

**OPTIMASI PARAMETER PRODUK 3D PRINTING
TERHADAP KUAT TARIK MENGGUNAKAN FILAMEN TPU
(THERMOPLASTIC POLYURETHANE)**

PROYEK AKHIR

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



Dibuat dan
Disusun Oleh :

BEDY

NIM : 1041925

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2023

**OPTIMASI PARAMETER PRODUK 3D PRINTING
TERHADAP KUAT TARIK MENGGUNAKAN FILAMEN TPU
(*THERMOPLASTIC POLYURETHANE*)**

PROYEK AKHIR

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



Disusun oleh:
Redy NIRM: 1041925

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**OPTIMASI PARAMETER PRODUK 3D PRINTING TERHADAP KUAT
TARIK MENGGUNAKAN FILAMEN TPU (*THERMOPLASTIC
POLYURETHANE*)**

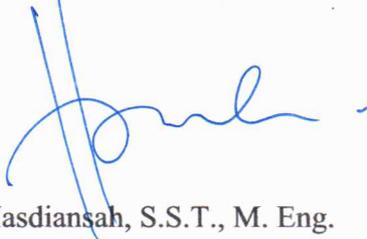
Oleh:

Redy NIRM: 1041925

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



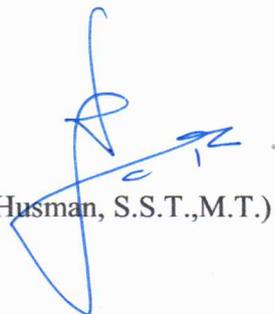
Hasdiansah, S.S.T., M. Eng.

Pembimbing 2



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

Penguji 1



(Husman, S.S.T.,M.T.)

Penguji 2



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

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Redy NIRM : 1041925

Dengan judul : Optimasi Parameter Produk 3D printing Terhadap Kuat Tarik
Menggunakan Filamen TPU (*Thermoplastic polyurethane*)

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, 19 Januari 2023

Nama Mahasiswa



Redy

ABSTRAK

Teknologi manufaktur saat ini seringkali berkembang khususnya 3D printing. 3D printing dapat didefinisikan dengan proses fabrikasi fused deposition modelling (FDM) yakni suatu teknologi additive manufacturing (AM) dengan sistem yang cara kerja penambahannya berbahan lapis demi lapis. Penelitian ini akan menggunakan filamen TPU (Thermoplastic polyurethane). Secara mekanis filamen TPU ini memiliki sifat mekanik elastis yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai uji tarik tertinggi dari hasil pencetakan printer 3D dengan spesifikasi yang akan digunakan yaitu ketebalan lapisan, infill pattern, dan Z-orientation. Pencetakan akan dilakukan dengan menggunakan mesin Anet A8 Plus dan untuk tipe spesimen menggunakan standar ASTM D-638 tipe V. Penelitian ini menggunakan taguchi L_9 dengan 3 faktor dan 3 level yang mencetak 27 benda uji. Sehingga diperoleh nilai tertinggi pada uji tarik dengan percobaan nomor 7 sebesar 12,97MPa dan nilai uji tarik terendah diperoleh pada percobaan nomor 2 dengan nilai 11,87MPa. Sedangkan untuk hasil perhitungan S/N rasio faktor yang paling berpengaruh secara berurutan Z-Orientation (70,42%), Layer Thickness (14,38%) dan infill pattern (7,35%).

Kata kunci: 3D Printing; Filamen TPU; Uji Kekuatan Tarik

ABSTRACT

Manufacturing technology is currently developing, especially 3D printing. 3D printing can be defined by the fused deposition modeling (FDM) fabrication process, which is an additive manufacturing (AM) technology with a system that works by adding layers of material layer by layer. This research will use TPU (Thermoplastic polyurethane) filaments. Mechanically this TPU filament has good elastic mechanical properties. This study aims to obtain the highest tensile test value from the results of 3D printer printing with the specifications to be used, namely layer thickness, infill pattern, and Z-orientation. Printing will be done using the Anet A8 Plus machine and for the type of specimen using the ASTM D-638 type V standard. This research uses taguchi L9 with 3 factors and 3 levels which prints 27 test objects. So that the highest value was obtained in the tensile test with experiment number 7 of 12.97MPa and the lowest tensile test value was obtained in experiment number 2 with a value of 11.87MPa. As for the results of the calculation of the S/N ratio the most influential factors are Z-Orientation (70.42%), Layer Thickness (14.38%) and infill pattern (7.35%) sequentially.

Key words: 3D Printing; TPU Filament; Tensile Strength Test

KATA PENGANTAR

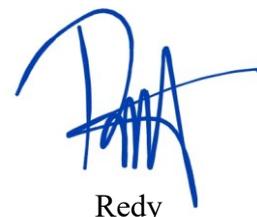
Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir dengan judul “Optimasi Parameter Produk 3D *Printing* Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU (*Thermoplastic Polyurethane*)”. Penulisan proyek akhir ini dilakukan untuk 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. Bapak Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan masukan-masukan pada proyek akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf jurusan serta teman-teman teknik mesin yang telah membantu dalam pelaksanaan proyek akhir ini.

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, 19 Januari 2023



Redy

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. 3D Printer.....	4
2.2. TPU (<i>Thermoplastik Polyurethane</i>).....	5
2.3. Uji Tarik.....	5
2.4. <i>Grip and Face Selection</i>	7
2.5. Standar Spesimen Uji.....	7
2.6. Metode Taguchi.....	7
2.6.1. Tahap Perencanaan.....	8
2.6.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	10
2.6.3. <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	12
2.6.4. Uji Konfirmasi.....	12
2.6.5. Penelitian Sebelumnya.....	12

BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Flowchart Tahapan Penelitian.....	15
3.2. Studi Literatur.....	17
3.3. Penentuan Faktor dan Level Pencetakan Spesimen.....	17
3.4. Penentuan Matrik Orthogonal Array.....	18
3.5. Desain CAD.....	19
3.6. Persiapan Alat dan Material.....	19
3.6.1. Alat.....	19
3.6.2. Material.....	21
3.7. Langkah Penelitian.....	22
3.8. Objek Penelitian.....	24
BAB IV PEMBAHASAN.....	25
4.1. Proses Pembuatan Spesimen.....	25
4.2. Pengujian dengan Mesin Uji Tarik.....	26
4.3. Data Hasil Uji Tarik.....	26
4.4. Pengolahan Data Hasil Uji Tarik.....	27
4.4.1. Data Hasil Uji Tarik Mean Plot.....	27
4.4.2. Data Hasil Uji Tarik S/N Ratio.....	28
4.4.3. Analisis Varian S/N Ratio.....	29
4.5. Pengujian Konfirmasi.....	30
4.5.1. Pengujian Konfirmasi Pencetakan Spesimen.....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Mesin 3D <i>Printing</i>	4
Gambar 2.2.	Contoh Mesin Uji Tarik dengan Spesimen.....	6
Gambar 3.1.	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	16
Gambar 3.2.	Desain Spesimen ASTM D638 <i>Type V</i>	19
Gambar 3.3.	Mesin 3D <i>Printing</i> ANET A8 Plus.....	20
Gambar 3.4.	Filamen TPU.....	21
Gambar 3.5.	Proses Pencetakan Spesimen 50%.....	23
Gambar 3.6.	Proses Pencetakan Spesimen 100%.....	23
Gambar 3.7.	Bentuk Spesimen ASTM D638 <i>Type V</i>	24
Gambar 4.1.	Proses Pencetakan.....	25
Gambar 4.2.	Hasil Pencetakan.....	25
Gambar 4.3.	Proses Uji Tarik.....	26
Gambar 4.4.	Grafik <i>Mean Plot Larger Is Better</i> Hasil Uji Tarik.....	27
Gambar 4.5.	Grafik <i>S/N Ratio Larger Is Better</i>	28

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Nilai Faktor Taguci L ₉	17
Tabel 3.2.	Variabel Acak Pencetakan Spesimen.....	17
Tabel 3.3.	Desain Taguci L ₉ OA.....	18
Tabel 3.4.	Penentuan Derajat Kebebasan Faktor Pencetakan.....	18
Tabel 3.5.	Spesifikasi Mesin 3D ANET A8 Plus.....	20
Tabel 3.6.	Spesifikasi Filamen TPU.....	22
Tabel 4.1.	Data Hasil Uji Tarik.....	26
Tabel 4.2.	<i>Mean Plot Larger Is Better</i> Data Hasil Uji Tarik.....	28
Tabel 4.3.	<i>S/N Ratio Larger Is Better</i>	29
Tabel 4.4.	<i>Analisis Of Variance For S/N Ratio</i>	29
Tabel 4.5.	Kombinasi Nilai Uji Tarik Kondisi Awal dan Optimum...	31
Tabel 4.6.	S/N Ratio Pada Kombinasi Awal dan Optimum.....	31
Tabel 4.7.	Perbandingan Kombinasi Awal dan Optimum.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan S/N Ratio Pencetakan Spesimen	36
Lampiran 2.	Persen Kontribusi.....	36
Lampiran 3.	Proses Pengujian Tarik.....	37
Lampiran 4.	Hasil Uji Tarik.....	37
Lampiran 5.	Spesimen Uji Konfirmasi.....	38
Lampiran 6.	Hasil Uji Tarik Spesimen Konfirmasi.....	38
Lampiran 7.	Experimen No. 2 100%.....	39
Lampiran 8.	Experimen No. 2 50%.....	39
Lampiran 9.	Experimen No. 3 50%.....	39
Lampiran 10.	Experimen No. 3 100%.....	40
Lampiran 11.	Experimen No. 4 100%.....	40
Lampiran 12.	Experimen No. 4 50%.....	40
Lampiran 13.	Experimen No. 5 100%.....	41
Lampiran 14.	Experimen No. 5 50%.....	41
Lampiran 15.	Experimen No. 6 50%.....	41
Lampiran 16.	Experimen No. 6 100%.....	42
Lampiran 17.	Experimen No. 7 50%.....	42
Lampiran 18.	Experimen No. 7 100%.....	42
Lampiran 19.	Experimen No. 8 50%.....	43
Lampiran 20.	Experimen No. 8 100%.....	43
Lampiran 21.	Experimen No. 9 50%.....	43
Lampiran 22.	Experimen No. 9 100%.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

3D *Printing* didefinisikan dengan proses fabrikasi *Fused Deposition modelling* (FDM), yakni suatu teknologi *Additive Manufacturing* (AM) dengan sistem yang cara kerja penambahannya berbahan lapis demi lapisnya (Pristiansyah et al, 2019). Teknologi 3D dalam beberapa tahun terakhir sudah meningkat dengan signifikan dalam berkontribusi terhadap kualitas cetak serta biaya cetak untuk proses pembuatannya yang prototypenya tersebut cepat.

Rapid prototyping dalam 3D *printing* ini didefinisikan dengan suatu peralatan yang efisien dalam mengembangkan suatu produk tertentu. Metode *Fused Deposition Modelling* (FDM), yang mana bahwasanya produk yang dihasilkan ini berbentuk dengan proses yang dapat berkompetisi dengan suatu metode produksi tradisional. Sejauh ini, FDM ini sudah banyak dimanfaatkan untuk proses pencetakan 3D, hal ini dikarenakan bahwa pengembangan produknya muduuh, ramah lingkungan, biaya murah, penggunaannya mudah, pembuatan *prototype* dan proses manufakturnya (Jin et al, 2018).

Di lain sisi, produk yang dihasilkan atas metode dari percetakan 3D ini sendiri umumnya mempunyai sifat mekanik yang tidak lebih baik dikomparasikan dengan proses dari *injection moulding*, hal ini dikarenakan bahwa *injection moulding* ini sendiri didalmanya ada titik lemahnya di antara lapisannya, serta penyusutannya akan terjadi ketika proses pendinginannya.

Pengaruh Geometri *Infil* Terhadap Kekuatan Spesimen Uji Tarik ASTM D638 *Type IV* Menggunakan Filamen Pla+Sugoi, penelitian (Suzen & Hasdiansah, 2021) Studi yang dilakukan dengan bantuan uji tarik mengungkapkan bahwa *infill type concentric* memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi pada 32,40 Mpa sedangkan *infill type cross* memiliki nilai kekuatan tarik terendah 19,70 Mpa terutama dalam kaitannya dengan geometri pengisian.

Pada penelitian (Andriyansyah & Herianto, 2018) menggunakan parameter proses 4 faktor, 3 tingkat dan desain faktor L₉. Kekuatan tarik tertinggi adalah 18,7 Mpa dan kekuatan tarik terendah adalah 16,1 Mpa. Untuk hasil penelitian yang dilaksanakan (Pambudi, 2017) menyebutkan bahwa penggunaan internal dari geometri *triangle* serta *honeycomb* ini memperoleh hasil sejumlah I-2 kekuatan Tarik lebih baik dibandingkan dengan *triangle* yang ukurannya ialah 9 mm atas *honeycomb* yang ukurannya 2 mm. Sementara itu, kecepatan cetak dapat ditentukan dengan melihat hasil kajian (Setiawan, 2017) yang menggunakan parameter A yang membutuhkan *layer hight* 0,15 milimeter, *temperature ekstruder* 220 derajat celcius, dan *print speed* 80 mm/s. mempengaruhi kekuatan sampel. Sedangkan penelitian yang dilakukan dengan parameter *retraction speed*, *retraction distance*, *infill overlap*, *bottom layers*, *top layers*, *wall thickness*, *infill density*, *fan speed*, *print speed*, *bed temperature*, *nozzle temperature*, *wall printing speed* dan juga *infill layer thickness* dengan mempergunakan metode Taguchi L₁₆ dengan 13 faktor dan 2 level yang dicetak sebanyak 48 spesimen. Mendapatkan hasil tertinggi sebesar 30, 46 MPa pada eksperimen kedua nilai yang terendah adalah 25, 31 MPa. Untuk hasil perhitungan S/N ratio faktor yang paling berpengaruh adalah *fan speed* (Pranata et all, 2022). Faktorial L₉ digunakan untuk menggabungkan parameter dari hasil penelitian menjadi tiga faktor dan tiga level. Dari penjelasan latar belakang diatas maka akan dilakukan penelitian dengan judul, Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU (*Termoplastic Polyurethane*).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang bisa diambil pada penelitian adalah apakah optimasi parameter dapat mempengaruhi kuat tarik pada filamen TPU.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini hanya berfokus pada pengujian kekuatan filamen TPU yang dilakukan uji tarik.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil cetak spesimen dari material TPU (*Thermoplastic polyurethane*) yang memiliki tingkat kekuatan tarik tertinggi dan terendah.
2. Menentukan faktor yang berpengaruh dalam pencetakan spesimen uji ASTM D638 *type V* dari material TPU (*Thermoplastic polyurethane*).

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat kepada pembaca baik itu informasi ataupun ilmu pengetahuan mengenai kekuatan spesimen dari hasil pencetakan filamen TPU sehingga para pembaca mendapatkan ilmu dan materi untuk menghasilkan produk yang baik.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. 3D Printing

Menggunakan model digital, benda berwujud tiga dimensi dapat dicetak menggunakan mesin 3D printer. sebuah printer dengan kecanggihan luar biasa yang mampu mencetak objek secara tiga dimensi (bukan sekedar gambar di atas kertas) yang identik dengan *soft file image*. Printer 3D bahkan tidak memiliki tinta berupa amunisi karena hasil cetaknya tidak berupa gambar atau tulisan di atas kertas (Eko, 2019).

Printer yang mencetak data menjadi objek 3D disebut dengan mesin 3D *printing*. Sebuah perusahaan dapat membuat *prototype* tanpa harus mengeluarkan bahan mentah atau material berkat teknologi printer 3D. Dengan begitu seorang desainer membuat objek 3D, dia akan segera dapat mencetak hasil desainnya dengan printer dan memahami kekurangan dari desain tersebut.

Proses pencetakan pada mesin *printer* ini ialah dengan cara mengoptimalkan proses pelelehan *thermoplastic* yang dilakukan *ekstrusi* dari *nozzle* 3D *printer* yang digerakan dengan motor, dengan ini kemudian dilakukan pencetakan pada *printing bed* yang mampu bergerak pada arah sumbu x, y, dan z (A.Kholil et all, 2020).



Gambar 2.1 Mesin 3D Printing

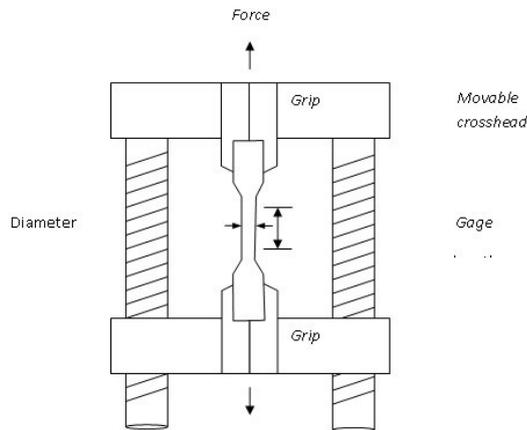
Printer ini memiliki kecanggihan khusus yang mampu mencetak objek yang sama persis dengan gambar hasil rancangan pada *software* komputer yang telah dibuat dalam bentuk 3D, mesin 3D *printer* juga memiliki material yang digunakan untuk mencetak berbagai objek, material itu adalah filamen. Ada banyak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

2.2. *Termoplastik Polyurethane*

Termoplastik Polyurethane (TPU) adalah jenis polimer termoplastik yang berkembang pesat sebagai bahan filamen untuk manufaktur aditif (AM) FDM (*Fused Deposition Modeling*). TPU didefinisikan dengan bahan yang bisa secara hayati dan biokompatibel ini dapat terurai dan ini tidak memiliki racun yang dapat dilakukan pengklarifikasian dengan sebagai *hiperelastis*. Ia juga mempunyai elastisitas serta fleksibilitas yang tinggi sampai dengan 600 persen. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut sifat-sifat bahan TPU yang dicetak dengan teknik pembuatan FDM karena perkembangan FDM yang pesat (Anggoro Bima & Salim Agus, 2021, Simulasi Polimer Elemen Hingga Poliuretan *Termoplastik* (TPU) Dicitak Dengan *Fused Deposition Modelling* (FDM)).

2.3. Uji Tarik

Menurut Askeland (1985), pengujian tarik adalah teknik untuk menentukan kekuatan materialnya dengan menerapkan beban gaya aksial. Metode pengujian bahan yang sangat dasar ialah dengan menggunakan pengujian tarik. Uji tarik teknis sebagian besar digunakan untuk mendukung spesifikasi material dan menambah informasi desain dasar tentang kekuatan material (Dieter, 1987). Spesimen dikenai gaya tarik aksial yang semakin meningkat selama uji tarik, dan elongasinya diamati secara bersamaan (Davis et all, 1955).



Gambar 2.2 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. (Yogie, 2022)

Uji tarik dilakukan dengan menambah beban secara bertahap; setelah itu, panjangnya akan bertambah sebanding dengan gaya akting. Sampai materi mencapai batas proporsionalitas, proporsionalitas ini berlanjut. Ketika pertambahan panjang atas konsekuensi dari beban yang bertambah tidak sejalan, beban yang sama ini nantinya akan dapat menghasilkan panjang yang lebih besar dibandingkan yang dihasilkannya serta pada akhirnya ialah batang ujinya akan mengalami pertambahan dengan panjang dengan tidak menambahkan beban apapun. Dikatakan sebagai batang percobaan penghasil hasil. Situasi ini hanya berlangsung sebentar sebelum kembali. Benda uji harus memenuhi persyaratan ASTM E8 atau D638. Untuk menghindari pecah atau retaknya area pegangan atau apa pun, bentuk sampel sangat penting. Akibatnya, normalisasi bentuk spesimen dimaksudkan untuk menyebabkan retakan dan patahan di dekat panjang pengukur. Wajah dan cengkeraman sangat penting. Spesimen akan terpeleset atau bahkan patah di area pencengkeraman (*jaw breakage*) jika penyetulan tidak diatur dengan benar. Ini akan menghasilkan hasil yang salah. Pada permukaan apa pun yang

bersentuhan dengan pegangan, bagian muka harus selalu tertutup. 9 agar muka tidak tergesek oleh tabung reaksi. (Putra Kurniawan Eko, 2019)

2.4. *Grip and Face Selection*

Grip dan *face* penting karena jika pengaturannya tidak tepat, benda uji akan tergelincir bahkan patah di area pegangan (*jaw break*), yang akan membuat hasil tidak valid. Akibatnya, permukaan spesimen perlu ditutup pada semua permukaan yang bersentuhan dengan pegangan agar tidak bergesekan dengan permukaan. Pegangan material yang akan diuji menerima beban yang diterapkan padanya, dan bentuk dan ukuran benda uji disesuaikan sesuai dengan standar uji. (Raditya, 2020).

2.5. Standar Spesimen Uji

Peneliti disarankan untuk mematuhi standar bentuk dan dimensi benda uji karena harus menghindari terjadinya patah atau retak pada pegangan dan karena spesifikasinya harus memenuhi standar ASTM (*American Standard Testing and Materials*).

2.6. Metode Taguchi

Metode Taguchi didefinisikan dengan metode yang terdapat dalam bidang teknik yang dimaksudkan agar dapat menaikkan kualitas produk serta proses, dan meminimalkan biaya serta sumber daya dan juga mencermati faktor yang dipergunakan dalam penggunaannya tersebut (*noise*) (Lusi et all, 2020), dengan ini menyebutkan bahwa metode ini dikenal dengan istilah *Robust design*. Menurut Taguchi, kualitas ini didefinisikan dengan kerugian yang masyarakat terima sejak produk tersebut dikirimkannya. Terdapat berbagai buah dari konsep atas filosofi Taguchi terhadap kualitas ini, di antaranya ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Kualitas ini wajib dirancang dengan berbentuk produk serta bukan hanya sebataskan pengecekannya
2. Kualitas yang paling baik yang dapat diraih dengan cara meminimalkan deviasi targetnya

3. Produknya wajib dirancang, dengan ini *Robust* terhadap faktor lingkungan ini tidak bisa dikendalikan.
4. Biaya kualitas ini wajib dapat dilaksanakan pengukuran sebagai fungsi deviasi atas standar tertentu serta kerugiannya tersebut wajib dapat dilaksanakan pengukuran terhadap semua sistemnya.

Karena spesifikasinya harus memenuhi standar ASTM (*American Standard Testing and Materials*) dan karena peneliti harus menghindari pegangan patah atau retak, disarankan untuk mematuhi standar bentuk dan dimensi benda uji. Mengontrol sejumlah variabel untuk mengukur hasil percobaan adalah tujuan dari desain percobaan. Proses yang melaksanakan pengevaluasian terhadap lebih dari dua faktor secara simultan untuk kapasitas mereka untuk mempengaruhi variabilitas Atas hasil dari kombinasi ciri khas suatu proses ataupun produk tertentu juga termasuk dalam desain ini. Untuk memperoleh secara efisien, level dibentuk dengan berbagai cara dan nilai dari rangkaian eksperimen tertentu diperiksa. Setelah itu, seluruh rangkaian hasil dapat diperiksa. Faktor-faktor yang mempengaruhi dan langkah selanjutnya untuk perbaikan kemudian ditentukan dengan menggunakan temuan analisis.

Rancangan eksperimen Taguchi umumnya terdiri dari tahapan-tahapan utama berikut ini, yang mencakup semua pendekatan eksperimen:

2.6.1. Tahap Perencanaan

Tahapan ini merupakan tahapan terpenting pada saat melakukan penelitian karena peneliti diwajibkan untuk mencari dan mempelajari mengenai penelitian sebelumnya. Terdapat berbagai tahapan dalam melaksanakan eksperimen ini dengan secara sistematis, di antaranya ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Menyatakan permasalahan atau Perumusan permasalahan
Seorang peneliti dapat menjelaskan permasalahan yang nantinya dapat dilaksanakan dan nantinya melaksanakan upaya perbaikan kualitasnya.
2. Tujuan Penelitian
Melaksanakan pengidentifikasian untuk karakteristik kualitas dan tingkat performa dari penelitian.

3. 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.

4. Mengidentifikasi Variabel Tidak Bebas

Nilai dari Variabel Respon Tergantung pada Faktor yang lain sehingga disebut variabel bebas. Pada saat merencanakan eksperimen variabel, respon yang akan diselidiki harus dipilih dan diidentifikasi dengan jelas.

5. Identifikasi Faktor Variabel Bebas

Variabel yang berubah secara independen dari variabel lain disebut variabel independen. Pada titik ini, tanggapan terkait dipengaruhi oleh faktor yang dipelajari. Dalam satu eksperimen, tidak semua hal yang dianggap memengaruhi respons harus diperhatikan. Hal ini memungkinkan untuk melakukan percobaan dengan cara yang efektif dan efisien.

6. Pemisahan Faktor Kendali dan Faktor Gangguan

Faktor yang dilakukan penelitian ini dapat dilakukan pembagian ke dalam berbentuk dengan faktor pengganggu dan terkendali. Untuk eksperimen Taguchi ini, kedua faktor ini harus didefinisikan secara rinci dan jelas, hal ini dikarenakan bahwa efek atas kedua faktor ini tidak sama. Pada faktor kendali, nilai eksperimen ini bisa dilaksanakan pengendalian, sementara itu, untuk faktor gangguan nilai yang terdapat dalam faktor ini tidak bisa dilakukan pengendaliannya.

7. Penentuan Jumlah dan nilai faktor

Untuk mengetahui berapa banyak level yang memengaruhi keakuratan hasil dan berapa biaya untuk melakukan percobaan, semakin banyak level yang dipelajari, semakin akurat hasilnya, tetapi semakin banyak uang yang harus dikeluarkan.

8. Perhitungan Derajat Kebebasan

Urutan yang disebut derajat kebebasan digunakan untuk merencanakan besaran eksperimen yang nantinya akan dilaksanakan serta besaran

informasi yang bisa disediakan. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan derajat kebebasan faktor dan tingkat v_{α} :

$$v_{\alpha} = \text{jumlah faktor} - 1 \dots\dots\dots(2.1)$$

9. Menentukan *Matrik Ortogonal*

Menentukan *matrik ortogonal* adalah memilih dari tingkatan kebebasannya terhadap faktor serta jumlah dari tingkatan eksperimennya. Matrik orthogonal ini sendiri fungsinya ialah agar dapat melaksanakan pengevaluasian untuk beberapa faktor yang jumlah eksperimennya minimum.

2.6.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Tahapan pelaksanaan eksperimen ini sendiri dapat dilakukan pembagian ke dalam dua tahap, di antaranya ialah tahapan menentukan jumlah *replikasi* dan tahapan randomisasi pelaksanaan eksperimen. Adapun tahapan pelaksanaan eksperimen sebagai berikut:

1. 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.

2. Randomisasi

Pengacakan digunakan untuk menyebarkan pengaruh faktor tak terkendali ke semua satuan percobaan dan memberikan kesempatan yang sama kepada semua satuan percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga setiap perlakuan sama.

3. Tahap Analisis

Pada tahap ini, tahapan pengumpulan data, penyusunan data, perhitungan, dan penyajian data dalam tampilan tertentu sesuai dengan desain yang digunakan semuanya akan dianalisis. Satu tahap analisis adalah rasio S/N, atau rasio *Signal to Noise*. Metode Taguchi menggunakan rasio S/N untuk menentukan nilai level faktor yang memiliki dampak terbesar pada

karakteristik kualitas hasil eksperimen dan optimal untuknya. Berikut ini adalah karakteristik kualitas rasio S/N:

a) *Smaller is Better*

Semakin kecil lebih baik (*smaller*) ini didefinisikan dengan karakteristik atas kualitasnya dengan batasan nilai nol dengan non-negatif, yang mana bahwa apabila nilainya tersebut mendekati nol, maka ini nilai yang diharapkan, dan untuk penulisan rumus S/N *ratio smaller is better* yang dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

n = Jumlah pengulangan

y = Data dari percobaan

b) *Nominal is Best*

Nominal is the best didefinisikan tertuju terhadap nilai tertentu yang sebagai karakteristik atas kualitas yang nilainya terbatas atau tidak nol, yang mana bahwa nilai ini mendekati pada nilai yang sudah ditetapkan ialah yang paling baik, untuk penulisan rumus S/N *ratio nominal is best* ditunjukkan pada persamaan 2.3.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

n = Jumlah pengulangan

y = Data dari percobaan

c) *Larger is Better*

Larger is better (semakin besar semakin baik) didefinisikan dengan karakteristik kualitas dengan rentangan nilainya yang *non-negatif* atau tidak terbatas, yang mana bahwa dengan nilainya ini semakin besar, dengan demikian nilai yang diharapkan juga besar, untuk rumus S/N *ratio larger is better* yang dapat dilihat pada rumus di bawah:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(1/y_i^2)}{n} \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

n = Jumlah pengulangan

y = Data dari percobaan

2.6.3. Analysis of Variance (ANOVA)

Analisis variasi didefinisikan dengan suatu analisis *statistic* yang melaksanakan pengujian untuk perbedaan dari rata-rata jenis perlakuan dan antar kelompoknya. Analisis ini fungsinya ialah melaksanakan pengujian untuk hipotesis eksperimen perbedaan untuk rata-rata antar kelompoknya. Hasil atas analisis dari ANOVA ini ialah bahwa nilai dari F-hitung dan juga *F-test*. Apabila nilai F-hitung ini lebih tinggi dikomparasikan dengan F-tabel, dengan ini dapat dihasilkan kesimpulan bahwa data penelitiannya tersebut memiliki distribusi yang normal atau H_0 ditolak, artinya ada pengaruh terhadap rata-rata pada semua kelompok. Jika nilai F tabel lebih besar dari F hitung maka data tersebut berdistribusi H_0 gagal ditolak yang artinya tidak ada pengaruh terhadap rata-rata pada seluruh kelompoknya. (Hidayat, 2017).

2.6.4. 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.

2.6.5 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Lubis et al, 2016) Material ABS dengan posisi orientasi objek vertikal dan tebal layer sebesar 0,10 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik yang terkecil sebesar 8,62 MPa dan material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal dengan dan tebal layer sebesar 0,40 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik terbesar 35,57 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh (Suzen, 2020) Material yang digunakan pada penelitiannya filamen PLA+ Esun dengan diameter 1,75 mm dengan variasi parameter *nozzle temperatur* (205 C, 215 C, 225 C), *layer thickness* 0,2, *bed*

temperatur 60 C, *travel speed* 100, *printing speed* 50, *infill type* (*Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig Zag, Cross, Cross 3D, Gyroid*) yang akan ditentukan pada software Ultimaker Cura 4.4. 0., sehingga menghasilkan 39 sample yang dicetak. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan pengujian nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen uji ke 22 yaitu 43, 20 Mpa dengan parameter temperatur *nozzle* 215 C dan *Infill Type Concentric*, Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji ke 22 yaitu 24, 50 Mpa dengan parameter temperatur *nozzle* 205 C dan *Infill Type Cross*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ardiansyah & Suzen, 2021) tentang pengaruh *infill pattern* dan *nozzle temperature* terhadap kekuatan tarik produk 3D printing dengan orientasi sudut pencetakan *vertikal* sebesar 90° menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA). Pada penelitian ini akan dicetak sesuai dengan standar uji tarik ASTM D638-14 *Type 4*. Variasi parameter proses yang digunakan pada *infill pattern* berupa *lines, cubic, cubic division, quarter cubic, grid, octet, concentric, zig zag, tri hexagon, triangles, gyroid, dan cross 3D* dan nilai dari *nozzle temperature* yang digunakan sebesar 205°C, 215°C, dan 225°C. Pada penelitian menunjukkan bahwa bahwa *infill pattern* dan *nozzle temperature* memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik produk 3D printing dengan orientasi sudut pencetakan *vertikal* sebesar 0° menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA) 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*.

Penelitian yang dilakukan (Pristiansyah & Rollastin, 2021) yang bertujuan untuk mendapatkan parameter proses optimal pada 3D Printing FDM terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi dengan desain eksperimen yang digunakan L9 (34) OA. Material yang digunakan dalam penelitian yaitu ABS CCTREE. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian yaitu suhu nozel (C), suhu meja (C), tebal layer (mm) dan kecepatan print (mm/s). Nilai kekuatan tarik yang paling kuat sebesar 41 Mpa. Parameter

yang menghasilkan kualitas yang paling kuat dilakukan pada suhu meja (92 C), suhu nozel (237 C), tebal layer (0,22 mm) dan kecepatan Print (42 mm/s).

Penelitian yang dilakukan (Hanafi et al, 2020) Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proses pencetakan tiga dimensi dengan temperatur ekstruder sebesar 225 OC dan temperatur heat bed sebesar 70 OC menghasilkan produk dengan kekuatan tarik yang paling baik diantara produk lainnya dengan nilai kekuatan tarik sebesar 34 N/mm² dengan menggunakan filament PLA+ produk eSun berwarna putih. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk dengan parameter tersebut memiliki sifat mekanik yang paling tinggi diantara parameter yang lain.

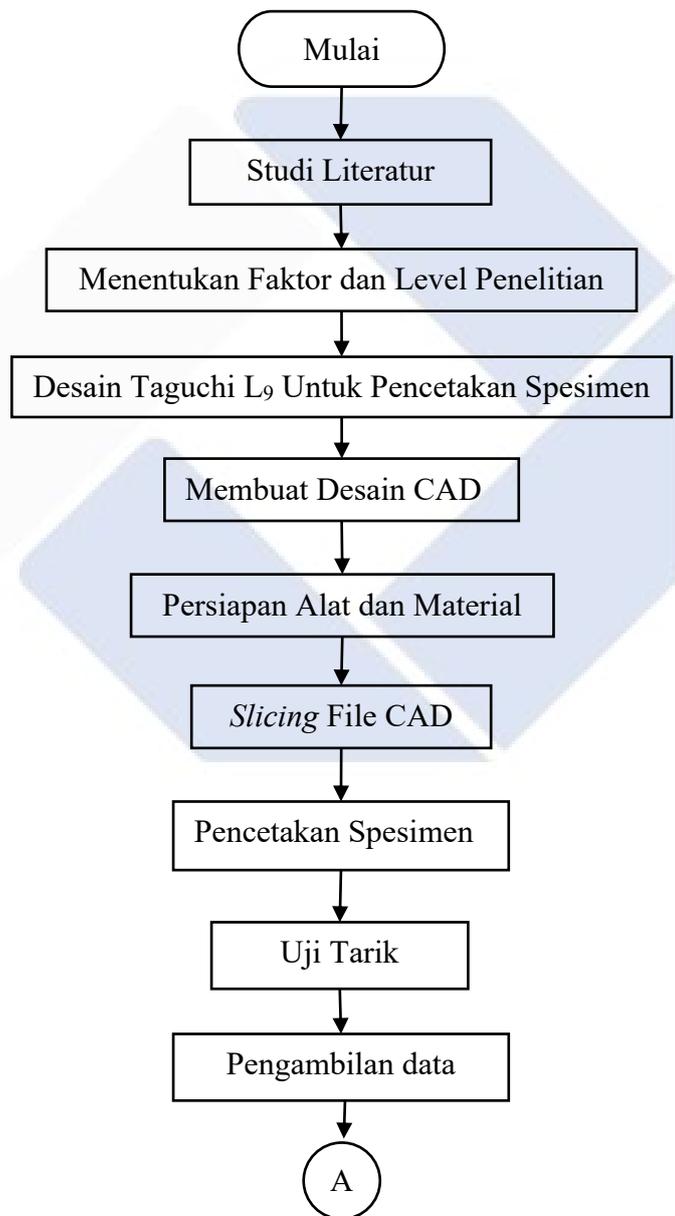
Penelitian yang dilakukan (Haidar, 2022) tentang “Pengaruh Ketebalan Variasi Core (3d Print) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Sandwich Menggunakan Metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* (Vari)” pada penelitian ini menggunakan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas pada masing – masing spesimen uji. Spesimen yang di uji menggunakan standar ASTM D638-01. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen dengan variasi ketebalan 3 mm dengan nilai 72,83 MPa dan nilai modulus *elastisitas* maksimal tertinggi pada spesimen dengan variasi core 3 mm dengan nilai 2457,30 MPa.

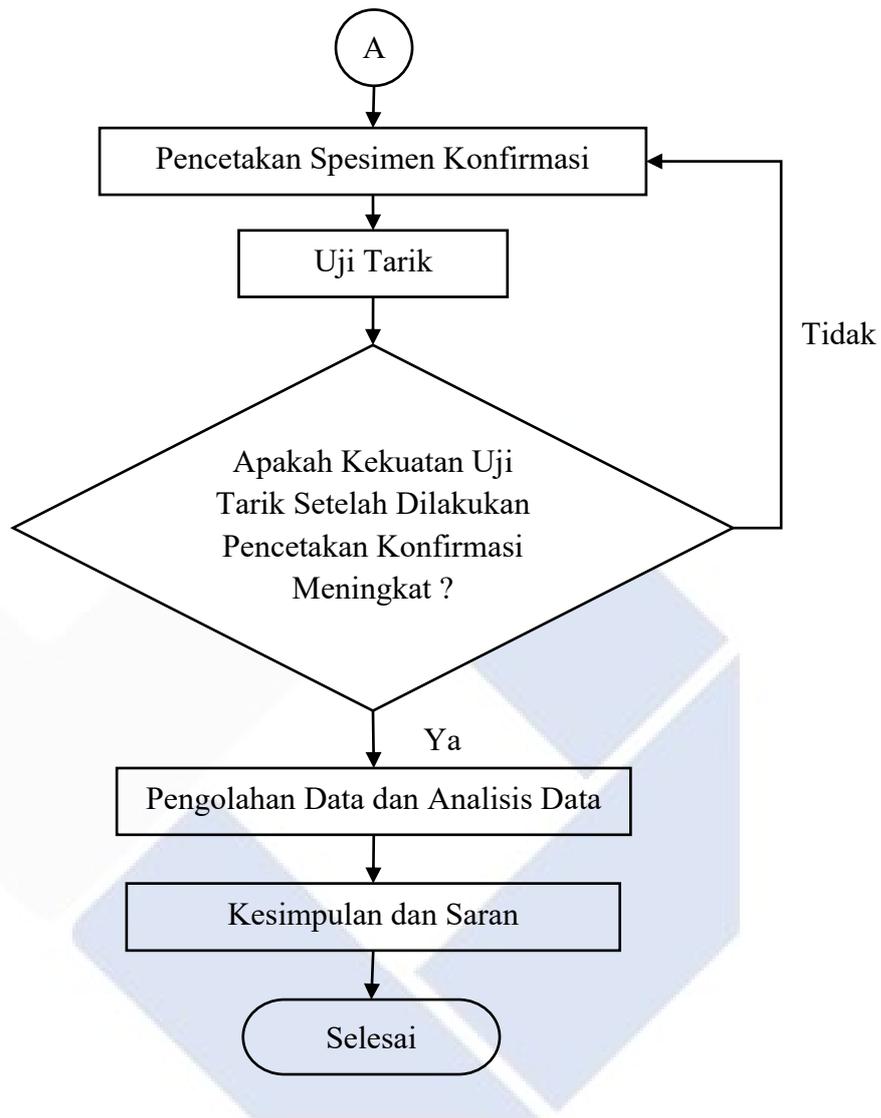
Pada penelitian yang dilakukan (Avriansah & Pristiansyah, 2022) menggunakan filamen PETG (*Polyethylene terephthalate Glycol*). Pada penelitian ini menggunakan metode taguchi L9 (3⁴) OA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter proses yang paling optimal digunakan pada pengujian tarik sesuai dengan parameter proses yang digunakan yaitu *Nozzel Temperature*, *Bed Temperature*, *Wall Thicknes*, dan *Infill Speed*. Hasil penelitian menunjukkan parameter yang optimal terhadap uji tarik menggunakan filamen PETG yaitu *Bed Temperature* (70 C), *Nozzle Temperature* (230 C), *Wall Thickness* (0,8 mm), dan *Infill Speed* (40 mm/s).

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

3.2. Studi Literatur

Tujuan studi literatur ini bertujuan supaya peneliti bisa mendapatkan referensi teoritis dan permasalahan yang diperoleh pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta informasi sebagai pendukung proses penelitian.

3.3. Penentuan Faktor dan Level Penelitian

Pada penelitian ini pencetakan spesimen menggunakan metode Taguchi rancangan L_9 dengan 3 faktor dan 3 level yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai Faktor Taguchi L_9

No.	Faktor	Level		
		1	2	3
A	<i>Layer Thickness (mm)</i>	0,20 mm	0,24 mm	0,28 mm
B	<i>Infil pattern</i>	<i>Grid</i>	<i>Rectilinear</i>	<i>Lines</i>
C	<i>Z-Orientation</i>	0	45	90

Tabel 3.2 Variabel Acak Pencetakan Spesimen

EXP	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

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

Tabel 3.3 Desain Taguchi L₉ OA

EXP	A	B	C
1	0.20	<i>Grid</i>	0
2	0.20	<i>Rectilinear</i>	45
3	0.20	<i>Lines</i>	90
4	0.24	<i>Grid</i>	45
5	0.24	<i>Rectilinear</i>	90
6	0.24	<i>Lines</i>	0
7	0.28	<i>Grid</i>	90
8	0.28	<i>Rectilinear</i>	0
9	0.28	<i>Lines</i>	45

Dari Tabel 3.3 bahwa untuk pencetakan spesimen sebanyak 9 eksperimen dengan 3 kali *replikasi* sehingga total spesimen yang dicetak sebanyak 27 spesimen.

3.4. 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.

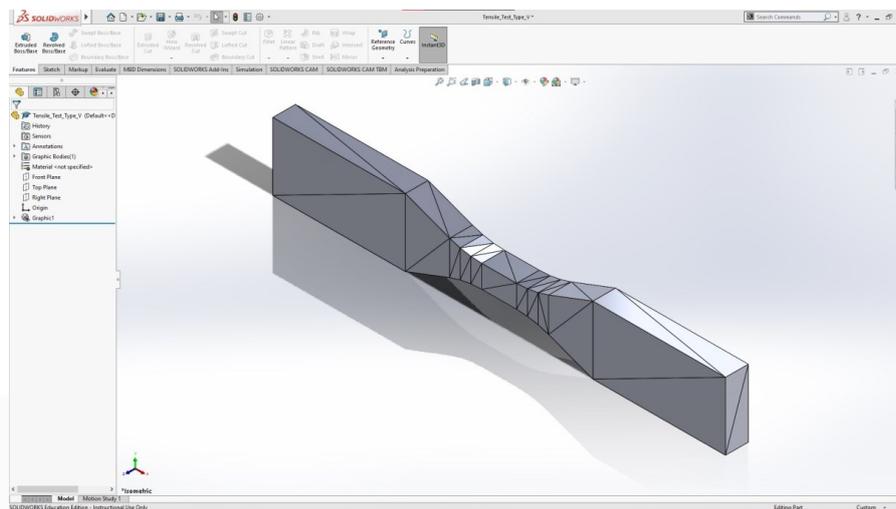
Tabel 3.4 Penentuan Derajat Kebebasan Faktor Pencetakan

No.	Faktor <i>Printing</i>	Level (L)	$\nu_{fl} = (L - 1)$
1	<i>Layer thickness</i> (mm)	2	1
2	<i>Infil pattern</i>	2	1
3	<i>Z-Orientation</i> (°)	2	1
Total derajat kebebasan			3

Berdasarkan Tabel 3.4 total derajat kebebasan dari faktor kontrol adalah 3 maka tabel yang tersedia untuk matrik ortogonal dengan total derajat kebebasan 3 ialah memenuhi syarat untuk menggunakan L₉ sehingga memiliki sisa untuk penempatan kolom *error* untuk mencari nilai F.

3.5. Desain CAD

Desain SpesimenSpesimen dibuat menggunakan *software* seperti SolidWork dengan standar spesimen ASTM D638 *type V*.dan diubah ke dalam bentuk format STL.



Gambar 3.2 Disain Spesimen ASTM D638 *type V*

3.6. Persiapan Alat dan Material

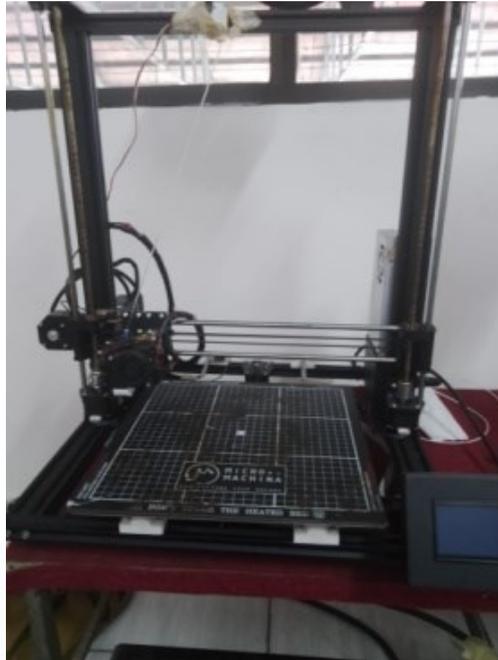
Alat dan Bahan yang akan digunakan dalam melakukan kegiatan penelitian ialah sebagai berikut:

3.6.1. Alat

Peralatan yang akan digunakan untuk penelitian ini ialah:

1. Mesin 3D *Printing Anet A8 Plus*

Mesin 3D *printing* yang digunakan berjenis FDM dengan merek *Anet A8 Plus Pro* seperti pada gambar 3.2 Mesin ini memiliki desain meja atau bed yang bergerak maju mundur. Dengan *nozzle* yang dapat bergerak naik turun dan bergerak kanan kiri. Berikut pada tabel 3.8 adalah spesifikasi mesin *Anet A8 Plus*.



Gambar 3.3 Mesin 3D Printing Anet A8 Plus

Tabel 3.5 Spesifikasi Mesin 3D Printing Anet A8 Plus

<i>Spesifikasi</i>	<i>Anet A8 Plus Pro</i>
<i>Product Dimension</i>	<i>612*462*573mm</i>
<i>Screen</i>	<i>LCD12864</i>
<i>Extruder Quantity</i>	<i>1</i>
<i>Nozel Diameter</i>	<i>0,4mm</i>
<i>Power Supply</i>	<i>115V/230V AC360W</i>
<i>Slicing Software</i>	<i>Cura Simplify</i>
<i>Data Input Format</i>	<i>STL,OBJ,JPG</i>
<i>Operating System</i>	<i>Windows,MAC</i>
<i>Connectors</i>	<i>USB/TF Card/Online</i>

2. Laptop Lenovo Ideapad S145

Laptop yang digunakan untuk keperluan penelitian seperti mencari materi, faktor pencetakan, desain spesimen uji, pengolahan data, dan lain-lain. Laptop ini memiliki spesifikasi *processor Intel(R) Core (TM) i3-1005G1*

CPU 1.20GHz 1.19 GHz, RAM 4 GB, SSD 140 GB, dan GPU Intel UHD 620.

3. *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.

4. *Software IdeaMaker 4.4.0*

Dengan *Software IdeaMaker* ini dapat mengubah produk 3D yang telah dibuat menjadi lapisan-lapisan (*slicing*). Setelah produk 3D dilakukan *Slicing* maka file tersebut disimpan dalam bentuk *G-Code*. Setelah itu file yang berada di *software IdeaMaker* dipindahkan kedalam *SD card* atau *Memory card*.

3.6.2. Material

Penelitian ini akan menggunakan material TPU (*Termoplastic polyurethane*). Filamen TPU yang digunakan memiliki warna transparan, gambar dapat dilihat pada gambar 3.4. Filamen yang digunakan bermerek R3D.



Gambar 3.4 Filamen TPU

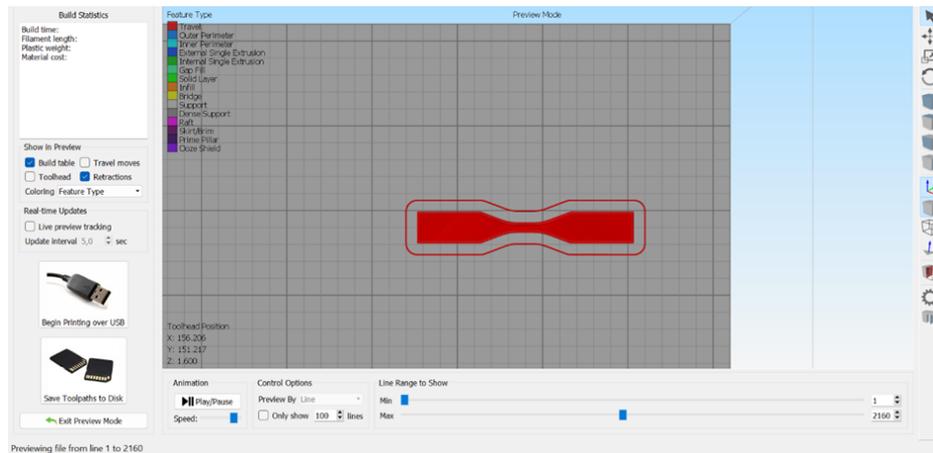
Tabel 3.6 *Spesifikasi* Filamen TPU

<i>Spesifikasi</i>	<i>Filamen TPU</i>
<i>Temperatur Print</i>	190-210°C
<i>Diameter</i>	1,75mm
<i>Weight</i>	1 Kg.

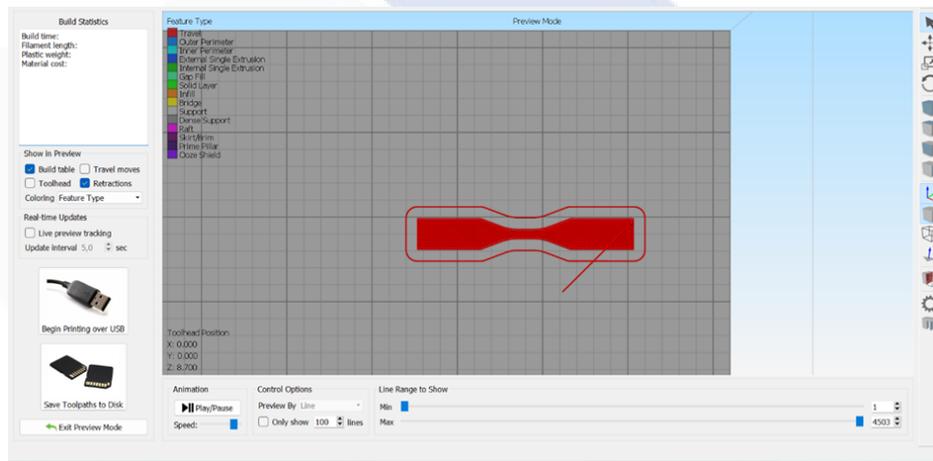
3.7. Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan:

1. Persiapan Penelitian
 Pada tahap ini dimulai dengan mempersiapkan filamen TPU yang akan digunakan, menyiapkan mesin 3D *printer*, menyiapkan aplikasi IdeaMaker, aplikasi analisis data, dan *software* desain SolidWork.
2. Penentuan Faktor Kontrol
 Pada tahapan ini akan dilakukan penentuan faktor kontrol yang digunakan untuk mencetak filamen, untuk faktor digunakan adalah, *Layer Thickness*, *Infill Pattern*, *Z-Orientation*.
3. Desain Spesimen
 Spesimen dibuat menggunakan *software* seperti SolidWork dengan standar spesimen ASTM D638 *type V*. dan diubah ke dalam bentuk format STL dan dimasukkan ke *slicing software* IdeaMaker.
4. Pemilihan metode Taguchi Dengan Rancangan L₉
 Ditahapan ini akan dilakukan pengambilan faktor dan level untuk pencetakan pada mesin 3D *printing* yang sesuai dengan refrensi dari jurnal serta membuat tabel desain metode taguchi dengan rancangan L₉.
5. Proses Pencetakan Spesimen
 Pada proses ini kartu memory atau *SD card* yang telah berisi *G-code* dimasukaan kedalam mesin 3D *rinting* untuk dilakukan pencetakan spesimen



Gambar 3.5 Proses Pencetakan Spesimen 50%



Gambar 3.6 Proses Pencetakan Spesimen 100%

6. Pengujian Uji Tarik

Spesimen yang telah dicetak akan dilakukan uji tarik menggunakan mesin tarik *zwick/roell*

7. Pengambilan dan pengolahan data data

Pada tahapan ini spesimen yang telah dilakukan uji tarik dan didapatkan nilai tarik dapat dilakukan perhitungan menggunakan *software* analisis data.

8. *Slicing Software 3D Printing*

Pada tahapan ini file STL dari desain spesimen yang sudah dibuat menggunakan SolidWork dimasukkan ke dalam *slicing software* IdeaMaker, dimasukkan kedalam *slicing software* agar mendapatkan file *G-Code*, lalu

file *G-Code* ini dipindahkan ke dalam *SD card* dan *SD card* yang berisi file *G-Code* tersebut dimasukkan ke dalam mesin *3D printer* untuk dicetak.

9. Pengujian Uji Tarik

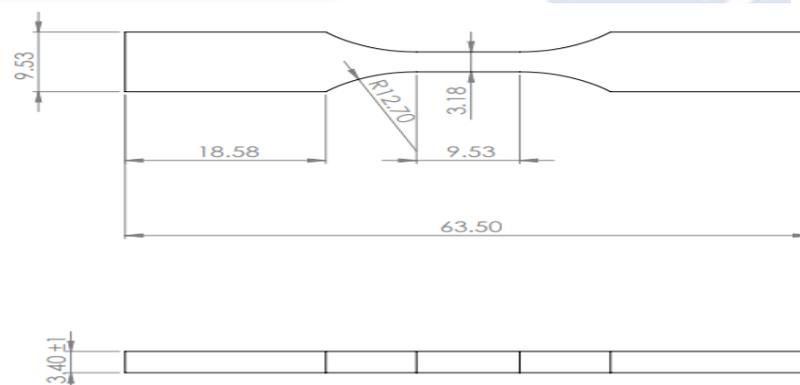
Setelah pencetakan spesimen selesai, selanjutnya dilakukan uji tarik menggunakan mesin uji tarik.

10. Pengambilan dan Pengolahan Data

Di tahapan ini data dari hasil uji tarikan dilakukan analisis dengan *software* analisis data. Hasil dari uji tariknya akan dilakukan perhitungan menggunakan *software* analisis data untuk dilakukan penarikan kesimpulan.

3.8. Objek Penelitian

Pada penelitian ini desain material spesimen menggunakan standar ASTM D638 *type V*



Gambar 3.7 Bentuk Spesimen ASTM D638 *Type V*

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Proses Pembuatan

Proses pembuatan spesimen dibuat menggunakan mesin 3D *Printing Anet A 8 pro* yang akan ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1. Proses Pencetakan

Hasil dari pencetakan akan diberi nomor urut sesuai dengan pencetakan yang ditunjukkan padan gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Pencetakan

4.2. Pengujian Dengan Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik yang akan digunakan adalah mesin *Zwick/Roell*. Untuk mendapatkan data kekuatan tarik mesin yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.3 Sebelum dilakukan pengujian mesin terlebih dahulu dikalibrasi megikuti aturan dari standar ASTM.



Gambar 4.3 Proses 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

No.	Data Hasil Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	S/N	Mean
Exp	(MPa)	(MPa)	(MPa)	Ratio	(MPa)
1	12,9	11,3	11,8	21,71	12,00
2	11,9	11,4	12,3	21,73	11,87
3	12,0	13,3	13,1	21,97	12,80
4	12,4	11,7	12,0	21,78	12,03
5	11,5	12,7	12,8	21,77	12,33
6	12,7	11,5	12,9	21,87	12,37
7	12,3	12,4	14,2	21,80	12,97

No. Exp	Data Hasil Awal (MPa)	Replikasi 1 (MPa)	Replikasi 2 (MPa)	S/N Ratio	Mean (MPa)
8	12,3	12,6	13,1	21,58	12,67
9	12,0	11,9	12,5	22,04	12,13

Berdasarkan data hasil uji tarik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 didapatkan nilai rata-rata hasil uji tarik yang tertinggi berada pada penelitian nomor 7 dengan nilai 12,97 MPa dan untuk nilai uji tarik terendah berada pada penelitian nomor 2 dengan nilai 11,87 MPa.

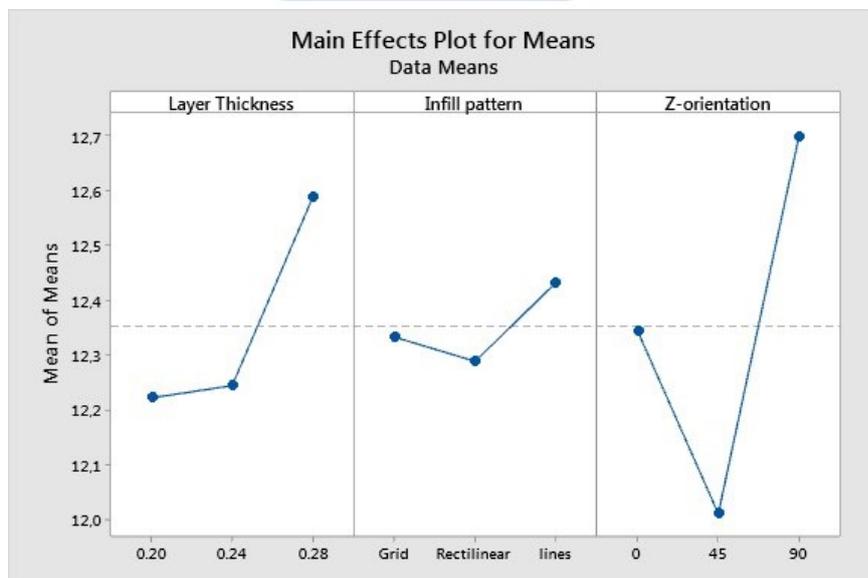
4.4. Pengolahan Data Hasil Uji Tarik

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*.

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



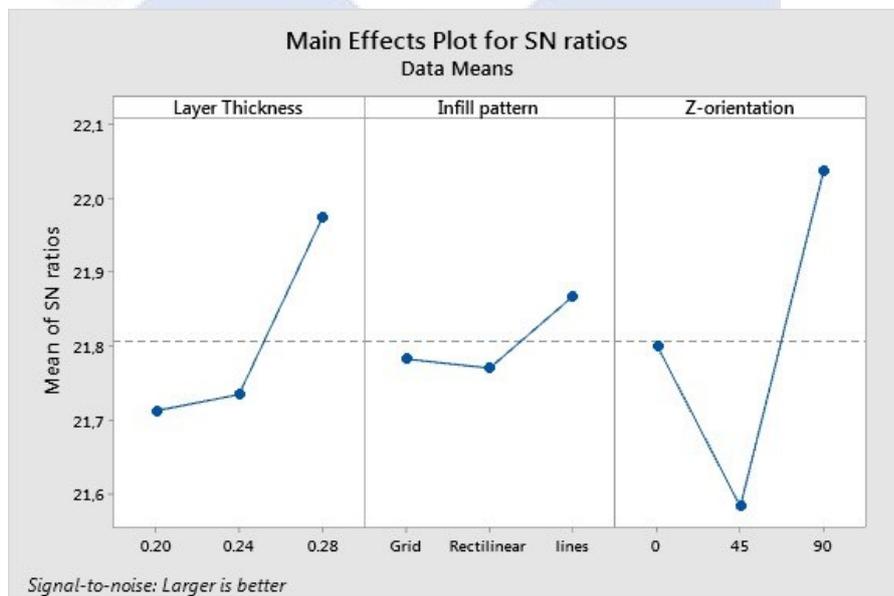
Tabel 4.2 *Mean Plot Larger is Better* Data Hasil Uji Tarik

Faktor	Level			Delta	Rank
	1	2	3		
<i>Z-Orientation</i>	12,34	12,01	12,70	0,69	1
<i>Layer Thickness</i>	12,22	12,24	12,59	0,37	2
<i>Infill Pattern</i>	12,33	12,29	12,43	0,14	3

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 peringkat adalah *Z-Orientation* dengan *delta* 0,69. Dan secara berturutan berdasarkan *ranking* adalah *Layer Thickness* dengan *delta* 0,37 dan yang terakhir *infill pattern* dengan *delta* 0,14.

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*

Tabel 4.3 S/N Ratio Larger is Better

Faktor	Level			Delta	Rank
	1	2	3		
Z-Orientation	21,80	21,58	22,04	0,45	1
Layer Thickness	21,71	21,73	21,97	0,26	2
Infill Pattern	21,78	21,77	21,87	0,10	3

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 Z-Orientation dengan delta 0,45 dan secara berturut-turut berdasarkan ranking adalah Layer thickness dengan delta 0,26 dan yang terakhir Infill Pattern dengan delta 0,10.

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 Ratio

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Layer Thickness	2	0,06970	0,006896	0,003448	0,09	0,920
Infill Pattern	2	0,03562	0,031145	0,031145	0,82	0,616
Z-Orientation	2	0,34131	0,341309	0,170654	4,49	0,317
Residual Error	1	0,03802	0,038016	0,038016		
Total	7	0,48464				

Untuk mencari F_{tabel} yaitu $F_{\text{tabel}} = (\alpha ; v_1 ; v_2)$ adalah sebagai berikut :

$$F_{\text{tabel Layer Thickness}} = (0,05; 2; 1) = 199$$

$$F_{\text{tabel Infill Pattern}} = (0,05; 2; 1) = 199$$

$$F_{\text{tabel Z-Orientation}} = (0,05; 2; 1) = 199$$

Hipotesis terhadap eksperimen yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

H_0 : *Layer Thickness* tidak memberi sumbangsih pengaruh pada kuat tarik produk 3D *Printing*.

H_1 : *Layer Thickness* memberi sumbangsih pengaruh pada kuat tarik produk 3D *Printing*

H_0 : *Infill Pattern* tidak memberi sumbangsih pengaruh pada kuat tarik produk 3D *Printing*

H_1 : *Infill Pattern* memberi sumbangsih pengaruh pada kuat tarik produk 3D *Printing*

H_0 : *Z-Orientation* tidak memberi sumbangsih pengaruh pada kuat tarik produk 3D *Printing*

H_1 : *Z-Orientation* memberi sumbangsih pengaruh pada kuat tarik produk 3D *Printing*

Keputusan menolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$.

Keputusan gagal ditolak H_0 jika $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Taraf signifikan (α) sebesar 5% atau 0,05.

Berdasarkan tabel analisis varian (Anova) menunjukkan bahwa :

1. Pada parameter *Layer Thickness* bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $0,09 < 199$ sehingga keputusannya gagal menolak H_0 . Artinya *Layer Thickness* tidak berpengaruh terhadap kuat tarik produk 3D *Printing*.
2. Pada parameter *Infill Pattern* bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $0,82 < 199$ sehingga keputusannya gagal menolak H_0 . Artinya *Infill Pattern* tidak berpengaruh terhadap kuat tarik produk 3D *Printing*.
3. Pada parameter *Z-Orientation* bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $4,49 < 199$ sehingga keputusannya gagal menolak H_0 . Artinya *Z-Orientation* tidak berpengaruh terhadap kuat tarik produk 3D *Printing*.

4.5. Pengujian Konfirmasi

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

4.5.1. Pengujian Konfirmasi Pencetakan Spesimen

Pengujian konfirmasi dilakukan menggunakan kombinasi faktor yang telah diperoleh dari hasil optimasi pada Tabel 4.3 yaitu *Z-Orientation* level tiga (90°), *Layer Thickness* level tiga (0,28mm), *Infill Pattern* level tiga (*Lines*), Sehingga pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kombinasi awal dengan kombinasi optimum yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kombinasi Nilai Uji Tarik Kondisi Awal dan Kondisi Optimum

Replikasi Kombinasi Awal (MPa)			Rata- Rata	Replikasi Kombinasi Optimal (MPa)			Rata- Rata
R1	R2	R3		R1	R2	R3	
12,3	12,4	14,2	12,97	13,2	13,9	14,1	13,73

Perhitungan *S/N ratio* pada masing-masing respon dilakukan menggunakan persamaan hasil *S/N ratio* yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 *S/N Ratio* Pada Kombinasi Awal dan Kombinasi Optimum

Kombinasi Awal		Kombinasi Optimum	
Rata-Rata (MPa)	<i>S/N Ratio</i>	Rata-Rata (MPa)	<i>S/N Ratio</i>
12,97	22,20	13,73	22,74

Adapun perbandingan antara keyakinan rata-rata kekuatan tarik kombinasi awal dengan kombinasi optimal yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan Kombinasi Awal dengan Kombinasi Optimum

Kombinasi Awal	Kombinasi Optimum
12,97 (MPa)	13,73 (MPa)

Dari hasil Tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik pada kombinasi awal adalah 12,97 MPa, lalu untuk nilai kekuatan tarik pada kombinasi optimum sebesar 13,73 MPa, dengan demikian terjadi peningkatan pada uji tarik kombinasi optimum dengan selisih 0,77 Mpa dibandingkan dengan uji tarik pada kombinasi awal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian Optimasi Parameter Produk 3D *Printing* Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU didapatkan hasil

1. Hasil uji tarik yang memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 12,97 MPa pada spesimen nomor 7 dan hasil uji tarik terendah 11,87 MPa pada spesimen nomor 2.
2. Faktor yang paling berpengaruh dalam proses pencetakan spesimen secara berurutan *Z-Orientation* (70,42%), *Layer Thickness* (14,38%) dan *Infill pattern* (7,35%).

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan pada penelitian ini:

1. Pastikan pada saat proses pencetakan spesimen dengan filamen TPU suhu pada mesin 3D *Printing* yang digunakan sudah terisolasi dari suhu ruangan agar pencetakan pada spesimen mendapatkan hasil yang baik dan tidak cacat.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak faktor agar dapat meminimalisir akan terjadinya faktor non teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyansyah D., Herianto H., (2018) Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kekuatan Tarik Filamen Foodgrade Pada *Fused Deposition Method*, Universitas Gadjah Mada.
- Anet3d, <https://anet3d.com/pages/a8-plus>. Diakses : Desember 2022.
- Anggoro Bima & Salim Agus, 2021, Simulasi *Finite Element Polymer Thermoplastic Polyurethane* (TPU) Yang Dicitak Dengan *Fused Deposition Modeling* (FDM), Jurnal UGM, 2021.
- Ardiansyah R., Sirwansyah Suzen Z., Erwansyah E., (2021) Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Menggunakan Filamen *Polylactic Acid* (PLA) Buatan R3D Maker, Jurnal Indonesia Sosial Teknologi 2 (12), 2153-2164, 2021
- Avriansah R., Pristiansyah P., Erwanto E., (2022) Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kekuatan Tarik Filament *Polyethylene Terephthalet Glycol*, Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan (01), 394-400,2022.
- Creativity, <http://www.cctree3dstore.com/products/cctree-175mm-tpu-flexible-3d-printer-filament-accuracy-005-mm-1kg-spool-22lbs-for-creality-cr10s-ender-3tevo-anet-3d-printer-31>. Diakses : Desember 2022.
- Daniel J. Braconniera., Robert E. Jensenb, Amy M.Petersoncd, (2020) Processing Parameter *Correlations In Material Extrusion Additive Manufacturing*, *Additive Manufacturing*, Volume 31, 100924.
- Dwiyati S. T., A Kholil A, Riyadi, Putra S., (2019), *Influence of Layer Thickness And 3D Printing Direction On Tensile Properties Of Abs Material*, Ser. 1402 066014, DOI 10.1088/1742-6596/1402/6/066014.
- Fauzi Hanafi A., Finali A., Eko P. U. A., (2020) Analisa Perubahan *Temperature Extruder* dan *Heat Bed* Terhadap Sifat Mekanik Material Produk 3D Printer *Type Fused Deposition Modeling* (FDM) Menggunakan Filamen

- PLA+ESUN, Porosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (Sentrinov) 6 (1), 457-465, 2020
- Haidar Rahman A., (2022) Pengaruh Ketebalan Variasi *Core* (3D Print) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Sandwich* Menggunakan Metode *Vacuum Assisted Resin Infussion* (Vari), Universitas Islam Indonesia, 2022.
- Imbang A. Pambudi, (2017) Analisis Pengaruh Internal Geometri Terhadap Sifat Mekanik Material *Polylactic Acid* (Pla) Dipreparasi Menggunakan 3D *Printing*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Tugas Akhir – TL141584.
- Jin M., Giesa R., Neuber C., Werner H. Schmidt (2018) *Filament Materials Screening For Fdm 3d Printing By Means Of Injection-Molded Short Rods*, Volume 303, Issue 12 1800507.
- Lubis S., Djamil S., Yolanda Y., (2016) Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D *Printing* Bahan Polymer PLA dan ABS Terhadap kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk, *Sinergi* 20 (1), 27-35, 2016.
- Nur T. Iman.,Suyitno S., (2020) Studi Pengaruh Suhu Ekstrusi dan Orientasi Raster Terhadap Sifat Mekanis *Thermoplastic Polyurethane* (TPU) dengan Proses *Fused Deposition Modelling* (FDM) Untuk Aplikasi *Total Disk Replacement* (TDR), Universitas Gadjah Mada.
- Pranata Y., Hasdiansah H., Fitri Y. Arriyani, (2022) Pengujian Kuat Tarik Produk Cetak 3D *Printing* Material ABS, Vol. 2 No. 01.
- Pristiansyah P., HasdiansahH., Sugiyarto S., (2019) Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan *Filament Eflex*, *Jurnal Teknologi Manufaktur*, Vol. 11 No.01.
- Pristiyansyah P., Rollastin B., (2021) Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filamen ABSCCTREE Menggunakan Metode Taguchi L₉, *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan* 1 (01), 223-229, 2021.

- Putra Kuniawan Eko, “Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Bahan Di 3D Printer”, 2019.
- Puspitasari E., (2016) Analisis Pengendalian Kualitas Statistik *Injection Moulding* Produk *Cup* Plastik Ø 80 mm X 70 mm, Vol 17, No 2.
- Raise3d, <https://www.raise3d.com/ideamaker/>. Diakses : Desember 2022.
- Setiawan A, (2017) Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3D *Printer* Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan *Filament PLA (Poly Lactide Acid)*, Jurnal Teknik, Elektronik, *Engine*, Vol 4 No 2.
- Sirwansyah Z. Suzen, Hasdiansah H., (2021) Pengaruh Geometri *Infill* Terhadap Kekuatan Tarik Spesimen Uji Tarik ASTM D638 *Type IV* Menggunakan Filamen Pla+ Sugoi, Vol 16, No 2.
- Sirwansyah Suzen Z.,(2020) Pengaruh Tipe *Infill* Dan Temperatur *Nozzle* Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D *Printing* Filamen PLA+Esun, Jurnal Teknologi Manufaktur 12 (02), 73-80, 2020
- Zwickroell, <https://www.zwickroell.com/id/produk/pre-owned-market/pre-owned-z020-allroundline-20-kn/>. Diakses : Desember 2022.

LAMPIRAN

1. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,9^2} + \frac{1}{11,3^2} + \frac{1}{11,8^2} \right) \right] = 21,71$
2. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{11,9^2} + \frac{1}{11,4^2} + \frac{1}{12,3^2} \right) \right] = 21,73$
3. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,0^2} + \frac{1}{13,3^2} + \frac{1}{13,1^2} \right) \right] = 21,97$
4. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,4^2} + \frac{1}{11,7^2} + \frac{1}{12,0^2} \right) \right] = 21,78$
5. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{11,5^2} + \frac{1}{12,7^2} + \frac{1}{12,8^2} \right) \right] = 21,77$
6. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,7^2} + \frac{1}{11,5^2} + \frac{1}{12,9^2} \right) \right] = 21,87$
7. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,3^2} + \frac{1}{12,4^2} + \frac{1}{14,2^2} \right) \right] = 21,80$
8. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,3^2} + \frac{1}{12,6^2} + \frac{1}{13,1^2} \right) \right] = 21,58$
9. $S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{12,0^2} + \frac{1}{11,9^2} + \frac{1}{12,5^2} \right) \right] = 22,04$

Lampiran 1. Perhitungan S/N *Ratio* Pencetakan Spesimen

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
layer thickness	Fixed	3	0,20; 0,24; 0,28
infil pattern	Fixed	3	grid; lines; rectilinear
z orientation	Fixed	3	0; 45; 90

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
layer thickness	2	0,06970	14,38%	0,006896	0,003448	0,09	0,920
infil pattern	2	0,03562	7,35%	0,062290	0,031145	0,82	0,616
z orientation	2	0,34131	70,42%	0,341309	0,170654	4,49	0,317
Error	1	0,03802	7,84%	0,038016	0,038016		
Total	7	0,48464	100,00%				

Lampiran 2. Persen Kontribusi



Lampiran 3. Proses Pengujian Tarik



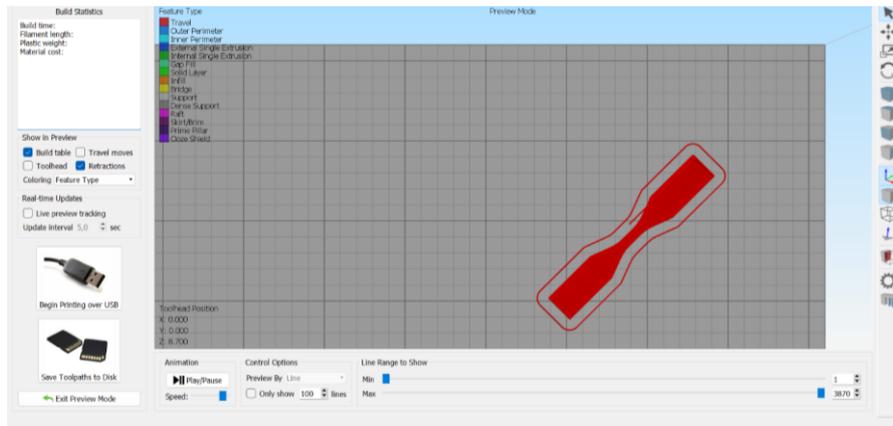
Lampiran 4. Hasil Uji Tarik



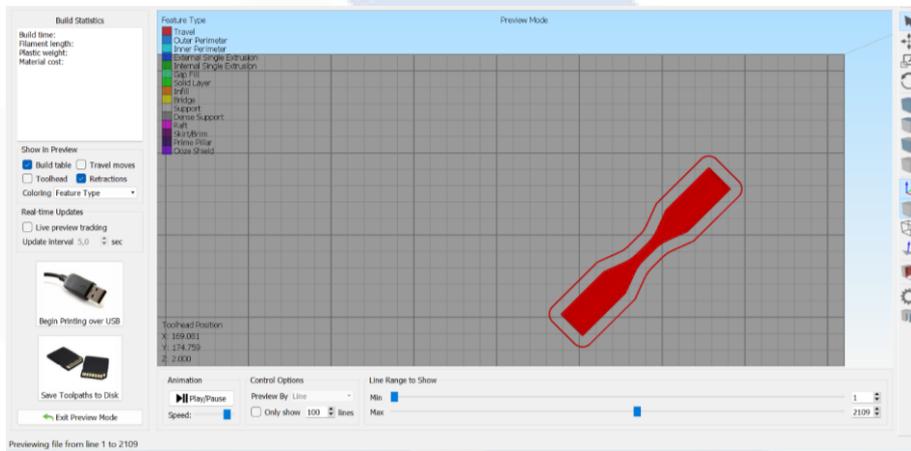
Lampiran 5. Spesimen Uji Konfirmasi



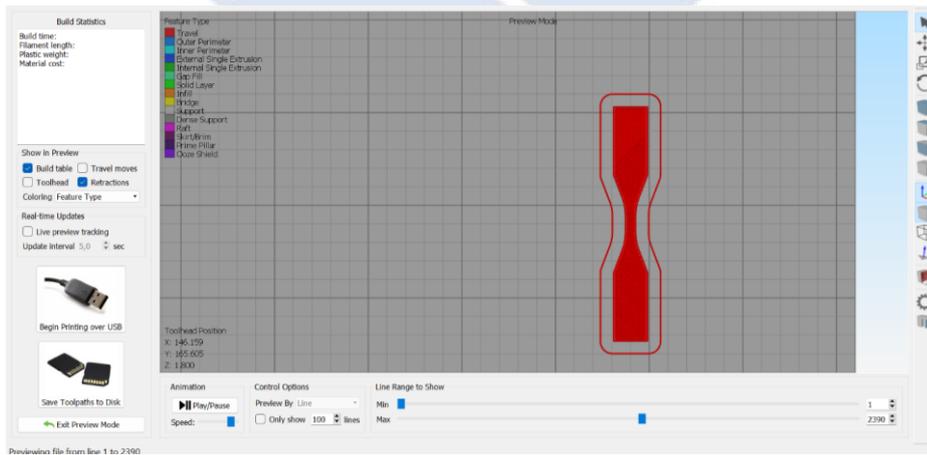
Lampiran 6. Hasil Uji Tarik Spesimen Konfirmfasi



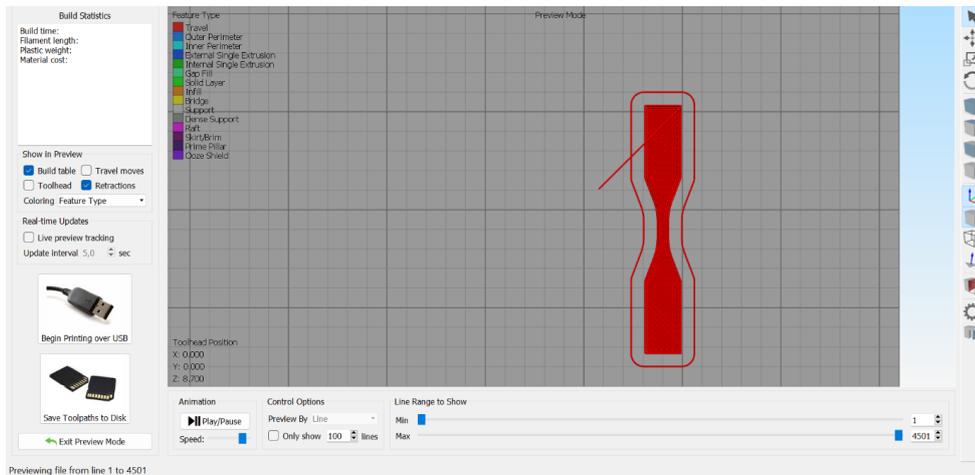
Lampiran 7. Experimen No.2 100%



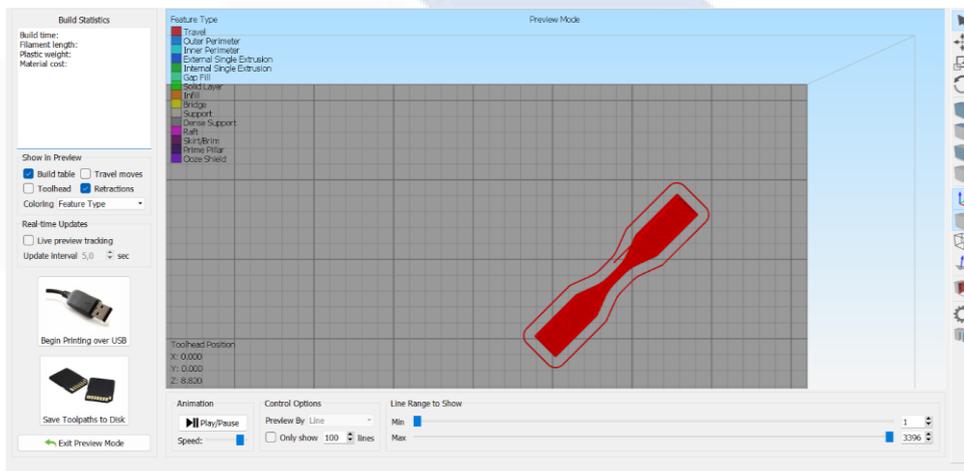
Lampiran 8. Experimen No.2 50 %



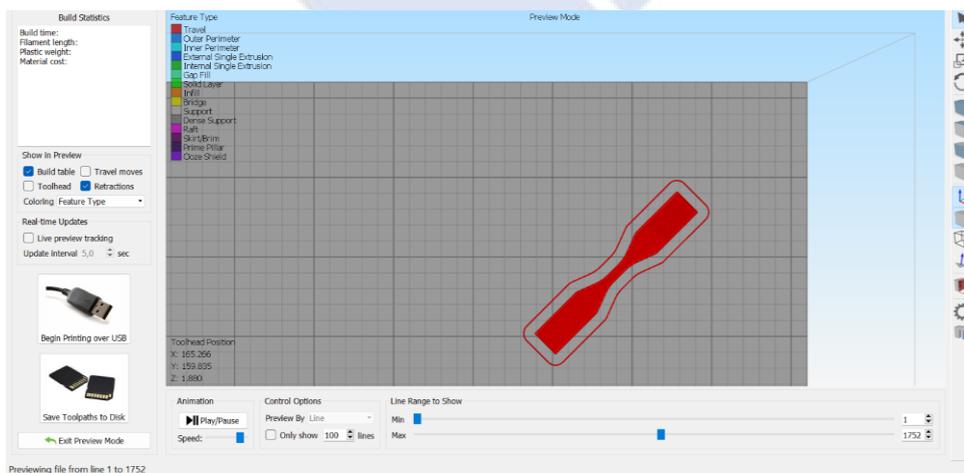
Lampiran 9. Experimen No.3 50%



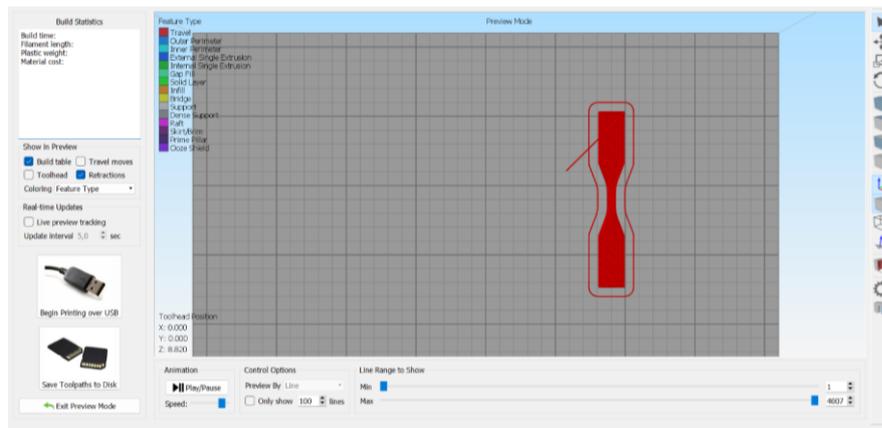
Lampiran 10. Experimen No.3 100%



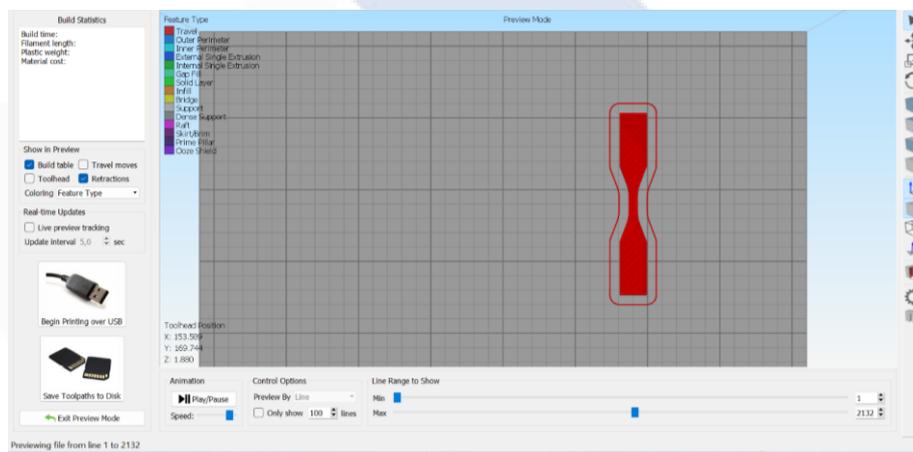
Lampiran 11. Experimen No.4 100%



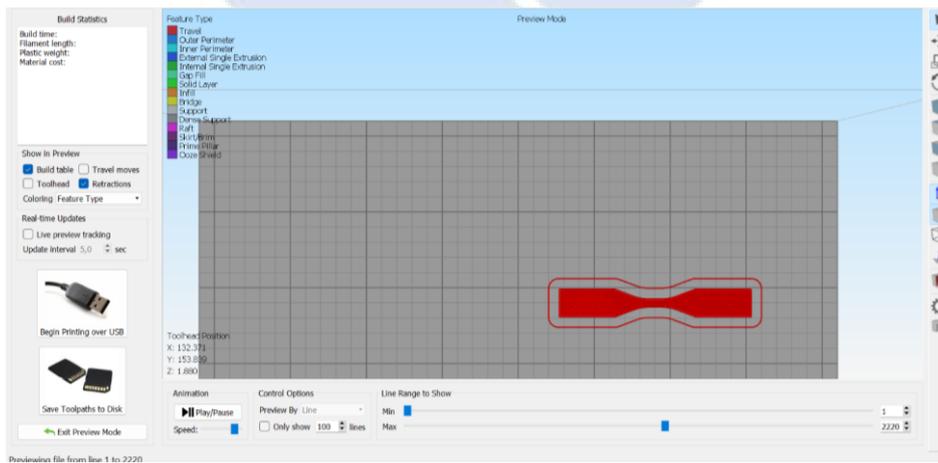
Lampiran 12. Experimen No.4 50%



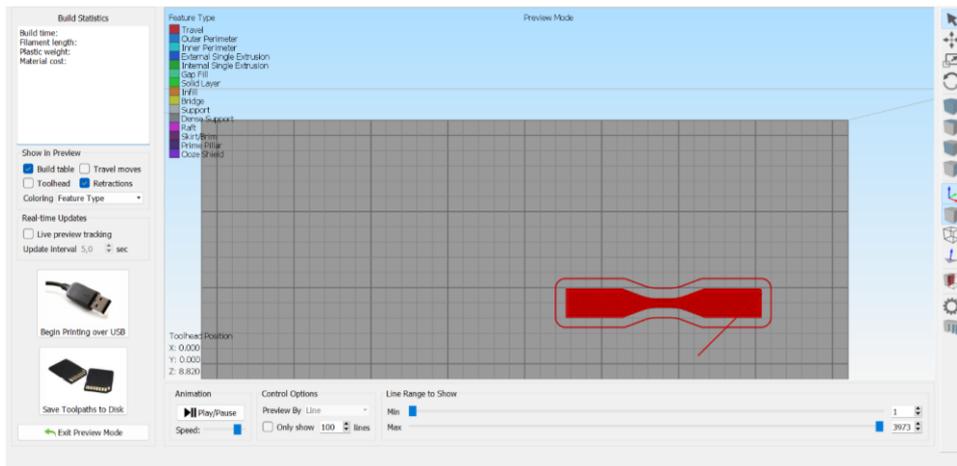
Lampiran 13. Experimen No.5 100%



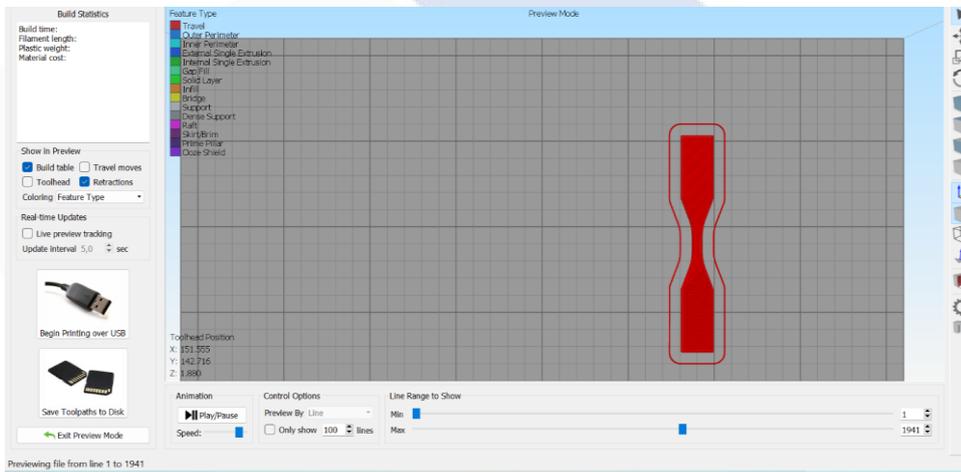
Lampiran 14. Experimen No.5 50%



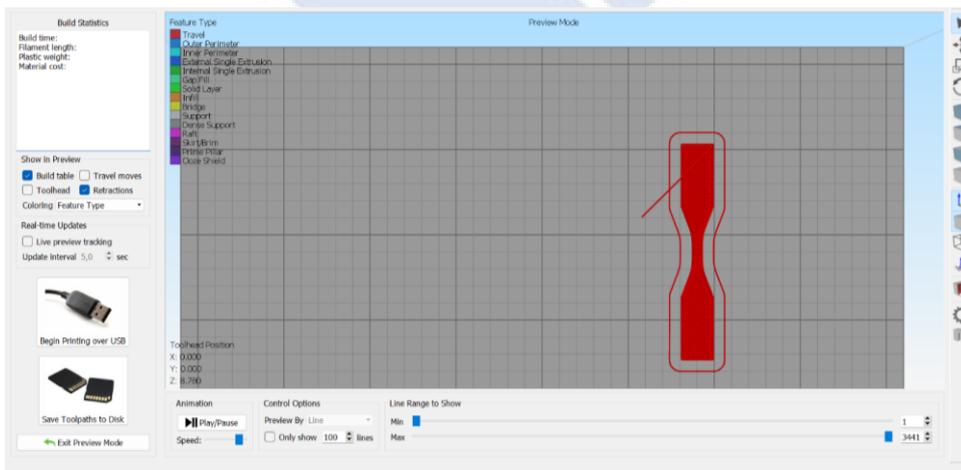
Lampiran 15. Experimen No.6 50%



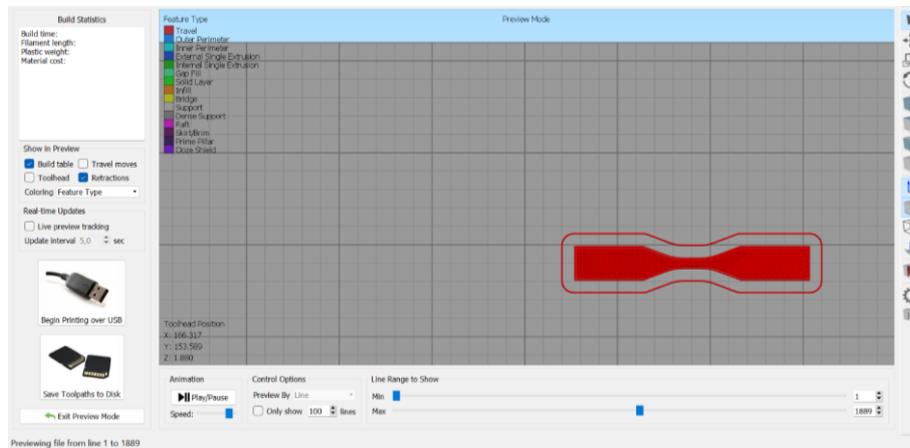
Lampiran 16. Experimen No.6 100%



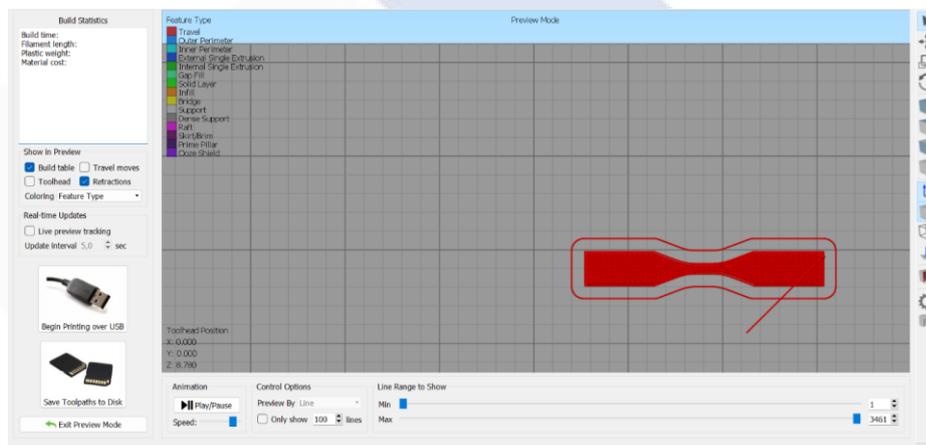
Lampiran 17. Experimen No.7 50%



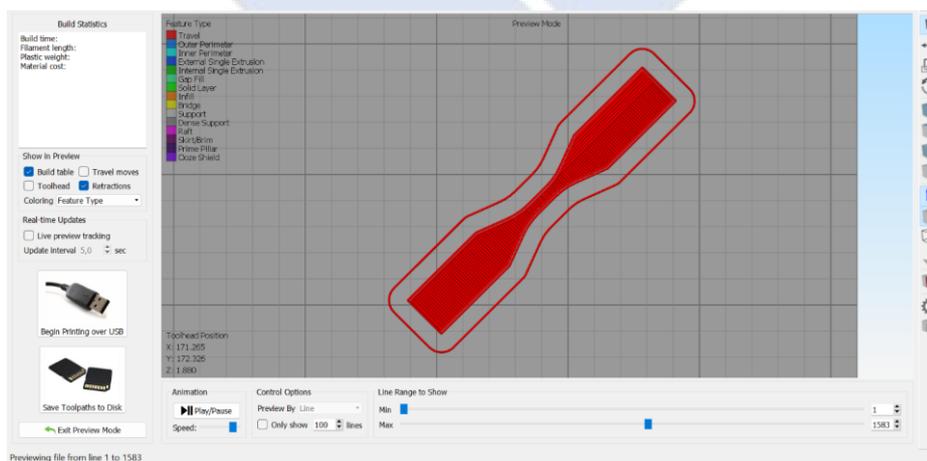
Lampiran 18. Experimen No.7 100%



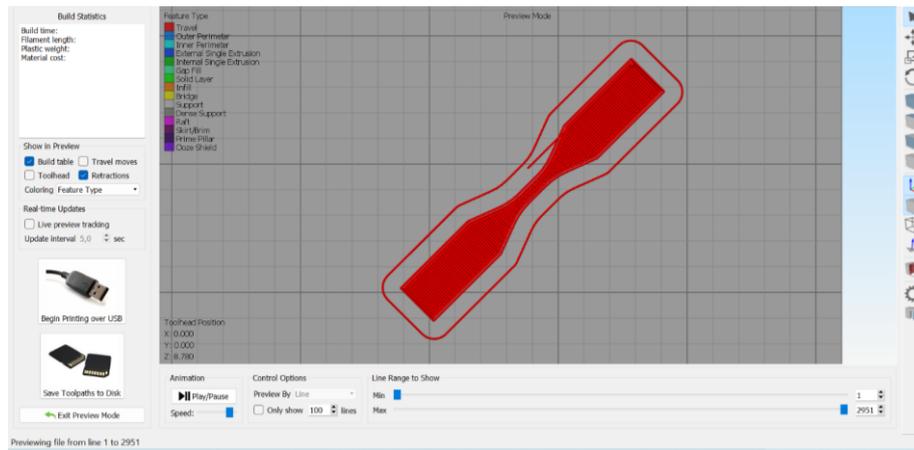
Lampiran 19. Experimen No.8 50%



Lampiran 20. Experimen No.8 100%



Lampiran 21. Experimen No.9 50%



Lampiran 22. Experimen No.9 100%



Lampiran

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Redy
Tempat & Tanggal Lahir : Sungailiat, 11 Juni 1999
Alamat Rumah : Jln. Batin Tikal Sri Pemandang Atas
Telp : -
HP : 081278344297
Email : redyaja0852@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

2. Riwayat Pendidikan

SD Setia Budi Lulus Tahun 2013
SMP Negeri 1 Pemali Lulus Tahun 2016
SMA Negeri 1 Pemali Lulus Tahun 2019

Sungailiat, 19 Januari 2023



Redy

bab i-v

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	4%
2	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	4%
3	snitt.polman-babel.ac.id Internet Source	1%
4	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
5	www.researchgate.net Internet Source	1%
6	123dok.com Internet Source	<1%
7	vdocuments.mx Internet Source	<1%
8	elibrary.unikom.ac.id Internet Source	<1%
9	docplayer.info Internet Source	<1%

10	e-journal.politanisamarinda.ac.id Internet Source	<1 %
11	Eduar Iqbal Riza, Cahyo Budiyanoro, Aris Widy Nugroho. "PENINGKATAN KEKUATAN LENTUR PRODUK 3D PRINTING BERBAHAN PETG DENGAN OPTIMASI PARAMETER PROSES MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI", Media Mesin: Majalah Teknik Mesin, 2020 Publication	<1 %
12	vuondaonhattan.com Internet Source	<1 %
13	media.neliti.com Internet Source	<1 %
14	adoc.pub Internet Source	<1 %
15	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
16	www.scribd.com Internet Source	<1 %
17	elastisitas.unram.ac.id Internet Source	<1 %
18	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1 %
19	repository.ibs.ac.id Internet Source	<1 %

20	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
21	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
22	www.repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
23	Habibur Rahman, T.D. John, M. Sivadasan, N.K. Singh. "Investigation on the Scale Factor applicable to ABS based FDM Additive Manufacturing", Materials Today: Proceedings, 2018 Publication	<1 %
24	animarlinarosadi.wordpress.com Internet Source	<1 %
25	belajarbiologi02.blogspot.com Internet Source	<1 %
26	edoc.pub Internet Source	<1 %
27	eprints.umpo.ac.id Internet Source	<1 %
28	Carmita Camposeco-Negrete, Pierre-Yves Lavertu, Juan Lopez-de-Alda. "Prediction and optimization of the yield stress of material extrusion specimens made of ABS, using numerical simulation and experimental tests",	<1 %

The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2021

Publication

Exclude quotes On

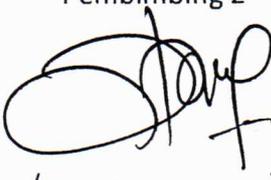
Exclude matches Off

Exclude bibliography On

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....	
		JUDUL Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU	
Monitoring ke		Tanggal	
		Progress Alat	
		Paraf Pembimbing	
		3 5/1 2023 Penulisan Jurnal dan correspondence author	
		3 9/1 2023 Pemeriksaan penulisan dan data	
3 18/1 2023 Pemeriksaan penulisan untuk sidang			
3 9/1 2023 Pemeriksaan penulisan Bab 1, 2, 3 4 dan 5			
3 16/1 2023 pemeriksaan dan penulisan dan plagiat			

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

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

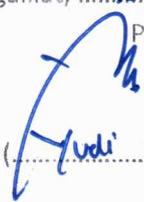
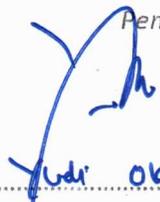
FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....		
	JUDUL Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kuat Tarik menggunakan Filamen TPU (thermoplastic Poly urethane)		
Nama Mahasiswa Redy		NIM: 109 19 25	
Nama Pembimbing 1. <u>Hesdiansah</u> 2. <u>Zaldy sirwansyah suzen</u> 3. _____			
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	31/5 2022	Pengenalan 3D printing	
2	20/6 2022	Pemilihan parameter	
3	22/6 2022	Penentuan cara kerja mesin 3D printing	
4	13/9 2022	Pencetakan spesimen uji Tarik ASTM D638 tipe 5	
5	15/10 2022	Pengujian uji tarik	
6	15/11 2022	Menghitung S/N Ratio	
7	19/10/2022	revisi bab 1, 2 dan 3	
8	18/10/2022	bimbingan perulisan	
9	16/1 2023	revisi bab 1, 2, 3, 4 dan 5	
10			

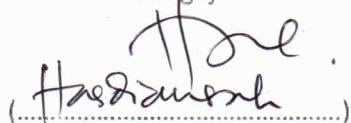
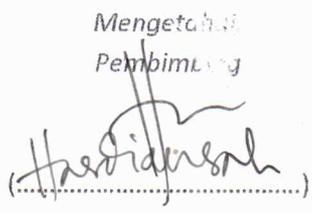
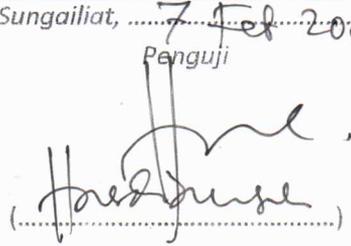
Catatan:

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

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

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK</p> <p>...../...../.....</p>
<p>JUDUL :</p>	<p><u>Optimasi Parameter Produk 3D Printing Material Bahan Corak High Density Polyethylene (HDPE) TPU</u></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Rady</u> NIM: <u>1011925</u> 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	
	<p>Halaman</p>
<p>1. <u>cek standar PA</u> 2. <u>metode uji mekanik tarik dengan ket 3.</u> 3. <u>lanjutan klaim per kapram</u> 4. <u>ukur ketebalan</u> 5. <u>parameter parameter</u> 6. <u>foto hasil kapram</u> 7. <u>harga 2 kapram</u> 8. <u>Spesifikasi TPU</u></p>	
<p>Sungailiat, <u>30-1-2023</u></p> <p style="text-align: center;">Penguji</p> <p style="text-align: center;">  (..... <u>Yudi Oktadi</u>) </p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;">  (.....) </p>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, <u>30-1-2023</u></p> <p style="text-align: center;">Penguji</p> <p style="text-align: center;">  (..... <u>Yudi Oktadi</u>) </p>

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

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK</p> <p>...../...../.....</p>
<p>JUDUL :</p>	<p>Optimasi Parameter Produk 3D Printing. Terhadap kuat tarik menggunakan Filamen TPU (Thermoplastic Polyurethane).</p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. Pedy NIM: 1041925 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p>What was added.</p>	
<p>Sungailiat, 30 01 2023 Penguji  (Hasdiansyah)</p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p>Mengetahui Pembimbing</p> <p> (Hasdiansyah)</p>	<p>Sungailiat, 7 Feb 2023 Penguji  (Hasdiansyah)</p>

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

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....</p>
<p>JUDUL :</p>	<p><i>Optimasi parameter proses 3D printing High Speed Turn Mekanika 70 Lamin TPU</i></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <i>Redy</i> NIM: _____ 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	
<p><i>- Bab I - Bill - Bab V</i></p>	<p>Halaman</p>
<p><i>Panitia Mekanika</i></p>	
<p>Sungailiat, <i>30-1-2023</i></p>	
<p>Penguji <i>(Rusman)</i></p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;"><i>(Hardi)</i></p>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, <i>6-2-2023</i></p> <p style="text-align: right;">Penguji <i>(Rusman)</i></p>



JITT :

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

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

e-ISSN : xxxx-xxxx

SURAT KETERANGAN

Nomor : 002/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“OPTIMASI PARAMETER PRODUK 3D PRINTING
TERHADAP KUAT TARIK MENGGUNAKAN FILAMEN TPU
(THERMOPLASTIC POLYURETHANE)”**

Atas nama :

Penulis : **REDY, HASDIANSAH, ZALDY SIRWANSYAH SUZEN**

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 3 Januari 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 4 Januari 2023
Kepala P3KM,

Dr. Parulian Silalahi, M.Pd
NIK. 1901010201640006