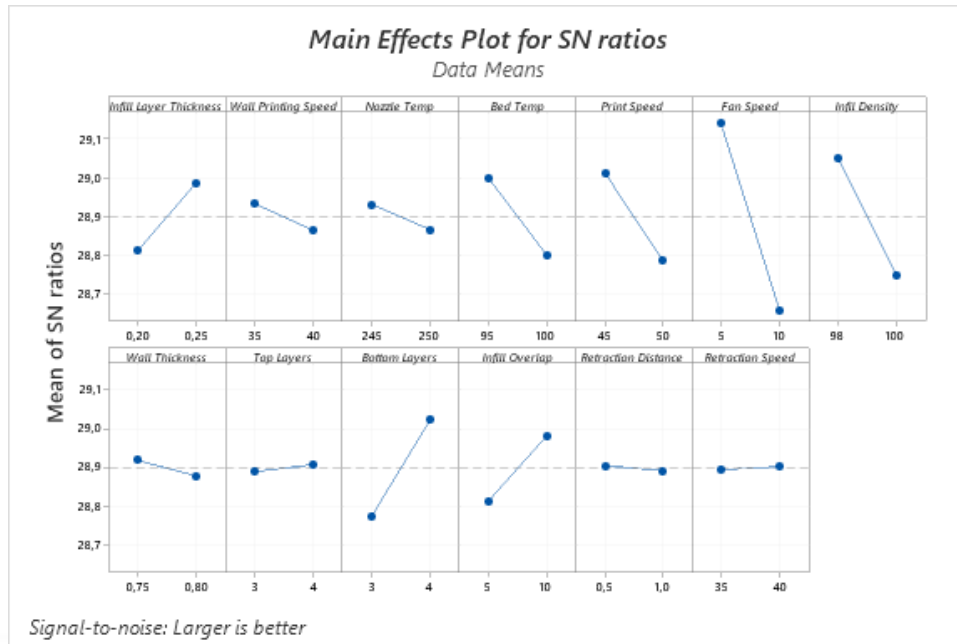
Tabel 4.2 *Mean Plot Larger is Better* Data Hasil Uji Tarik

Faktor	Level		Delta	Rank
	1	2		
<i>Fan Speed</i>	28,68	27,15	1,54	1
<i>Infill Density</i>	28,41	27,42	0,99	2
<i>Bottom Layers</i>	27,51	28,32	0,8	3
<i>Print Speed</i>	28,72	27,56	0,71	4
<i>Bed Temperature</i>	28,25	27,59	0,66	5
<i>Infill Overlap</i>	27,66	28,17	0,52	6
<i>Infill Layer Thickness</i>	27,66	28,17	0,51	7
<i>Nozzle Temperature</i>	28,04	27,79	0,24	8
<i>Wall Printing Speed</i>	28,03	27,80	0,23	9
<i>Wall Thickness</i>	27,99	27,85	0,14	10
<i>Top Layers</i>	27,88	27,95	0,08	11
<i>Retraction Speed</i>	27,88	27,95	0,06	12
<i>Retraction Distance</i>	27,93	27,93	0,02	13

Dari hasil *mean plot larger is better* yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.2 didapatkan hasil bahwa faktor yang paling signifikan pada kualitas *larger is better* berdasarkan *ranking* adalah *fan speed* dengan delta 1,54. Dan secara berturut-turut berdasarkan *ranking* adalah *fan speed* level satu (5%), *infill density* level satu (98%), *bottom layer* level dua (4), *print speed* level satu (45 mm/s), *bed temperature* level satu (95°C), *infill overlap* level dua (10%), *infill layer thickness* level dua (0,25 mm), *nozzle temperature* level satu (245°C), *wall printing speed* level satu (35 mm/s), *wall thickness* level satu (0,75 mm), *top layer* level dua (4), *retraction speed* level dua (40 mm/s), *retraction distance* level 2 (0,5 mm).

#### 4.4.2. Data Hasil Uji Tarik S/N Ratio

Dari data hasil uji tarik pada Tabel 4.1, data akan diolah untuk mendapatkan respon S/N ratio dengan bantuan *software* analisis yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.3.



Gambar 4.5 Grafik S/N Ratio *Larger is Better* Hasil Uji Tarik

Tabel 4.3 S/N Ratio *Larger is Better* Data Hasil Uji Tarik

Faktor	Level		Delta	Rank
	1	2		
<i>Fan Speed</i>	29,14	28,66	0,48	1
<i>Infill Density</i>	29,05	28,75	0,30	2
<i>Bottom Layers</i>	28,78	29,02	0,25	3
<i>Print Speed</i>	29,01	28,79	0,22	4
<i>Bed Temperature</i>	29,00	28,80	0,20	5
<i>Infill Layer Thickness</i>	28,81	28,99	0,17	6
<i>Infill Overlap</i>	28,82	28,98	0,17	7
<i>Wall Printing Speed</i>	28,93	28,87	0,07	8
<i>Nozzle Temperature</i>	28,93	28,87	0,07	9
<i>Wall Thickness</i>	28,92	28,88	0,04	10
<i>Top Layers</i>	28,89	28,91	0,02	11
<i>Retraction Speed</i>	28,90	28,90	0,01	12
<i>Retraction Distance</i>	28,91	28,89	0,01	13

Dari hasil respon S/N ratio *larger is better* yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.3 didapatkan bahwa faktor yang paling signifikan pada kualitas *larger is better* berdasarkan *ranking* adalah *fan speed* dengan delta 0,48 dan secara berturut-turut berdasarkan *ranking* adalah *fan speed* level satu (5%), *infill density* level satu (98%), *bottom layer* level dua (4), *print speed* level satu (45 mm/s), *bed temperature* level satu (95°C), *infill layer thickness* level dua (0,25 mm), *infill overlap* level dua (10%), *wall printing speed* level satu (35 mm/s), *nozzle*

*temperature* level satu (245°C), *wall thickness* level satu (0,75 mm), *top layer* level dua (4), *retraction distance* level satu (0,5 mm), *retraction speed* level 2 (40 mm/s).

#### 4.4.3. Analisis Varian S/N Ratio

Analisis ini digunakan untuk mencari faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekuatan tarik, sehingga untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap nilai S/N ratio dilakukan dengan *analysis of variance*, yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Analysis of Variance for S/N Ratios*

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<i>Infill Layer Thickness</i>	1	0,12231	0,122307	0,122307	19,09	0,049
<i>Wall Printing Speed</i>	1	0,01890	0,018903	0,018903	2,95	0,228
<i>Nozzle Temperature</i>	1	0,01712	0,017122	0,017122	2,67	0,244
<i>Bed Temperature</i>	1	0,15878	0,158784	0,158784	24,79	0,038
<i>Print Speed</i>	1	0,20121	0,201212	0,201212	31,41	0,030
<i>Fan Speed</i>	1	0,92390	0,923897	0,923897	144,24	0,007
<i>Infill Density</i>	1	0,36585	0,365852	0,365852	57,12	0,017
<i>Wall Thickness</i>	1	0,00638	0,006378	0,006378	1,00	0,423
<i>Top Layers</i>	1	0,00141	0,001413	0,001413	0,22	0,685
<i>Bottom Layers</i>	1	0,24652	0,246519	0,246519	38,49	0,025
<i>Infill Overlap</i>	1	0,11296	0,112955	0,112955	17,64	0,052
<i>Retraction Distance</i>	1	0,00075	0,000752	0,000752	0,12	0,764
<i>Retraction Speed</i>	1	0,00026	0,000265	0,000265	0,04	0,858
<i>Residual Error</i>	2	0,01281	0,012810	0,006405		
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>2,18917</b>				

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan hasil analisis anova didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi *F-test* yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Keputusan Uji

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F Tabel (0,05;10,13)	Keputusan Uji
<i>Infill Layer Thickness</i>	19,09		H0 ditolak
<i>Wall Printing Speed</i>	2,95		H0 gagal ditolak
<i>Nozzle Temperature</i>	2,67		H0 gagal ditolak
<i>Bed Temperature</i>	24,79		H0 ditolak
<i>Print Speed</i>	31,41	10,13	H0 ditolak
<i>Fan Speed</i>	144,24		H0 ditolak
<i>Infill Density</i>	57,12		H0 ditolak
<i>Wall Thickness</i>	1,00		H0 gagal ditolak



Tabel 4.5 Keputusan Uji (Lanjutan)

<i>Top Layers</i>	0,22		H0 gagal ditolak
<i>Bottom Layers</i>	38,49	10,13	H0 ditolak
<i>Infill Overlap</i>	17,64		H0 ditolak
<i>Retraction Distance</i>	0,12		H0 gagal ditolak
<i>Retraction Speed</i>	0,04		H0 gagal ditolak

Dari hasil keputusan uji pada Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa dari ketigabelas faktor yang diuji, faktor yang berpengaruh adalah *infill layer thickness*, *bed temperature*, *print speed*, *fan speed*, *infill density*, *bottom layers*, *infill overlap* karena nilai *F-test* lebih besar dibandingkan dengan nilai *F* tabel maka H0 ditolak. Sedangkan untuk faktor *wall printing speed*, *nozzle temperature*, *wall thickness*, *top layers*, *retraction distance*, *retraction speed* karena nilai *F-test* lebih kecil dibandingkan dengan *F* tabel maka H0 gagal ditolak, yang artinya tidak ada pengaruh dari faktor tersebut terhadap kekuatan tarik. Dari 13 faktor akan ditentukan level yang berpengaruh terhadap hasil uji tarik.

Tabel 4.6 Perbandingan Level *Infill Layer Thickness* Terhadap Respon S/N

<i>Infill Layer Thickness</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
0,25	8	28,9872	A
0,20	8	28,8124	B

<i>Infill Layer Thickness</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
0,25 - 0,20	0,1749	0,0400	(0,0027; 0,3470)	4,37	0,049

Dari Tabel 4.6 bahwa kedua level faktor *infill layer thickness* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 2 (0,25 mm) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9872.

Tabel 4.7 Perbandingan Level *Wall Printing Speed* Terhadap Respon S/N

<i>Wall Printing</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
35	8	28,9342	A
40	8	28,8654	A

<i>Wall Printing</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
40 - 35	-0,0687	0,0400	(-0,2409; 0,1034)	-1,72	0,228

Dari Tabel 4.7 bahwa kedua level pada faktor *wall printing speed* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (35 mm/s) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9342.

Tabel 4.8 Perbandingan Level *Nozzle Temperature* Terhadap Respon S/N

<i>Nozzle Temperature</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
245	8	28,9325	A
250	8	28,8671	A

<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
250 - 245	-0,0654	0,0400	(-0,2376; 0,1068)	-1,63	0,244

Dari Tabel 4.8 bahwa kedua level pada faktor *nozzle temperature* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (245 °C) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9325.

Tabel 4.9 Perbandingan Level *Bed Temperature* Terhadap Respon S/N

<i>Bed Temperature</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
95	8	28,9994	A
100	8	28,8002	B

<i>Bed Temperature</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
100 - 95	-0,1992	0,0400	(-0,3714; -0,0271)	-4,98	0,038

Dari Tabel 4.9 bahwa kedua level pada faktor *bed temperature* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (95 °C) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9994.

Tabel 4.10 Perbandingan Level *Print Speed* Terhadap Respon S/N

<i>Print Speed</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
45	8	29,0119	A
50	8	28,7877	B

<i>Print Speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
50 - 45	-0,2243	0,0400	(-0,3965; -0,0521)	-5,60	0,030

Dari Tabel 4.10 bahwa kedua level pada faktor *print speed* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (45 mm/s) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 29,0119.

Tabel 4.11 Perbandingan Level *Fan Speed* Terhadap Respon S/N

<i>Fan Speed</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
5	8	29,1401	A
10	8	28,6595	B

<i>Fan Speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
10 - 5	-0,4806	0,0400	(-0,6528; -0,3084)	-12,01	0,007

Dari Tabel 4.11 bahwa kedua level pada faktor *fan speed* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (5%) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 29,1401.

Tabel 4.12 Perbandingan Level *Infill Density* Terhadap Respon S/N

<i>Infill Density</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
98	8	29,0510	A
100	8	28,7486	B

<i>Infill Density</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
100 - 98	-0,3024	0,0400	(-0,4746; -0,1303)	-7,56	0,017

Dari Tabel 4.12 bahwa kedua level pada faktor *infill density* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (98%) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 29,0510.

Tabel 4.13 Perbandingan Level *Wall Thickness* Terhadap Respon S/N

<i>Wall Thickness</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
0,75	8	28,9198	A
0,80	8	28,8798	A

<i>Wall Thickness</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
0,80 - 0,75	-0,0399	0,0400	(-0,2121; 0,1322)	-1,00	0,423

Dari Tabel 4.13 bahwa kedua level pada faktor *wall thickness* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (0,75 mm) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9198.

Tabel 4.14 Perbandingan Level *Top Layers* Terhadap Respon S/N

<i>Top layer</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
4	8	28,9092	A
3	8	28,8904	A

<i>Top Layer</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
4 - 3	0,0188	0,0400	(-0,1534; 0,1910)	0,47	0,685

Dari Tabel 4.14 bahwa kedua level pada faktor *top layer* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 2 (4) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9092.

Tabel 4.15 Perbandingan Level *Bottom Layers* Terhadap Respon S/N

<i>Bottom layer</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
4	8	29,0239	A
3	8	28,7757	B

<i>Bottom Layer</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
4 - 3	0,2483	0,0400	(0,0761; 0,4204)	6,20	0,025

Dari Tabel 4.15 bahwa kedua level pada faktor *bottom layer* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 2 (4) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 29,0239.

Tabel 4.16 Perbandingan Level *Infill Overlap* Terhadap Respon S/N

<i>Infill Overlap</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
10	8	28,9838	A
5	8	28,8158	A

<i>Infill Overlap</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
10 - 5	0,1680	0,0400	(-0,0041; 0,3402)	4,20	0,052

Dari Tabel 4.16 bahwa kedua level pada faktor *infill overlap* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 2 (10%) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 29,0239.

Tabel 4.17 Perbandingan Level *Retraction Distance* Terhadap Respon S/N

<i>Retraction Distance</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
0,5	8	28,9067	A
1.0	8	28,8929	A

<i>Retraction Distance</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
1,0 - 0,5	-0,0137	0,0400	(-0,1859; 0,1585)	-0,34	0,764

Dari Tabel 4.17 bahwa kedua level pada faktor *Retraction Distance* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 1 (0,5 mm) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9067.

Tabel 4.18 Perbandingan Level *Retraction Speed* Terhadap Respon S/N

<i>Retraction Speed</i>	N	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
40	8	28,9039	A
35	8	28,8957	A

<i>Retraction Speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Simultaneous 95% CI</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
40 - 35	0,0081	0,0400	(-0,1640; 0,1803)	0,20	0,858

Dari Tabel 4.18 bahwa kedua level pada faktor *Retraction Speed* yang paling berpengaruh terhadap respon S/N ialah pada level 2 (40 mm/s) yang dapat dilihat pada nilai *mean* dengan nilai 28,9039.

#### 4.5. Pengujian Konfirmasi

Pengujian konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi data hasil uji tarik yang telah diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan rata-rata hasil uji tarik percobaan kombinasi awal dengan replikasi kombinasi optimum.

##### 4.8.1. Pengujian Konfirmasi Pencetakan Spesimen

Pengujian konfirmasi dilakukan menggunakan kombinasi faktor yang telah diperoleh dari hasil optimasi pada Tabel 4.3 yaitu *fan speed* level satu (5%), *infill density* level satu (98%), *bottom layer* level dua (4), *print speed* level satu (45 mm/s), *bed temperatur* level satu (95°C), *infill layer thickness* level dua (0,25 mm), *infill overlap* level dua (10%), *wall printing speed* level satu (35 mm/s), *nozzle temperature* level satu (245°C), *wall thickness* level satu (0,75 mm), *top layer* level dua (4), *retraction distance* level satu (0,5 mm), *retraction speed* level 2 (40 mm/s). Sehingga pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kombinasi awal dengan kombinasi optimum yang ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Kombinasi Nilai Uji Tarik Kondisi Awal dan Kondisi Optimum

Replikasi Kombinasi Awal (MPa)			Rata- Rata	Replikasi Kombinasi Optimal (MPa)			Rata- Rata
R1	R2	R3	30,46	R1	R2	R3	30,49
31,74	29,82	29,83		29,71	30,43	31,35	

Perhitungan *S/N ratio* pada masing-masing respon dilakukan menggunakan persamaan hasil *S/N ratio* yang ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 *S/N Ratio* Pada Kombinasi Awal dan Kombinasi Optimum

Kombinasi Awal $A_1B_1C_1$		Kombinasi Optimum $A_2B_2C_2$	
Rata-Rata (MPa)	<i>S/N Ratio</i>	Rata-Rata (MPa)	<i>S/N Ratio</i>
30,46	29,66	30,49	29,74

Adapun perbandingan antara keyakinan rata-rata kekuatan tarik kombinasi awal dengan kombinasi optimal yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.



Tabel 4.21 Perbandingan Kombinasi Awal dengan Kombinasi Optimum

Kombinasi Awal $A_1B_1C_1$	Kombinasi Optimum $A_2B_2C_2$
30,46 (MPa)	30,49 (MPa)

Dari hasil Tabel 4.21 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik pada kombinasi awal adalah 30,46 MPa, lalu untuk nilai kekuatan tarik pada kombinasi optimum sebesar 30,49 MPa, dengan demikian terjadi peningkatan pada uji tarik kombinasi optimum dengan selisih 0,03 Mpa dibandingkan dengan uji tarik pada kombinasi awal.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan mengenai peningkatan kuat tarik produk cetak material ABS dengan metode *annealing*, didapatkan nilai hasil kekuatan tarik pencetakan spesimen sebesar 30,46 MPa.

#### **5.2. Saran**

Berikut beberapa saran yang dapat diberikan pada penelitian ini:

1. Pada saat pencetakan spesimen sebaiknya sirkulasi udara dapat terbuang dan tidak mengendap dalam ruangan karena filamen ABS yang digunakan pada penelitian ini mengandung racun.
2. Pastikan pada saat proses pencetakan spesimen dengan filamen ABS suhu pada mesin 3D *printing* yang digunakan sudah terisolasi dari suhu ruangan agar pencetakan pada spesimen mendapatkan hasil yang baik dan tidak cacat.
3. Pada penelitian ini hasil spesimen yang dilakukan proses *annealing* terjadi deformasi, namun penelitian ini tidak membahas tentang deformasi sehingga untuk meminimalkan deformasi hasil *annealing* dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.Kholil, F.Aufi, & E.A.Syaefudin. (2020). Pengaruh Layer Thickness dan Orientasi 3D Printing Terhadap Uji Tarik Material ABS. *NCIET*, 1, A. 219.
- Arceo, Facundo. (2021). *3D Filament Glass Transition Temperatures*. Retrieved Juli 2021, from 3D SOLVED: [3dsolved.com](https://3dsolved.com)
- Butt, J., & Bhaskar, R. (2020). Investigating the Effects of Annealing on the Mechanical Properties of FFF-Printed Thermoplastics. *Manufacturing and Materials Processing*, 11.
- Cahyati, S., & Sanora, N. S. (2019). Analisa Kekuatan Kerangka Penopang Ekstruder Modifikasi Mesin 3D Printer Nozel Tunggal Menjadi Nozel Ganda. *Prosiding Seminar Nasional Pakar 2019 Buku I*.
- Christiliana, M., Pristiansyah, & Oktriadi, Y. (2021). Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade. *Manutech*, 7.
- Desaincad. (2021, Mei 30). *Apa Itu Slicer Dalam 3d Printing?* Retrieved Januari 19, 2022, from DesainCAD: <https://www.desaincad.com/>
- Fatma, D. (2016, Oktober 31). *Sifat-sifat Udara dan Pemanfaatannya*. Retrieved Februari 3, 2022, from ilmugeografi.com: <https://ilmugeografi.com>
- Firmansyah. (2020, June 24). *Material Testing Tensil Test*. Retrieved 2021, from Detech: <https://www.detch.co.id/>
- Hasdiansah, Masdani, Feriadi, I., & Pristiansyah. (2020, Desember 20). Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi PLA Food. *NCIET*, 11.
- Hidayat, A. (2017, Juli). *Anova Sebagai Analisis Statistik*. Retrieved Januari 2022, from Statistikian: <https://www.statistikian.com/>

- Lusi, N., Fiveriati, A., Pamuji, D. R., & Afandi, A. (2020, November 20). Optimasi Laju Pengerjaan Bahan dan Kekasaran Permukaan Proses End Milling Assab XW-42 Menggunakan Metode Taguchi. *SENITROV*, 489.
- Mahesh, V., & Basavaraj, C. (2017, Januari). Studies on Optimizing Process Parameters of Fused Deposition Modelling Technology for ABS. *Materials Today*. doi:10.1016/j.matpr.2017.08.057
- Mpik. (2017, November 9). *Material Printer 3D ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)*. Retrieved 2021, from Indoprinter3d: <http://indoprinter3d.com/>
- Pratama, Y. B., Hasdiansah, & Pristiansyah. (2021). Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Filamen ST-PLA. *Manutech*, 39.
- Priadi, M. A., Nugraha, N. P., & Widayana, G. (2017). Pengaruh Media Pendinginan Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Oxy-Acetylene Pada Material Baja St-37. *JJPTM*, 3.
- Putra, K. S., & Sari, U. R. (2018, Juli 12). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*. Retrieved April 20, 2021
- Raditya, B. (2020, Februari 10). Analisa Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro pada Pengelasan Friction Welding Aa 2024 – T3 dengan Aa 6061 – T6. *Skripsi Thesis*.
- Raise3D. (2021). *Filament ABS*. Retrieved 2021, from [www.raise3d.com](http://www.raise3d.com): <https://www.raise3d.com/filaments/abs/>
- Redaksi. (2020, Oktober 13). *Mengenal Jenis-Jenis Pasir Bangunan dan Fungsinya*. Retrieved Februari 2022, from Gpriority: <https://gpriority.co.id>
- Sarcevic, M. (2019, Juli 20). *Annealing PLA Prints for Strength 2 Easy Ways*. Retrieved 2021, from ALL3DP: [all3dp.com](http://all3dp.com)
- Satyadinoto, A. L. (2020, September 9). *Mengenal 3D Modelling*. Retrieved 20 1, 2022, from Gamelab Indonesia: <https://www.gamelab.id/>

- Siswanto, R., Suyoso, H., & Hayu, G. A. (2017, Juli). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus dan Cangkang Kerang sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 192.
- Subakti, Y., Hasdiansah, & Kurniawan, Z. (2021, Agustus 1). Pengaruh Media Temperatur dan Waktu Perlakuan Annealing pada Spesimen Standar ASTM D638 Type IV. *Sprocket*, 11-13.
- Suzen, Z., Hasdiansah, & Yuliyanto. (2020, Desember 7). Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun. *Manutech*, 12, 74 - 80.
- Tanuwijaya, C. (2021, Maret 16). *Artikel Tentang Plastik ABS*. (CEO of Surya Indo Utama) Retrieved Januari 21, 2022, from LinkedIn: <https://id.linkedin.com/pulse/artikel-tentang-plastik-abs-chandra-tanuwijaya>
- Trihutomo, P. (2015, November). Pengaruh Proses Annealing pada Hasil Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah. *Materials Engineering*.
- Tyson, E. (2018). *How to Anneal Your 3D Prints for strength*. Retrieved April 21, 2021, from rigid.ink: <https://rigid.ink/blogs/news/how-to-anneal-your-3d-prints-for-strength>
- Wahid, M. A., & Anam, C. (2021). Optimasi Kekasaran Permukaan dengan Metode Taguchi Pada Proses Freis Material Assab Xw-42 dengan Pendinginan Minimum Quantity Lubrication (MQL). *SENTRINOV*, 200-202.
- Yefrichan. (2010, Desember 1). *Sifat-sifat Udara*. Retrieved Februari 3, 2022, from Laskar Teknik: <https://laskarteknik.co.id>

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Diri

Nama lengkap : Yogie Pranata  
Tempat, tanggal lahir : Kundur, 22 Juni 1999  
Alamat rumah : Jl. Nyatoh No. 301 Bukit Lama  
Pangkalpinang  
Telp : -  
Hp : 082269040638  
Email : yogiepranata987@gmail.com  
Jenis kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam



### 2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 29 Pangkalpinang (2005 - 2012)  
SMP Negeri 3 Pangkalpinang (2012 - 2015)  
SMK Negeri 2 Pangkalpinang (2015 - 2018)

### 3. Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 14 Februari 2022

Yogie Pranata

Lampiran 2. Spesimen Hasil Uji Tarik



Lampiran 3. Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik Tertinggi



Lampiran 4. Perhitungan S/N Ratio Pencetakan Spesimen

$$1. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{30,68^2} + \frac{1}{28,20^2} + \frac{1}{28,82^2} \right) \right] = 29,30$$

$$2. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{31,74^2} + \frac{1}{29,82^2} + \frac{1}{29,83^2} \right) \right] = 29,66$$

$$3. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{25,48^2} + \frac{1}{24,87^2} + \frac{1}{25,57^2} \right) \right] = 28,06$$

$$4. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{25,81^2} + \frac{1}{26,93^2} + \frac{1}{27,04^2} \right) \right] = 28,49$$

$$5. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,49^2} + \frac{1}{26,94^2} + \frac{1}{27,03^2} \right) \right] = 28,77$$

$$6. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{25,51^2} + \frac{1}{25,77^2} + \frac{1}{27,35^2} \right) \right] = 28,36$$

$$7. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,01^2} + \frac{1}{27,96^2} + \frac{1}{30,27^2} \right) \right] = 29,15$$

$$8. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,40^2} + \frac{1}{27,11^2} + \frac{1}{26,26^2} \right) \right] = 28,70$$

$$9. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,57^2} + \frac{1}{28,19^2} + \frac{1}{28,07^2} \right) \right] = 29,03$$

$$10. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,28^2} + \frac{1}{29,46^2} + \frac{1}{27,89^2} \right) \right] = 29,10$$

$$11. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,74^2} + \frac{1}{27,96^2} + \frac{1}{27,22^2} \right) \right] = 28,93$$

$$12. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{27,43^2} + \frac{1}{27,79^2} + \frac{1}{28,35^2} \right) \right] = 28,90$$

$$13. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,37^2} + \frac{1}{26,47^2} + \frac{1}{30,08^2} \right) \right] = 29,00$$

$$14. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{27,00^2} + \frac{1}{28,00^2} + \frac{1}{27,33^2} \right) \right] = 28,77$$


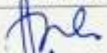






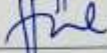
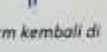

$$15. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,80^2} + \frac{1}{29,01^2} + \frac{1}{27,84^2} \right) \right] = 29,11$$

$$16. S/N = -10 \log \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{1}{28,25^2} + \frac{1}{29,00^2} + \frac{1}{27,98^2} \right) \right] = 29,07$$



Lampiran 5. Form Bimbingan

FORM-PPR-3-4: Bimbingan Proyek Akhir


 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022			
JUDUL	Peningkatan Kualitas Tarik Produk Cetak Material ABS dengan Metode Anilatin		
Nama Mahasiswa	Yogie Pranata		NIRM: 1041029
Nama Pembimbing	1. Hastiandah, S.S.T., M.Eng. 2. Yang Fitri Annisani, S.S.T., M.T. 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	7-8-2021	Membahas tentang parameter 3D Print	
2	25-8-2021	Membahas tentang metode Takachi	
3	29-8-2021	Membahas tentang fitur SKMP 803	
4	25-10-2021	Membahas tentang fungsi Skripsi Bab 4	
5	7-9-2021	Membahas teknik Pengukuran 3D Print	
6	26-10-2021	Membahas tentang tempat jurnal	
7	18-11-2021	Membahas tentang S/N Daftar	
8	19-11-2021	Membahas tentang Anova dan uji Anisotropi	
9	29-12-2021	Membahas tentang tulisan seminar	
10	30-12-2021	Membahas tentang perbaikan Seminar	

Catatan:

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

Lampiran 6. Form Bimbingan Lanjutan

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022			
			
JUDUL	Peningkatan kualitas serta Produk cetak Material ABS dengan Metode Anilasi		
Nama Mahasiswa	Yogie Prada		NIRM: 1091829
Nama Pembimbing	1. <u>Hasdiansah, S.S.T., M.Eng.</u> 2. <u>Yang Feni Ariswani, S.S.T., M.T.</u> 3. _____		
Pertemuan ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	24-8-2021	Membahas tentang teknik skripsi Das	<i>fia</i>
2	25-10-2021	Membahas tentang teknik skripsi Das	<i>fia</i>
3	19-11-2021	Membahas tentang teknik seminar	<i>fia</i>
4	30-12-2021	Membahas tentang perbaikan seminar	<i>fia</i>
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Catatan:

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

Pedoman | 41

Lampiran 7. Form Monitoring

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHAP AKADEMIK 2021, 2022	
JUDUL		Peringatan Kuis Turun Proyek oleh Mahasiswa Pemasangan APD dan Protokol Anonim	
Nama Mahasiswa		1. <u>Yosie Prama</u> /NIRM: <u>1011829</u> 2. _____ /NIRM: _____ 3. _____ /NIRM: _____ 4. _____ /NIRM: _____ 5. _____ /NIRM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	25/Januari/2022	100%	


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

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

Pedoman Proyek Akhir | Hal. 43

Lampiran 8. Form Revisi Penguji 1

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
2021 / 2022


JUDUL : Peningkatan Krat Tanah Prodi Cetak Menggunakan Filamen ABS Dengan Proses Anodizing

Nama Mahasiswa :


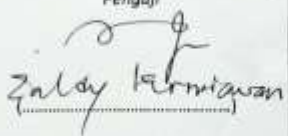
1.	<u>Yogie Pranata</u>	NIRM: <u>1041829</u>
2.	_____	NIRM: _____
3.	_____	NIRM: _____
4.	_____	NIRM: _____
5.	_____	NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>cek di mana saja</u>	
<u>ton / trusmi pmtaka</u>	
<u>bab 4, 5</u>	
<u>kesimpulan</u>	

Sungailiat, Januari 2022  
Penguji

  
Zaldy Kurniawan


Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">   <u>(H. Pranata)</u> </div>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, D.I. <u>Februari 2022</u> Penguji</p> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">   <u>Zaldy Kurniawan</u> </div>
---	--

Pedoman Proyek Akhir | Hal. 45

Lampiran 9. Form Revisi Penguji 2

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



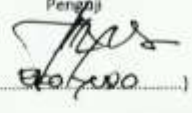
FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : PENINGKATAN KUAT TARIK PRODUK CETAK MENGGUNAKAN FILAMEN ABS DAN PROSES ANNEALING

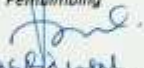

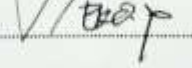
Nama Mahasiswa :

1.	YOGIE PRANATA	NIRM: 1041829
2.		NIRM:
3.		NIRM:
4.		NIRM:
5.		NIRM:

Bagian yang direvisi	Halaman
ditambahkan kan manfaat dari hasil yg di dapat dan posting bahan buat tarik produk cetak menggunakan filamen abs dgn proses annealing	
Makalah di bawa saat Revisi	

Sunggailat, 31-01-2022  
Penguji  
  
(.....)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa


<p>Mengetahui, Pembimbing</p>   (.....)	<p>Sunggailat, 04-02-2022 Penguji</p>   (.....)
---	---

Pedoman Proyek Akhir | Hal. 45



Lampiran 103. Form Revisi Pembimbing

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



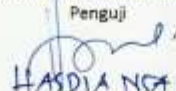
FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : Peningkatan kuat tarik Produk Gidak material ABS dengan prosedur transesterifikasi


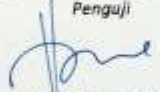
Nama Mahasiswa :

1.	<u>Yogie Pranata</u>	NIRM: _____
2.	_____	NIRM: _____
3.	_____	NIRM: _____
4.	_____	NIRM: _____
5.	_____	NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>lihat uraian.</u>	

Sunggailat, 31 JANUARI 2022  
Penguji  
  
(HASDIANSAH)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;"> (HASDIANSAH)</p>	<p style="text-align: right;">Sunggailat, <u>8</u> 2 2022 Penguji</p> <p style="text-align: center;"> (HASDIANSAH)</p>
---	--