

**PENGARUH HASIL PRODUK 3D PRINTING TERHADAP
KEKUATAN TARIK DENGAN ORIENTASI SUDUT
PENCETAKAN VERTIKAL 0° MENGGUNAKAN FILAMEN
PLA PRO**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Riskullah Dirga Trisaplin NIRM: 1041824

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021/2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH HASIL PRODUK 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN ORIENTASI SUDUT PENCETAKAN VERTIKAL 0° MENGGUNAKAN FILAMEN PLA PRO

Oleh:

Riskullah Dirga Trisaplin/1041824

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



(Zaldy S. Suzen, S.S.T., M.T)

Pembimbing 2



(Subkhan, S.T., M.T)

Penguji 1



(Erwansyah, S.S.T., M.T)

Penguji 2



(Juanda, S.S.T., M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Riskullah Dirga Trisaplin NIRM: 1041824

Dengan judul : PENGARUH HASIL PRODUK 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN ORIENTASI SUDUT PENCETAKAN VERTIKAL 0° MENGGUNAKAN FILAMEN PLA PRO

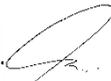
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungaliliat, 26 Desember 2021

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Riskullah Dirga Trisaplin

..........

ABSTRAK

Saat ini Dunia masuk pada era Revolusi Industri 4.0 yang menyebabkan teknologi di bidang industri manufaktur berkembang sangat pesat, salah satunya mesin Rapid Prototyping dengan teknologi FDM yang merupakan mesin cetak 3 dimensi dengan prinsip pencetakan secara additive manufacturing informasi mengenai parameter proses yang dapat menghasilkan suatu produk 3D dengan kekuatan tarik secara ideal di Indonesia sangat minim, mengingat informasi tersebut sangat diperlukan dunia industri, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik serta parameter proses yang ideal dengan menggunakan filamen PLA PRO Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen faktorial, penelitian ini menggunakan mesin 3D printer Anet Et4, nozzle berukuran 0,4 mm, variasi parameter yang digunakan yaitu 3 level nozzle temperature, 15 infill Pattern berdasarkan software Prusaslicer 2.3 dan orientasi sudut pencetakan vertikal 0°. Sehingga menghasilkan 45 kombinasi eksperimen dengan 3 replikasi setiap spesimen. Hasil dari pengujian tarik tertinggi sebesar 43,9 MPa yang terdapat pada eksperimen nomor 10 infill Pattern 3D Honeycomb, Nozzle temperature 210°C, sudut pencetakan vertikal 0°. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada eksperimen nomor 28 dengan parameter infill Pattern Archimedean Chord, Nozzle temperature 220°C, sudut pencetakan vertikal 0°, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 14,7 MPa. Sehingga dapat disimpulkan parameter proses tersebut mempengaruhi hasil dari pencetakan produk 3D printing.

Kata Kunci: 3D Printer, Rapid Prototyping, FDM, Nozzle temperature, Infill Pattern

ABSTRACT

Currently the World is entering the era of the Industrial Revolution 4.0 has caused technology in the manufacturing industry to develop very rapidly, one of which is the machine Rapid Prototyping with FDM technology which is a 3-dimensional printing machine with the principle of printing additive manufacturing information on process parameters that can produce a 3D product with ideal tensile strength in Indonesia is very minimal, considering that this information is needed by the industrial world, so this study aims to determine the value of tensile strength and ideal process parameters using PLA PRO filament. The method used in this study is the factorial experimental method, this study uses the 3D printer Anet Et4 machine, nozzle 0.4 mm, the parameter variations used are 3 levels nozzle temperature, 15 infill Patterns based on software Prusaslicer 2.3 and 0° vertical printing angle orientation. This results in 45 experimental combinations with 3 replication of each specimen. The results of the highest tensile test of 43,9 MPa were found in experiment number 10 infill Pattern 3D Honeycomb, Nozzle temperature 210°C, vertical printing angle of 0°. While the lowest tensile strength value is found in experiment number 28 with parameters infill Archimedean Chord Pattern, Nozzle temperature 220°C, vertical molding angle of 0, with a tensile strength value of 14,7 MPa. So it can be concluded that these process parameters affect the results of printing 3D products printing.

Keywords: 3D Printer, Rapid Prototyping, FDM, Nozzle temperature, Infill Pattern

KATA PENGANTAR

Assalamau 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Besar, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, peneliti dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH HASIL PRODUK 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN ORIENTASI SUDUT PENCETAKAN VERTIKAL 0° MENGGUNAKAN FILAMEN PLA PRO”**. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL).

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua saya tercinta Ibu Linda Suryani dan Ayah Sapni Syahril yang telah banyak mendukung saya hingga sampai ke titik ini.
2. Saudara saya, Kakak Astrid Permatasari, Abang Bobby Dwiky Saputra dan Ayuk Riskie Relica yang sudah banyak sekali mendukung saya.
3. Kakak Sepupu saya, Nana Wafiqah Nursyahbani yang banyak memberikan dukungan pada saya agar tetap teguh menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
4. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 Laporan Tugas Akhir saya, yang telah bersedia menyediakan waktu dan tenaganya dalam proses pembimbingan Laporan Tugas Akhir ini hingga selesai.
7. Bapak Subkhan, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 Laporan Tugas Akhir saya, yang telah memberikan ide-ide dan konsep pemikirannya

8. Bapak Juanda S.S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan terhadap Laporan Tugas Akhir saya.
9. Bapak Erwansyah S.S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan terhadap Laporan Tugas Akhir saya.
10. Bapak Yuliyanto S.S.T., M.T selaku Kepala Laboratorium LAPALO yang telah banyak membantu dalam proses pengujian tarik sehingga berjalan lancar.
11. Rikky Ardiansyah dan Reza Dwi Putra selaku teman satu bimbingan Karya Tulis Ilmiah yang telah memberikan semangat, dukungan, masukan serta menjadi pengingat bagi satu sama lain.
12. Teman-teman saya, Ummi Khalsum, Faradila Irianti, Erisa Farianti dan Haddad Darmawan yang telah bersedia memberikan waktunya untuk mendukung kelancaran proses penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
13. Rekan-rekan Dewan Kerja Cabang Masa bakti 2017-2022, Irham Emiran Dika, Ninda Filani, Mufadha Tioandra yang telah banyak mendoakan serta mendukung saya untuk menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini.
14. Seluruh teman-teman satu kelas saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur POLMAN BABEL angkatan 2018 yang telah saling mendoakan dan mendukung satu sama lain.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, namun penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penulisan Laporan Tugas Akhir ini agar kedepannya dapat memiliki manfaat yang lebih banyak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sungailiat, 26 Desember 2021
Penulis



Riskullah Dirga Trisaplin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	5
2.2 <i>3D Printing</i>	6
2.2.1 <i>Frame</i>	7
2.2.2 <i>Print head</i>	7
2.2.3 <i>Nozzle</i>	7
2.2.4 <i>Build platform atau bed</i>	7
2.2.5 <i>Bowden</i>	7
2.2.6 <i>Moving Parts</i>	7
2.2.7 <i>Electronics Control</i>	8
2.3 Parameter pada mesin <i>Printer 3 Dimensi</i>	8
2.3.1 <i>Perimeter</i>	8
2.3.2 <i>Extrusion width</i>	8
2.3.3 <i>Layer height</i>	8
2.3.4 <i>Nozzle temperature</i>	8

2.3.5	<i>Bed Temperature</i>	9
2.3.6	<i>Brim width</i>	9
2.3.7	<i>Infill density</i>	9
2.3.8	<i>Infill pattern</i>	9
2.3.9	<i>Printing Speed</i>	10
2.4	<i>Slicing</i> (Pembuatan Lintasan)	11
2.5	<i>Polylactic Acid PRO</i> (PLA PRO)	12
2.6	Mekanisme Proses <i>3D Printing</i>	13
2.6.1	<i>Modelling</i> Objek 3D	13
2.6.2	Proses Pencetakan	13
2.6.3	Proses <i>finishing</i>	13
2.7	<i>Tensile Test</i> (uji kekuatan tarik).....	14
2.7.1	Proses Uji Tarik.....	14
2.8	Metode Faktorial	15
2.9	Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODE PELAKSANAAN		18
3.1	Diagram Alir	18
3.2	Material	19
3.3	Desain Spesimen uji tarik	19
3.4	Mesin <i>3D Printer</i>	20
3.5	Mesin Uji Tarik.....	20
3.6	Parameter Proses	21
3.7	Metode Faktorial.....	22
3.8	Prosedur Penelitian	24
3.8.1	Persiapan Awal.....	24
3.8.2	Pembuatan Model Spesimen Uji	24
3.8.3	Proses <i>Slicing File</i>	25
3.8.4	Proses Pencetakan Spesimen Uji.....	26
3.8.5	Uji Tarik.....	27
BAB IV PEMBAHASAN		28
4.1	Hasil Pengujian	28
4.2	Proses Pengambilan Data.....	28

4.3	Hasil Pengujian Tarik	31
4.4	Perhitungan Manual Uji Tarik	33
4.5	Analisa Hasil Uji Tarik	35
4.5.1	Analisa Pengujian Proses <i>Nozzle Temperature</i> 210°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 <i>Infill Pattern</i>	35
4.5.2	Analisa Parameter Proses <i>Nozzle Temperature</i> 220°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 <i>Infill Pattern</i>	36
4.5.3	Analisa Parameter Proses <i>Nozzle temperature</i> 230°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 <i>Infill Pattern</i>	37
4.5.4	Analisa Rata-rata Kekuatan Tarik berdasarkan Suhu Pencetakan	38
4.5.5	Analisa Rata-rata Kekuatan tarik berdasarkan <i>Infill Pattern</i>	39
4.5.6	Analisa Hasil Pengujian Kekuatan Tarik	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1	KESIMPULAN	42
5.2	SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN		48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanik pada Dashboard Mobil	16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin 3D <i>Printing</i> Anet Et4.....	20
Tabel 3. 2 <i>Varians Level</i> Parameter	22
Tabel 3. 3 Kombinasi Parameter Proses	23
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tarik.....	31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-Bagian Pada Mesin FDM	5
Gambar 2. 2 <i>Infill Pattern</i>	10
Gambar 2. 3 Prinsip Pengujian Tarik (Callister, 2001).....	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3. 2 Filamen PLA PRO	19
Gambar 3. 3 Desain Berdasarkan Standar ASTM D638-14 Type IV	19
Gambar 3. 4 Mesin 3D <i>Printing</i> Anet Et4	20
Gambar 3. 5 Mesin Uji Tarik Zwick Roell	21
Gambar 3. 6 Spesimen Cetak Menggunakan <i>Software Fusion 360</i>	25
Gambar 3. 7 Proses Pengaturan Parameter Uji Pada <i>Software Slicing</i> (Prusaslicer 2.3).....	25
Gambar 4. 1 Proses Slicing	29
Gambar 4. 2 Proses pencetakan Spesimen Uji.....	29
Gambar 4. 3 Hasil Pencetakan Spesimen Uji.....	30
Gambar 4. 4 Proses Pengujian Tarik.....	30
Gambar 4. 5 Spesimen Setelah Uji Tarik.....	31
Gambar 4. 6 Hasil Kekuatan Tarik <i>Nozzle temperature 210°C</i> , Orientasi Pencetakan 0° dan 15 <i>Infill Pattern</i>	35
Gambar 4. 7 Hasil Kekuatan Tarik <i>Nozzle temperature 220°C</i> , Orientasi Pencetakan 0° dan 15 <i>Infill Pattern</i>	36
Gambar 4. 8 Hasil Kekuatan Tarik <i>Nozzle temperature 230°C</i> , Orientasi Pencetakan 0° dan 15 <i>Infill Pattern</i>	37
Gambar 4. 9 Grafik Rata-rata kekuatan tarik berdasarkan <i>Nozzle temperature</i> (210°C, 220°C, dan 230°C).....	38
Gambar 4. 10 Grafik Berdasarkan <i>Infill Pattern</i>	39
Gambar 4. 11 Grafik Hasil kekuatan Tarik	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekuatan Tarik Pada *Nozzle Temperature*

Lampiran 3 : Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekuatan Tarik Pada 15 *Infill Pattern*

Lampiran 4 : Form Monitoring Proyek Akhir

Lampiran 5 : Form Bimbingan Proyek Akhir

Lampiran 6 : Form Revisi Laporan Akhir

Lampiran 7 : Bukti Bukan Plagiasi

Lampiran 8 : Bukti Publikasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hadirnya Revolusi Industri 4.0 membuat dunia industri bersaing sangat ketat, munculnya terobosan *3D printer* mulai digemari dunia industri manufaktur Indonesia, proses pembuatan produk yang umumnya memakan waktu lama sekarang bisa dikerjakan dengan kurun waktu yang singkat (Riza, et al., 2020). Saat ini di Indonesia sangat sedikit informasi mengenai hasil produk *3D printing* contohnya seperti akurasi dimensi, kekuatan tarik dan lainnya, informasi tersebut tentunya akan berguna bagi industri otomotif khususnya dalam pembuatan *dashboard* mobil, pembuatan *dashboard* mobil yang umumnya dilakukan menggunakan proses *injection moulding* akan memakan biaya produksi sangat mahal, oleh karena itu penelitian ini dikembangkan untuk menekan biaya produksi tersebut.

3D printer adalah teknik *Additive Manufacturing* (AM) untuk membuat berbagai macam struktur dan geometri kompleks dari data model tiga dimensi (3D), proses pencetakan terdiri dari lapisan-lapisan bahan yang berhasil dibentuk di atas satu sama lain (Ashley, 1991). Sehingga memungkinkan untuk membuat semua bentuk yang sangat sulit dikerjakan oleh mesin dan juga telah diterapkan di berbagai dunia industri seperti kesehatan, kesenian, *prototyping*, konstruksi serta biomekanik (C. K. Chua, et al., 1998). Teknologi *3D printer* yang terkenal salah satunya adalah *Fused Deposition Modelling* (FDM), FDM telah banyak digunakan dalam teknologi manufaktur aditif yang menyediakan *prototype* fungsional dalam berbagai termoplastik karena kemampuannya untuk menghasilkan bagian geometris kompleks dengan rapi dan aman lingkungan. (Mohamed, et al., 2015). Menurut (Grabowik, 2017) material filamen menjadi bahan utama dalam pembuatan produk *3D printing* yang berfungsi sebagai bahan inti dalam proses pencetakan. Pada *3D printer* terdapat beberapa jenis filamen yang sering digunakan

seperti *polyethylene terephthalate glycol* (PETG), *nylon*, *polylactic acid* (PLA), *polycarbonat* (PC), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), dan lain-lain.

Banyak penelitian yang berfokus terhadap mencari pengaruh parameter proses 3D *printer* yang optimal serta dapat menghasilkan nilai kekuatan tarik yang optimal. Contohnya yang dilakukan oleh (Nugroho, et al., 2019) penulis tersebut bertujuan melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter proses yang paling optimal terhadap sifat mekanik dari produk hasil pencetakan 3D *printing* menggunakan filamen PLA. Dimana dalam penelitiannya parameter proses yang menjadi fokus uji yaitu *infill density*, *infill pattern*, *nozzle temperature* dan *extrusion width*, dengan tiga variasi level untuk setiap parameter. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik dari produk 3D *printing* dipengaruhi oleh *infill density* yang di ikuti oleh *nozzle temperature*, *infill pattern*, dan *extrusion width* dengan kekuatan tarik optimum sebesar 30,52 MPa dengan interval kepercayaan sebesar 95% yang terdapat pada produk dengan nilai *infill density* sebesar 75%, *nozzle temperature* sebesar 215 °C, *infill pattern honeycomb*, dan *extrusion width* sebesar 0,3mm

Pada Penelitian yang dilakukan oleh (Yao, et al., 2019) penulis tersebut meneliti mengenai pengaruh parameter kekuatan tarik sehingga mendapatkan hasil yang optimal pada hasil pencetakan produk 3D *printing* dengan menggunakan material filamen PLA. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah sudut pencetakan dan *layer thickness* dimana sudut yang digunakan yaitu 0°, 15°, 30°, 45°, 75°, dan 90° dengan variasi 3 level pada *layer thickness*. Dari penelitian ini peneliti menarik kesimpulan bahwa kekuatan tarik produk 3D *Printing* mengalami perubahan yang signifikan dimana nilai GAP terbesar berada diantar sudut 0° – 90° dengan *layer thickness* sebesar 0,1 mm. Nilai gap yang terdapat pada sudut 0° – 90° dengan *layer thickness* sebesar 0,1 mm adalah 52,29%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Suzen, et al., 2020) berfokus untuk mengetahui pengaruh *infill pattern* serta *nozzle temperature* terhadap pengujian kekuatan tarik hasil pencetakan produk 3D *Printing* dengan menggunakan material

filamen PLA+ ESUN. Peneliti melakukan variasi terhadap parameter yang digunakan seperti *nozzle temperature* dengan 3 level suhu yang berbeda yaitu 225°C, 205°C, dan 215 °C, *layer thickness* dengan ketebalan sebesar 0,2 mm, *bed temperature* dengan suhu 60 °C, *travel speed* dengan kecepatan sebesar 100 mm/s, *printing speed* dengan kecepatan sebesar 50 mm/s dan 13 *infill pattern*, adapun *infill Pattern* yang digunakan yaitu *cross 3D*, *cubic*, *concentric*, *grid*, *gyroid*, *lines*, *octet*, *quarter cubic*, *triangles*, *tri hexagon*, *cubic division*, dan *zig zag*, dalam penelitiannya metode yang digunakan yaitu metode faktorial, faktor yang satu dikalikan dengan faktor yang lainnya sehingga menghasilkan 39 spesimen uji. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik filamen PLA+ ESUN dipengaruhi oleh *nozzle temperature* dan *infill pattern* dengan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 43,20 MPa dimana parameter yang digunakan yaitu *infill pattern* dengan variasi *concentric* dengan suhu yang digunakan pada *nozzle* sebesar 215 °C.

Pada penelitian terdahulu berbagai metode dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan suatu produk, salah satunya yaitu metode pengujian tarik terhadap spesimen uji, penelitian tersebut menggunakan parameter proses seperti sudut pencetakan, *infill Pattern*, *extrusion width*, *infill density*, *nozzle temperature* dan lainnya. Berdasarkan hal tersebut penulis akan melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *infill Pattern*, dan *nozzle temperature* terhadap kekuatan tarik produk 3D *printing* dengan orientasi sudut pencetakan vertikal 0° menggunakan filamen *polylactic acid PRO* (PLA PRO) sehingga mengetahui nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah terhadap produk hasil 3D *printing*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang terdapat pada latar belakang diatas maka didapatkan inti permasalahan yaitu: Bagaimana pengaruh hasil pencetakan produk 3D *printing* terhadap kekuatan tarik serta mengetahui nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah yang dihasilkan dengan orientasi sudut pencetakan vertikal 0° menggunakan filamen *polylactic acid PRO* (PLA PRO)?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini lebih terfokus dan terarah maka dibuatlah batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Mesin 3D *printer* menggunakan mesin Anet Et4 dengan *software* pendukung yaitu *PrusaSlicer 2.3*.
2. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kekuatan tarik pada material *Polylactic Acid PRO* (PLA PRO).
3. Variasi parameter yang diujikan penelitian ini adalah *infill Pattern*, *nozzle temperature* dicetak pada orientasi sudut pencetakan vertikal 0°.
4. Variasi *nozzle temperature* berada pada rentang spesifikasi temperatur Filamen PLA PRO
5. Bentuk spesimen uji merujuk pada standar (ASTM D638-14, 2016) tentang *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*.

1.4 Tujuan Penelitian

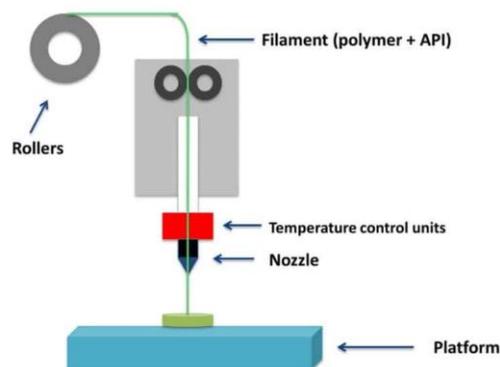
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah serta pengaruh parameter proses terhadap nilai kekuatan tarik produk 3D *printing* menggunakan filamen *polylactic acid PRO* (PLA PRO)

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Fused Deposition Modelling (FDM)*

Salah satu metode *rapid prototyping* yang sering digunakan yaitu *Fused Deposition Modelling*, FDM sendiri berbeda dengan metode lainnya, perbedaannya terletak pada penggunaan *nozzle* yang dipanaskan untuk menyuplai material ekstrusi oleh *heater*, tanpa menggunakan sinar laser pada proses fabrikasi. *heater* pada metode FDM digunakan sebagai kontrol temperatur pada *nozzle* yang mengakibatkan filamen berubah menjadi semi solid untuk mempermudah proses ekstrusi (Yuan, 2008), Material bahan filamen yang umum digunakan yaitu Polyvinyl Alcohol (PVA), Polylactic Acid (PLA), Investment Casting Wax, Polyethylene (PE), Nylon, Polypropylene (PP), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) dan Polycarbonate (PC), Prinsip kerja fabrikasi FDM dalam proses pembentukan produk 3D *printing* yaitu melakukan ekstrusi filamen lapis demi lapis (*layer by layer*). Material filamen setelah proses ekstrusi akan mengalami pendinginan secara cepat setelah melewati *nozzle* yang artinya hasil produk akan cepat mengeras. diameter *nozzle* sendiri menentukan ketebelan lapisan (*layer height*) dan lebar lapisan (*extrusion width*).



Gambar 2. 1 Bagian-bagian pada mesin FDM

Menurut (Sumantri, 2012) proses pada mesin *rapid prototyping* yaitu dengan cara memanaskan filamen menggunakan *heating system* kemudian material akan dikeluarkan melalui *nozzle* dimana laju *feeder* di atur oleh roda penggerak yang digerakan oleh motor DC. Selanjutnya jika temperatur pada *nozzle* telah sesuai, roda penggerak akan berputar (saklar *feeder* otomatis aktif pada saat program *G-code* dijalankan) mendistribusikan filamen dan keluar melalui *nozzle*. *nozzle* bergerak sesuai perintah berdasarkan program *G-code*. Setelah lapisan pertama terbentuk, *nozzle* akan bergerak untuk membentuk lapisan lainnya.

2.2 3D Printing

Menurut (Budiman, et al., 2016) salah satu proses *additive manufacturing* yang terkenal yaitu mesin *3D printer*, *3D printing* merupakan suatu proses pembuatan produk 3 dimensi dari suatu model digital yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Proses pencetakannya dikerjakan dengan proses *additive*, dimana model 3D tersebut dibuat dengan cara meletakkan lapisan secara berurutan dari bahan hingga objek 3D terlihat. Dalam proses pencetakan produk 3 dimensi metode yang digunakan berbeda dengan metode yang menggunakan mesin tradisional, perbedaannya terletak pada proses penyayatan yang dilakukan untuk mengurangi material benda kerja. Peneliti yang pertama kali mempublikasikan *3D printer* yaitu Hideo Kodama pada tahun 1982 yang berinstitusi di Nagoya Municipal Industrial Research Institute, sedangkan Charles W. Hull pada tahun 1984 merupakan orang pertama yang melakukan riset terhadap mesin *3D Printer*.

Umumnya mesin *3D printer* banyak digunakan dalam pembuatan *prototype* pada industri manufaktur, arsitektur, desain industri, industri medis dan lainnya. Dengan memanfaatkan teknologi yang ada saat ini siapapun dapat dengan mudah membuat sebuah kreasi menjadi produk 3D, Menurut (Horvath, 2014) berikut ini merupakan komponen utama yang terdapat pada mesin *3D Printer* berbasis FDM:

2.2.1 Frame

Frame pada mesin 3D *printer* haruslah kaku dan kekuatan hal tersebut bertujuan untuk menopang mesin. Sehingga hasil pencetakan akan terbentuk secara akurat dan sesuai keinginan.

2.2.2 Print head

Print head merupakan bagian yang memiliki fungsi sebagai alat untuk melelehkan filamen sesuai dengan suhu yang telah ditetapkan. *Print head* terdiri dari berbagai komponen seperti *fan* , *nozzle*, dan *heater*.

2.2.3 Nozzle

Nozzle merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat keluar material filamen berbentuk semi solid setelah melalui *heater*, *nozzle* juga berfungsi sebagai penentu kemampuan filamen apakah dapat dicairkan dengan kualitas yang baik atau tidak.

2.2.4 Build platform atau bed

Build platform merupakan sebuah alas pencetakan produk 3D *printing* dengan bentuk permukaan datar, pada mesin 3D *printer* banyak sekali tipe *bed* yang digunakan seperti berbentuk lempengan yang bisa dipanaskan yang memiliki fungsi untuk menjaga temperatur pada proses pencetakan serta tipe *magnetic bed* yang dapat mempermudah dalam melepaskan hasil produk 3D *printing*, tergantung kebutuhan dan filamen apa yang digunakan.

2.2.5 Bowden

Bowden berfungsi sebagai tempat mengatur laju *feeder* filamen saat didorong atau ditarik oleh *drive wheel* yang digerakkan oleh motor.

2.2.6 Moving Parts

Moving parts pada mesin 3D *printer* terdiri atas beberapa kombinasi komponen seperti seperti motor, *belt*, kabel, dan sistem lain yang menempel pada *pulley*.

2.2.7 Electronics Control

Electronics Control terdiri dari sebuah board yang merupakan kontrol kendali pemrograman yang terdapat pada mesin 3D *printer*.

2.3 Parameter pada mesin *Printer* 3 Dimensi

Pengertian dari parameter adalah proses mengatur suatu nilai yang ada pada mesin sehingga menjadi acuan pada hasil produk 3D *printing* sesuai dengan yang diharapkan. Proses mengatur parameter pada mesin 3D *printer* dibantu menggunakan aplikasi *software slicer*, hasil dari *software* tersebut berupa bahasa pemrograman *G-code*, *G-code* sendiri memiliki fungsi sebagai perintah untuk melaksanakan proses pencetakan. Berikut ini merupakan parameter yang terdapat pada mesin 3D *Printer*:

2.3.1 Perimeter

Perimeter merupakan jumlah minimum dari *shell vertical* (dinding) yang akan di cetak.

2.3.2 Extrusion width

Extrusion Width berfungsi sebagai pengatur lebar material yang di ekstrusi oleh *nozzle*.

2.3.3 Layer height

Layer Height merupakan tingkat ketebalan pada setiap lapisan.

2.3.4 Nozzle temperature

Nozzle Temperatur digunakan untuk mengatur nilai temperatur pada *nozzle* yang berfungsi untuk memanaskan filamen dari bahan solid menjadi bahan semi-solid.

2.3.5 Bed Temperature

Bed Temperature digunakan untuk mengatur nilai temperatur yang digunakan pada alas pencetakan yang berfungsi untuk menjaga suhu pada material setelah proses ekstrusi.

2.3.6 Brim width

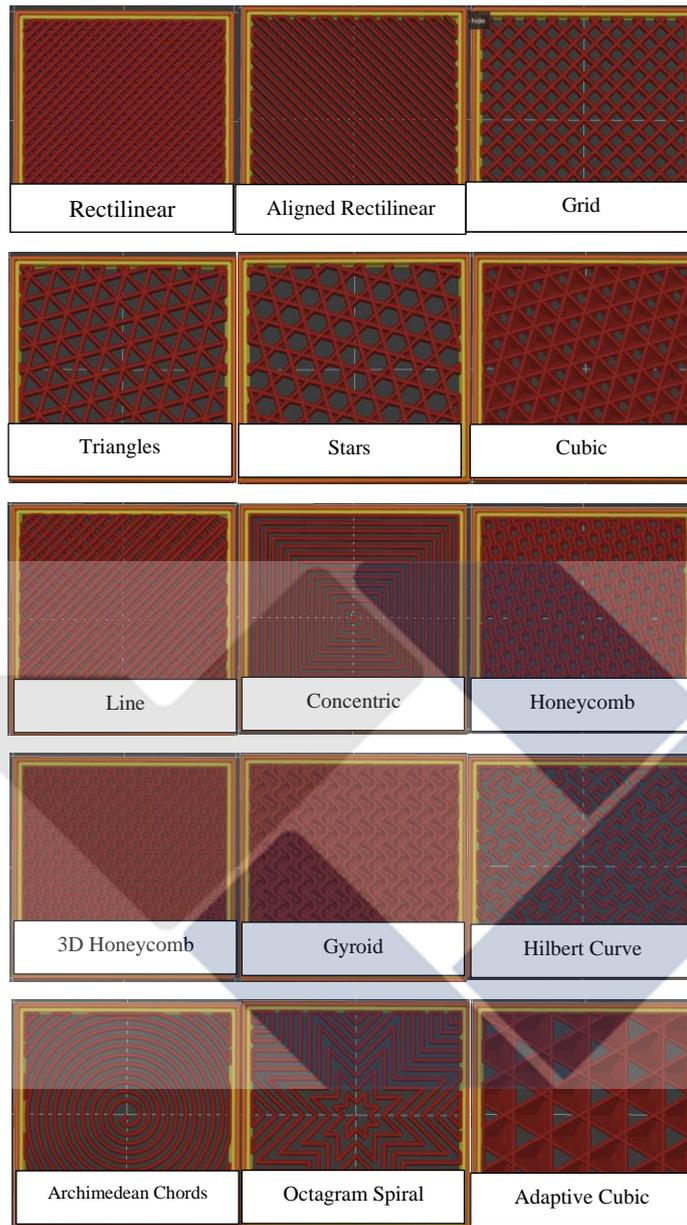
Brim width berfungsi sebagai dasar pada proses pencetakan, dengan cara memperbesar area pada lapisan pertama yang memiliki tugas sebagai alas menempelnya produk 3D *printing* serta untuk mengurangi terjadinya warping (melengkung).

2.3.7 Infill Density

Infill Density berfungsi untuk mengatur nilai atau tingkat kerapatan dari bagian inti pada produk pencetakan 3D *printing*, *Infill Density* dapat diatur dalam skala persen, dimulai dari 0 – 100%. Dimana semakin tinggi persentase, maka hasil produk 3D *printing* akan semakin rapat.

2.3.8 Infill Pattern

Infill Pattern merupakan pola pada bagian inti produk 3D *printing*, agar pola dapat terbentuk nilai dari *infill Density* haruslah kurang dari 100%, sehingga dalam pemilihan *infill pattern* harus mempertimbangkan bentuk 3D, kekuatan struktural serta kecepatan cetak. Setiap aplikasi *software slicer* memiliki *infill pattern* yang berbeda, pada *software slicer PrusaSlicer 2.3* terdapat 15 *infill pattern*, adapun bentuknya sebagai berikut :



Gambar 2. 2 *Infill Pattern* (PrusaSlicer 2.3)

2.3.9 Printing Speed

Printing speed merupakan parameter untuk mengatur nilai kecepatan pada saat proses pencetakan suatu produk 3D *printing*. Pada pengaturan *default* terdapat tiga kecepatan yang harus diperhatikan, meliputi:

- a. *Perimeters speed* adalah kecepatan *outline* pada pencetakan suatu objek. Jika proses pencetakan *outline* lebih lambat maka akan menimbulkan sedikit sisa dari hasil ekstrusi.
- b. *Infill speed* digunakan untuk mengatur kecepatan pencetakan *infill pattern* pada bagian inti produk *3D printing*.
- c. *Travel speed* berfungsi untuk mengatur nilai kecepatan pada saat *nozzle* berpindah dan tidak melakukan pencetakan.

2.4 Slicing (Pembuatan Lintasan)

Pada proses *Rapid Prototyping*, hal yang pertama kali dilakukan dalam pencetakan produk *3D printing* adalah menggambar desain pencetakan, kemudian masuk dalam tahap membuat lintasan cetak atau yang dikenal dengan *slicing*. Pada proses pembuatan lintasan cetak ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan seperti karakteristik mesin *3D printer* serta pola yang akan dicetak, pertimbangan tersebut dimaksudkan untuk membuat bahasa pemrograman yaitu *G-code*. Proses lintasan cetak juga berfungsi untuk mengatur atau menentukan parameter yang akan digunakan seperti *nozzle temperature*, *extrusion width*, material filamen, dan parameter lainnya. Bahasa pemrograman *G-code* digunakan agar mesin *3D printer* dapat bergerak secara otomatis sesuai dengan lintasan XYZ. Pengaturan pada proses *slicing* dikategorikan dalam empat kelompok yaitu:

- a. Lintasan cetak model CAD dengan ketebalan seragam (*uniform*)
- b. Lintasan cetak model CAD dengan ketebalan *adaptive*
- c. Lintasan cetak model CAD dengan ketebalan *layer adaptive*
- d. Lintasan cetak dengan perhitungan kontur yang tepat

Berdasarkan empat kategori tersebut masing-masing lintasan cetak memiliki perbedaan, dimana lintasan cetak dengan ketebalan yang seragam akan memiliki ketebalan layer yang sama, kemudian pada lintasan cetak ketebalan layer *adaptive* akan memiliki ketebalan layer yang bervariasi tergantung dengan pola geometri yang digunakan.

Banyak sekali aplikasi *slicing* yang dapat mendukung proses pencetakan dan dapat diunduh secara gratis (*opensource*) salah satunya *software PrusaSlicer 2.3*, aplikasi ini digunakan untuk membuat lintasan cetak serta untuk mengatur parameter yang diinginkan, aplikasi pada proses *slicing* dapat memengaruhi serta menentukan kualitas dari permukaan cetak, waktu proses pencetakan, serta kekuatan suatu produk.

2.5 Polylactic Acid PRO (PLA PRO)

Menurut (Koesnandar, 2004) PLA atau biasa dikenal dengan Poli asam laktat merupakan bagian polimer biodegradable yang berasal dari asam laktat. Dikarenakan dapat terurai di dalam tanah, PLA dikategorikan ke dalam poliester alifatik. PLA sendiri secara keseluruhan dapat dibuat dari bahan baku yang mudah di daur ulang, contohnya gandum, jagung, serta bahan lainnya yang memiliki pati dalam jumlah banyak. PLA juga dikategorikan sebagai bahan termoplastik, karena PLA tersusun atas monomer-monomer asam laktat. Setelah melalui proses polimerisasi asam laktat maka terbentuklah PLA, PLA juga memiliki beberapa sifat salah satunya bersifat biodegradable sifat tersebut ada dikarenakan pada ujung rantai terdapat beberapa gugus hidroksil. Kemudian PLA bersifat biokompatibel dikarenakan tubuh manusia dapat menerima polimer dengan aman tanpa efek samping yang berbahaya.

Dalam proses pembuatan PLA dibutuhkan plasticizer hal tersebut dimaksudkan untuk mengikat polimer serta menambah sifat mekanis, dikarenakan PLA sendiri berbentuk kristal polimer dan memiliki sifat yang rapuh. Zaman Revolusi Industri 4.0 saat ini membuat perkembangan dunia 3D *Printer* berkembang sangat pesat, salah satu teknologi dikembangkan salah satunya adalah filamen, banyak sekali inovasi yang telah dilakukan oleh peneliti terkait filamen contohnya seperti perkembangan filamen PLA, mulai dari PLA, ST PLA, PLA dan lain-lain, namun ada satu lagi inovasi yang dikembangkan yaitu filamen PLA PRO.

PLA PRO adalah PLA yang tidak mudah menjadi lembab / brittle / getas dan lebih tahan lama. PLA PRO cocok digunakan untuk aplikasi yg membutuhkan absorsi terhadap vibrasi yang baik dan *fracture rate* lebih rendah.

Kelebihan dari PLA PRO sendiri yaitu

- a. PLA PRO punya impact strenght lebih baik daripada ABS dan Heat Resistance Mendekati ABS.
- b. Suhu Leleh PLA PRO Mendekati ABS, Dan PLA PRO punya surface brightness yang lebih indah, Low-odor, dan Low-Wrap.

2.6 Mekanisme Proses 3D Printing

2.6.1 Modelling Objek 3D

Permodelan suatu objek dalam 3D *printer* diciptakan menggunakan *software* khusus yang mampu mendesain objek 3D, *software* tersebut haruslah didukung oleh printer yang digunakan, nantinya hasil dari desain tersebut harus berupa file dengan format STL agar dapat dimasukkan ke *software slicer* untuk proses pencetakan. *software* yang digunakan dalam menggambar objek 3D antara lain Solidworks, Fusion 360, AutoCAD, Inventor dan lainnya, permodelan 3D juga bisa menggunakan Scanner 3D.

2.6.2 Proses Pencetakan

Tahap inti dalam proses 3D *printer* ialah proses pencetakan. Proses ini dilakukan oleh mesin 3D *printer* dengan cara membaca perintah *G-code* yang telah di proses oleh *software slicer*, dimana proses sebelumnya yaitu mengatur parameter serta untuk mengetahui estimasi waktu pencetakan. Proses pencetakannya dikerjakan secara *additive*, yaitu proses dengan cara meletakkan lapisan secara berurut atau lapis per lapis dari bahan hingga model 3D terbentuk dengan utuh.

2.6.3 Proses finishing

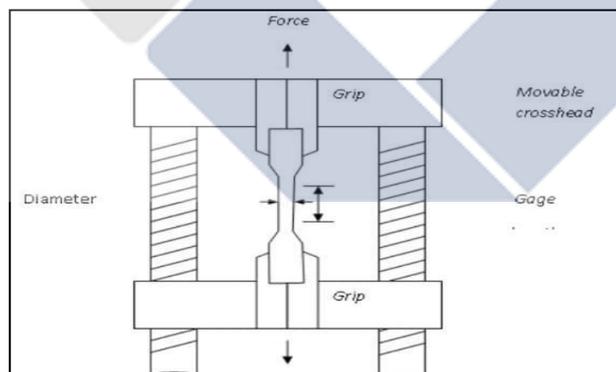
Proses *finishing* merupakan tahap akhir pada mekanisme proses 3D *printer*, pada tahap ini bisa dikatakan sebagai sentuhan akhir yang bertujuan untuk

menyempurnakan bagian yang dianggap kompleks. Proses sentuhan akhir yang dimaksud dapat berupa menyempurnakan warna dan bahan yang berbeda.

2.7 *Tensile Test* (uji kekuatan tarik)

2.7.1 Proses Uji Tarik

Dalam menguji suatu bahan/material banyak sekali metode yang dapat digunakan, salah satunya merupakan metode pengujian kekuatan tarik. Pada dasarnya pengujian kekuatan tarik bertujuan untuk mengamati serta mengukur gaya statis serta ketahanan suatu material yang diberikan secara bertahap, kemudian hasil akhir pada proses uji tarik ini sangat penting, karena menghadirkan data kekuatan dari suatu material uji. Proses pengujian kekuatan tarik sendiri dilakukan dengan cara menarik benda kerja dengan kekuatan yang konstan serta beban gaya yang bertambah secara kontinyu, proses ini dilakukan dalam rentang waktu tertentu hingga hasil akhir material putus/patah. Pada saat proses berlangsung dilakukan pengamatan terhadap mulur benda uji.



Gambar 2. 3 Prinsip pengujian tarik (*Callister, 2001*)

Berikut merupakan informasi yang dapat diberikan pada pengujian kekuatan tarik spesimen uji dengan memakai standar ASTM (ASTM D638-14, 2016) tipe IV dengan rumus sebagai berikut: (ASM, 2000)

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_o} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$A_o = B \times H \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- σ : Tegangan Tarik (Mpa)
- F_{maks} : Beban Tarik Maksimum (N)
- A_o : Luas Penampang yang diujikan (mm²)
- B : lebar (mm)
- H : Tinggi (mm)

2.8 Metode Faktorial

Metode eksperimen faktorial merupakan suatu metode percobaan yang dikombinasikan antara taraf faktor tertentu dengan semua taraf faktor lain yang digunakan dalam eksperimen tersebut. Kombinasi dilakukan dengan cara perkalian antara taraf faktor satu dengan taraf faktor lainnya, metode faktorial digunakan untuk mengetahui pengaruh tunggal serta faktor gabungan dari masing-masing faktor yang diujikan. Menurut penelitian (Suzen, et al., 2020) jika eksperimen menggunakan dua faktor , yang satu terdiri atas 13 taraf dan yang lainnya terdiri atas 3 taraf, untuk mengetahui jumlah eksperimen maka dapat dikalikan dua faktor tersebut 13×3 , sehingga hasilnya terdapat 39 kombinasi eksperimen dan biasa disebut dengan kombinasi perlakuan yang berbeda-beda.

Metode faktorial bertujuan untuk melihat perubahan nilai variabel respons yang berbeda, dan disebabkan oleh perubahan dari taraf faktor satu dengan taraf faktor lainnya. Metode faktorial sendiri memiliki kelebihan yaitu dapat merangkum beberapa percobaan faktor tunggal, hal tersebut sangat tepat digunakan karena mampu menghemat waktu pengerjaan, tenaga, alat, bahan, serta modal. Selain itu kelebihan lainnya yang ada pada metode faktorial yaitu dapat mengetahui adanya interaksi antar faktor dan pengaruh dari dua faktor atau lebih.

Metode faktorial memiliki kekurangan, salah satunya yaitu jika pada proses penelitian menggunakan banyak faktor, maka kombinasi antar faktor akan meningkat, sehingga ukuran eksperimen percobaan semakin besar, mengakibatkan berkurangnya ketelitian dalam penelitian tersebut. Kemudian perhitungan analisisnya menjadi lebih rumit bila faktor atau taraf ditambahkan, sehingga memerlukan ketelitian yang lebih cermat dan interaksi lebih dari dua faktor agak sulit untuk menginterpretasikannya.

2.9 Dashboard Mobil

Pengaplikasian produk 3D *printing* pada industri otomotif dapat berupa produksi *dashboard* mobil, *dashboard* mobil sendiri ialah bagian depan kabin kendaraan mobil yang memiliki fungsi sebagai tempat panel indikator pada mobil, *dashboard* mobil juga berfungsi sebagai pemisah antara kursi pengemudi dengan bagian depan kabin mobil. Dikarenakan hal tersebut *dashboard* memiliki peran penting sebagai tempat komponen yang saling berkesinambungan satu sama lain.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Sapuan, et al., 2011) *dashboard* mobil memiliki sifat mekanik umum yang baik digunakan, sifat mekanik tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat Mekanik pada Dashboard Mobil

Material Properties	Range of value
Density (Kg/m³)	980-1100
Young's Modulus (GPa)	2-6
Tensile Strength (MPa)	20-30

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (A.Kholil, et al., 2020) berfokus untuk mengetahui pengaruh *layer thickness* dan orientasi pencetakan terhadap uji tarik hasil pencetakan produk 3D *printing* dengan menggunakan material ABS. Peneliti

melakukan variasi terhadap parameter yang digunakan seperti *layer thickness* dengan 3 level yang berbeda yaitu 0.15, 0.25, dan 0.35, orientasi pencetakan Aksial dan Lateral, dalam penelitiannya metode yang digunakan yaitu metode faktorial, faktor yang satu dikalikan dengan faktor yang lainnya sehingga menghasilkan 18 spesimen uji. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa orientasi pencetakan lebih berpengaruh dibandingkan dengan *layer thickness*, spesimen A0.25 dengan orientasi aksial menghasilkan kekuatan tarik sebesar 196.20 Mpa yang menjadikan nilai rata-rata tertinggi.

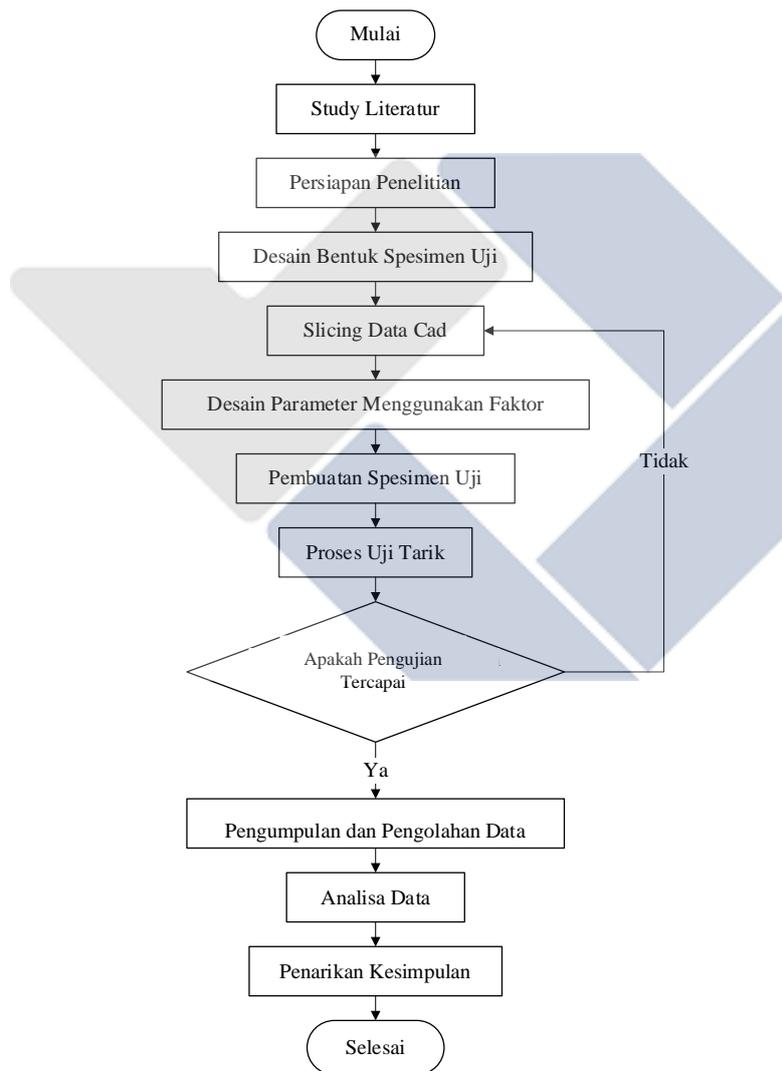
Penelitian yang dilakukan oleh (Widiyanto & Setyani, 2020) berfokus untuk mengetahui pengaruh orientasi pencetakan terhadap uji tarik hasil pencetakan produk *3D printing* dengan menggunakan material ABS. Peneliti melakukan terhadap orientasi pencetakan dengan 3 level sudut yang berbeda yaitu sumbu x (0°), sumbu y (45°) dan sumbu z (90°) pencetakan dilakukan secara horizontal, Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa orientasi pencetakan memiliki pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik yang dihasilkan, sudut 0° dengan nilai kekuatan tarik sebesar 38.505 MPa menjadi kekuatan tarik tertinggi, sedangkan sudut 90° dengan nilai kekuatan tarik sebesar 33.169 menjadi yang terendah.

Penelitian yang dilakukan oleh (Lubis & Susanto, 2016) bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi pencetakan terhadap nilai kekuatan tarik dari hasil pencetakan produk *3D printing* dengan menggunakan material POLYMER PLA dan ABS, di dalam penelitian ini penulis melakukan variasi terhadap orientasi pencetakan yaitu orientasi horizontal dan orientasi vertikal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa orientasi pencetakan yang dilakukan memiliki pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik material, hal ini dibuktikan dengan orientasi horizontal menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan orientasi vertikal, dengan nilai tertinggi sebesar 14.97 N/mm^2 . Filamen PLA memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan filamen ABS dikarenakan suhu pemanasan ABS yang kurang merata.

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Diagram Alir

Tahapan proses yang penulis lakukan pada penelitian ini dapat dilihat melalui diagram alir yang tertera pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Material

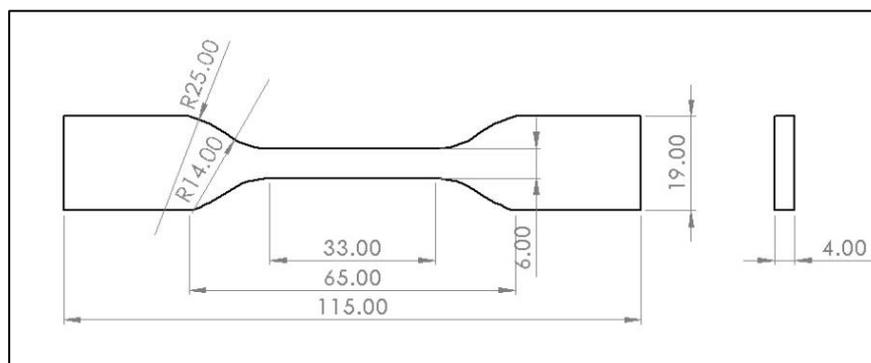
Material yang digunakan untuk membuat spesimen uji pada penelitian ini yaitu filamen jenis *Polylactic Acid PRO* (PLA PRO) yang diproduksi oleh R3D Maker dengan diameter 1.75 mm serta suhu pencetakan berkisar 210°C – 235°C . Gambar filamen ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Filamen PLA PRO

3.3 Desain Spesimen uji tarik

Dalam mendesain bentuk spesimen uji penulis menggunakan *Software* gambar 3D, desain dibuat dengan mengacu pada standar (ASTM D638-14, 2016) tipe IV, kemudian disimpan dalam format STL. Bentuk dari standar ASTM dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 3 Desain berdasarkan standar ASTM D638-14 Type IV

3.4 Mesin 3D Printer

Pada penelitian ini penulis menggunakan mesin 3D *Printer* Anet Et4 untuk mencetak spesimen uji, mesin yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4, dan spesifikasi mesin dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin 3D printing Anet Et4

<i>Printing Spesification</i>	
<i>Filament Diameter</i>	1.75mm
<i>Printing Speed</i>	≤150mm/s
<i>Layer Thickness</i>	0.1-0.3mm
<i>Printing Material</i>	PLA, ABS, HIPS etc.
<i>Printing Precision</i>	±0.1mm
<i>Nozzle Diameter</i>	0.4 mm
<i>Build Volume</i>	220*220*250mm

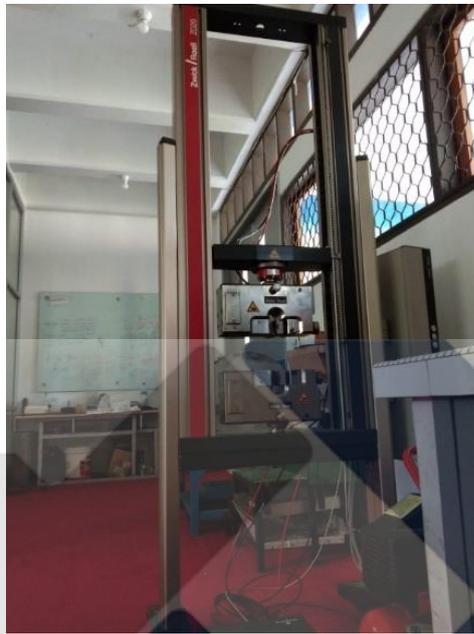


Gambar 3. 4 Mesin 3D Printing Anet Et4

3.5 Mesin Uji Tarik

Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik pada spesimen uji, maka peneliti menggunakan mesin uji tarik merk Zwick Roell Z020 tipe Xforce K. Mesin ini

dapat memberikan beragam informasi, seperti nilai kekuatan tarik dari spesimen uji. Setelah mendapatkan data dari proses pengujian tarik selanjutnya akan di lakukan analisis. Mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Mesin Uji tarik Zwick Roell

3.6 Parameter Proses

Setelah semua proses pada tahap persiapan selesai, dilanjutkan dengan menentukan parameter uji. Dalam pencetakan spesimen uji peneliti melakukan variasi terhadap *nozzle temperature*, variasi tersebut ditentukan berdasarkan rentang suhu yang tertera pada spesifikasi filamen, 3 level suhu tersebut yaitu 210°C, 220°C, 230°C. Sedangkan dalam menentukan *infill pattern* penulis menggunakan *infill pattern* yang terdapat pada *software slicer* PrusaSlicer 2.3 sebanyak 15 tipe, seperti *Rectilinear*, *Octagram Spiral*, *Triangles*, *Stars*, *Aligned rectilinear*, *Concentric*, *Honeycomb*, *Grid*, *Adaptive Cubic*, *Cubic*, *Line*, *Gyroid*, *Hilbert Curve*, *3D Honeycomb*, dan *Archimedean Chords*. Setelah menentukan parameter uji kemudian akan menghasilkan 45 kombinasi untuk dilakukan pengujian.

Dalam menentukan nilai parameter proses seperti orientasi pencetakan, *travel speed*, *layer thickness*, *infill density*, *printing speed* dan *bed temperature*. dengan nilai konstan, ditentukan berdasarkan hasil dari *pra-Eksperimen* yang telah dilakukan oleh penulis dan didukung dengan data yang diperoleh berdasarkan *study* literatur dari para penelitian sebelumnya.

Tabel 3. 2 Varians Level Parameter

Parameter	Varians level
<i>Infill Pattern</i>	<i>Rectilinear, Octagram Spiral, Triangles, Stars, Aligned rectilinear, Concentric, Honeycomb., Grid, Adaptive Cubic, Cubic, Line, Gyroid, Hilbert Curve, 3D Honeycomb, dan Archimedean Chords.</i>
<i>Nozzle temperature</i> (°C)	210°C, 220°C, 230°C
<i>Bed Temperature</i> (°C)	60°C
<i>Layer thickness</i> (mm)	0,2
<i>Travel speed</i> (mm/s)	100
<i>Printing speed</i> (mm/s)	40
<i>Infill Desnsity</i> (mm)	80%
Orientasi sudut pencetakan (°)	0°

3.7 Metode Faktorial

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode faktorial. Sudut orientasi pencetakan, *infill Pattern* dan *nozzle temperature* merupakan parameter yang digunakan pada penelitian ini, proses pengujian dilakukan dengan jumlah varians level secara berurutan sebanyak 15 dan 3. Untuk mencari kombinasi parameter pencetakan spesimen uji maka dilakukan perkalian varians level antar parameter, sehingga didapatlah sebanyak 45 kombinasi parameter proses. Tujuan dilakukan metode ini untuk mengetahui parameter proses mana yang paling mempengaruhi hasil pencetakan produk 3D *printing* sehingga bisa menjadi acuan dalam dunia industri. Kombinasi parameter proses dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3. 3 Kombinasi Parameter Proses

<i>Exp.No</i>	<i>Nozzle temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill density (%)</i>	<i>Infill pattern</i>
1	210	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear
2	210	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear
3	210	0.2	60	100	40	0	80	Grid
4	210	0.2	60	100	40	0	80	Triangles
5	210	0.2	60	100	40	0	80	Stars
6	210	0.2	60	100	40	0	80	Cubic
7	210	0.2	60	100	40	0	80	Line
8	210	0.2	60	100	40	0	80	Concentric
9	210	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb
10	210	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb
11	210	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid
12	210	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve
13	210	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords
14	210	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral
15	210	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic
16	220	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear
17	220	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear
18	220	0.2	60	100	40	0	80	Grid
19	220	0.2	60	100	40	0	80	Triangles
20	220	0.2	60	100	40	0	80	Stars
21	220	0.2	60	100	40	0	80	Cubic
22	220	0.2	60	100	40	0	80	Line
23	220	0.2	60	100	40	0	80	Concentric
24	220	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb
25	220	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb
26	220	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid
27	220	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve
28	220	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords
29	220	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral
30	220	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic
31	230	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear
32	230	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear
33	230	0.2	60	100	40	0	80	Grid
34	230	0.2	60	100	40	0	80	Triangles
35	230	0.2	60	100	40	0	80	Stars
36	230	0.2	60	100	40	0	80	Cubic
37	230	0.2	60	100	40	0	80	Line

<i>Exp.No</i>	<i>Nozzle temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill density (%)</i>	<i>Infill patern</i>
38	230	0.2	60	100	40	0	80	Concentric
39	230	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb
40	230	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb
41	230	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid
42	230	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve
43	230	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords
44	230	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral
45	230	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic

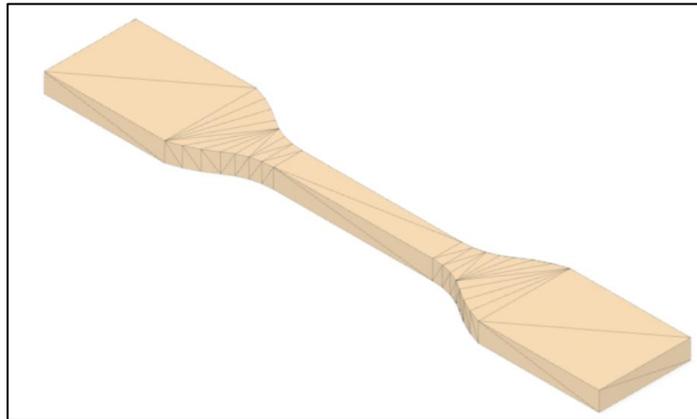
3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Persiapan Awal

Tahapan awal dalam melaksanakan penelitian yaitu melakukan persiapan penelitian, persiapan dilakukan secara berurutan sesuai dengan list yang telah penulis buat, seperti penulis menyiapkan mesin 3D *printing*, filamen PLA PRO, *software* PrusaSlicer 2.3, dan *software* gambar 3D. Persiapan ini dimaksudkan agar proses penelitian berjalan sesuai dengan rencana serta sesuai dengan target yang telah ditetapkan.

3.8.2 Pembuatan Model Spesimen Uji

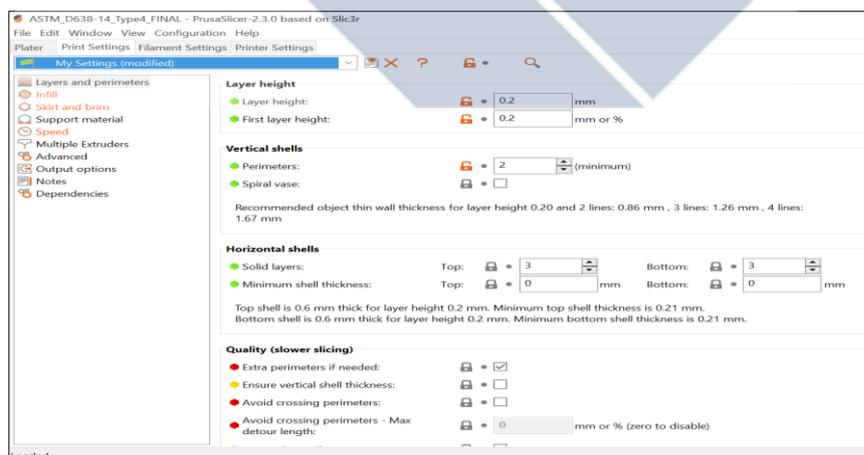
Proses pembuatan model spesimen uji menggunakan aplikasi gambar 3D. Dalam proses desain penulis menggunakan standar ASTM D638 tipe IV yang telah ditetapkan pada penelitian ini, dengan ukuran panjang spesimen 115 mm, lebar 19 mm, dan tinggi 4 mm.



Gambar 3. 6 Spesimen cetak menggunakan software Fusion 360

3.8.3 Proses Slicing File

Sebelum masuk pada tahap pencetakan, desain model 3D dalam format STL kemudian di proses pada *Software Slicer* (PrusaSlicer 2.3). Tujuannya Untuk Mendapatkan bahasa pemrograman G-code, untuk diolah dan diatur agar sesuai dengan parameter uji yang telah ditetapkan, serta untuk mengetahui estimasi waktu pencetakan. Hasil dari proses *slicing* akan berbentuk *G-code* yang berfungsi sebagai perintah untuk menjalankan pencetakan model 3D.



Gambar 3. 7 Proses Pengaturan Parameter Uji pada *Software Slicing* (PrusaSlicer 2.3)

3.8.4 Proses Pencetakan Spesimen Uji

Proses pencetakan spesimen uji dilakukan secara *additive* dengan membaca *G-code* hasil dari proses *slicing*, dari awal bahan sampai berbentuk model 3D yang dapat dipegang, dilihat dan bervolume. Prosedur pencetakan spesimen uji dengan mesin 3D *printer* (mesin sudah dalam keadaan terkalibrasi) adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan filamen PLA PRO dari R3D *Maker* yang digunakan dalam penelitian. Kemudian memasang filamen pada mesin 3D *printer*.
- b. Hubungkan atau masukan *MicroSD* yang berisikan *G-code* dan nyalakan mesin dengan menekan tombol *power*, kemudian tunggu hingga mesin menyala.
- c. Setelah mesin menyala tekan *prepare* pada bagian *screen*, kemudian untuk memasukan filamen ke mesin pilih Ch-fl selanjutnya tekan *load*, pilih kecepatan sesuai kebutuhan, atur *nozzle temperature* (suhu pada *nozzle temperatur* terdapat pada spesifikasi filamen), setelah itu tunggu sampai filamen keluar dari *nozzle*, jika merasa sudah cukup akan tetapi filamen masih terus keluar maka tekan *stop*. Kemudian bersihkan bekas filamen yang keluar.
- d. kembali ke menu awal kemudian pilih *print*, setelah itu cari *G-code* atau *file* yang ingin di cetak.
- e. Proses pencetakan diawali dengan mesin akan kembali ke titik 0 terlebih dahulu dan melakukan pemanasan *nozzle* dan *bed* sampai ke suhu yang telah ditetapkan, kemudian secara otomatis sebelum mesin melakukan pencetakan spesimen, informasi pencetakan seperti *nozzle temperature*, *bed temperature*, estimasi pencetakan dan persentase proses pencetakan dapat dilihat pada layar yang terdapat pada mesin.
- f. setelah proses pencetakan spesimen uji selesai kemudian angkat *magnetic bed* dan tunggu hingga suhu pada *magnetic bed* dirasa sudah dingin sebelum dilakukan pengangkatan spesimen. Kemudian tahap selanjutnya proses *finishing* atau proses pembersihan spesimen dari *brim width* yang menempel atau material lain yang masih tersisa.
- g. Lakukan penandaan pada seluruh spesimen uji menggunakan spidol sesuai dengan urutan yang tertera pada tabel kombinasi parameter.
- h. Ulangi proses tersebut hingga seluruh spesimen uji selesai dicetak.

3.8.5 Uji Tarik

Setelah proses pencetakan spesimen uji selesai, selanjutnya dilakukan proses pengujian tarik. Proses ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai kekuatan spesimen uji tarik, yang pada penelitian ini menggunakan material filamen PLA PRO. Adapun prosedur yang terdapat pada proses uji tarik:

- a. Hidupkanlah mesin uji tarik dan komputer yang digunakan untuk operasional mesin.
- b. Bukalah *software* Zwick *Test Expert* program pada komputer.
- c. Memasang dan mengatur titik nol pada benda uji dalam cekam mesin uji, sesuai dengan tanda yang telah ditentukan dengan menekan *UP* untuk menaikkan atau *DOWN* untuk menurunkan cekam.
- d. Mengisi data material pada *Method Window*:
 - *Sample*, untuk data material meliputi: *shape*, *Gauge*, *Grip*, *Lengt*.
 - *Prepare Test*, untuk menentukan mode pengujian
- e. Bukalah *Report Screen* untuk membuat *display* pengujian yang di dalamnya terdapat: *test no*, *test date* dan nama material.
- f. Melakukan pengujian dengan menekan tombol *TEST* pada *tool box*.
- g. Melepaskan material dari cekam pada mesin uji.
- h. Lakukanlah pengujian berulang sampai semua spesimen telah di uji

BAB IV

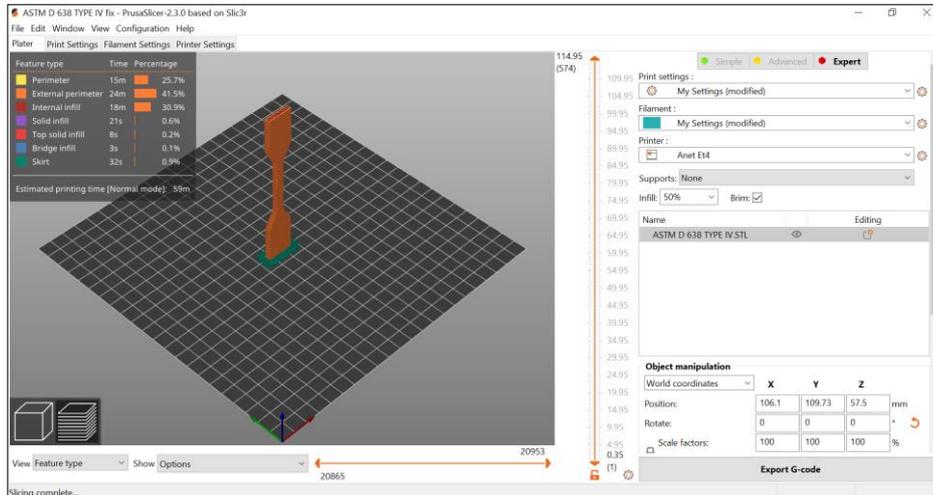
PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Proses uji tarik yang dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui nilai kekuatan tarik spesimen yang diperoleh dari hasil pencetakan produk 3D menggunakan mesin 3D *printer* Anet Et4, dengan filamen PLA PRO diproduksi oleh R3D MAKER. Proses uji tarik menggunakan mesin Zwick Roell Z020 tipe Xforce K. Kemudian data yang dihasilkan pada proses uji tarik akan dilakukan analisa dan pengolahan data yang nantinya akan diperoleh sebuah kesimpulan mengenai parameter proses yang ideal dalam menghasilkan kekuatan tarik yang diharapkan.

4.2 Proses Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data terdapat beberapa langkah seperti diawali dengan menentukan menentukan parameter proses yang digunakan, melalui studi literatur dan proses percobaan awal eksperimen, kemudian proses pembuatan model spesimen dilakukan dengan bantuan *software* gambar 3D dengan acuan ASTM D638-14 Tipe 4 sebagai dasarnya, file gambar disimpan dalam format STL (*.stl), selanjutnya masuk ke tahap *slicing*, dalam penelitian ini menggunakan PrusaSlicer 2.3 yang berfungsi untuk menghasilkan bahasa pemrograman atau *G-code*. Proses slicing dapat dilihat pada gambar 4.1.

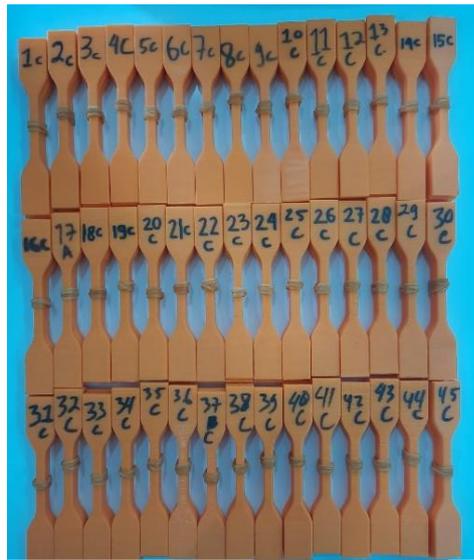


Gambar 4. 1 Proses Slicing

Selanjutnya tahap persiapan pencetakan seperti memasang filamen, melakukan proses kalibrasi mesin 3D *printer* untuk menghindari kemiringan pada *bed*, memasukan *MicroSD* yang berisi *G-Code* ke dalam mesin, serta melakukan pengaturan terhadap *nozzle temperature* dan *bed temperature*. Setelah proses persiapan penelitian selesai dilanjutkan dengan melakukan pencetakan spesimen uji sebanyak 45 spesimen dengan 3 replikasi sesuai dengan kombinasi parameter pencetakan yang telah ditentukan. Proses pencetakan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 4.2, Hasil seluruh pencetakan dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Proses pencetakan Spesimen Uji

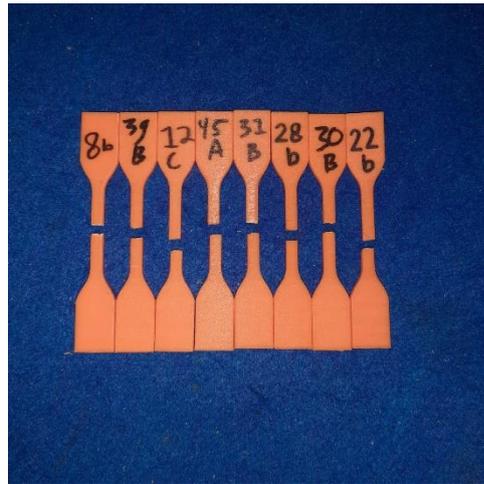


Gambar 4. 3 Hasil Pencetakan Spesimen Uji

Setelah proses pencetakan spesimen uji selesai dilaksanakan, kemudian dilakukan proses pengujian tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik pada spesimen uji. Pada penelitian ini pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik merek Zwick Roell Z020 type Xforce K. Proses pengujian dapat dilihat pada gambar 4.4. Hasil spesimen setelah di uji terdapat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Proses Pengujian Tarik



Gambar 4. 5 Spesimen Setelah Uji Tarik

4.3 Hasil Pengujian Tarik

Setelah dilaksanakannya proses perlakuan uji tarik menggunakan mesin Zwick Roell Z020 tipe Xforce K pada spesimen uji berstandar (ASTM D638-14, 2016) berbahan material PLA PRO, maka didapatkan hasil yang bervariasi pada setiap spesimen dengan parameter proses seperti *nozzle temperature*, 15 tipe *infill pattern* serta sudut orientasi pencetakan. Hasil nilai kekuatan tarik dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tarik

Exp.No	Nozzle temperature (°C)	Layer thickness (mm)	Bed temperature (°C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Orientasi vertikal (°)	Infill density (%)	Infill pattern	Hasil pengujian ke-			
									1	2	3	Rata-rata
1	210	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear	24.2	23.6	24.8	24.2
2	210	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear	29.8	30.5	30.8	30.4
3	210	0.2	60	100	40	0	80	Grid	26.2	27.8	26.1	26.7
4	210	0.2	60	100	40	0	80	Triangles	25.2	27.4	28.8	26.7
5	210	0.2	60	100	40	0	80	Stars	24.7	28.8	29.8	27.8
6	210	0.2	60	100	40	0	80	Cubic	20.8	21.6	19.4	20.6
7	210	0.2	60	100	40	0	80	Line	27.0	29.9	29.3	28.7

Exp.No	Nozzle temperature (°C)	Layer thickness (mm)	Bed temperature (°C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Orientasi vertikal (°)	Infill density (%)	Infill pattern	Hasil pengujian ke-			
									1	2	3	Rata-rata
8	210	0.2	60	100	40	0	80	Concentric	20.8	19.1	19.7	19.8
9	210	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb	27.1	28.8	25.5	27.1
10	210	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb	44.2	42.7	44.8	43.9
11	210	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid	24.4	25.0	24.8	24.7
12	210	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve	16.3	18.3	17.8	17.5
13	210	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords	16.	16.7	16.4	16.5
14	210	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral	21.0	21.4	19.6	20.7
15	210	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic	20.3	20.9	21.1	27.2
16	220	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear	26.8	27.9	26.9	27.2
17	220	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear	26.3	27.3	27.5	27.0
18	220	0.2	60	100	40	0	80	Grid	29.8	29.7	29.5	29.8
19	220	0.2	60	100	40	0	80	Triangles	26.2	28.9	26.8	27.3
20	220	0.2	60	100	40	0	80	Stars	28.7	30.0	28.7	29.1
21	220	0.2	60	100	40	0	80	Cubic	24.3	26.1	25.5	25.3
22	220	0.2	60	100	40	0	80	Line	30.5	32.0	29.6	30.7
23	220	0.2	60	100	40	0	80	Concentric	22.7	20.0	24.4	22.4
24	220	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb	30.6	32.2	32.5	31.8
25	220	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb	38.1	42.0	40.2	40.1
26	220	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid	24.1	23.7	25.5	24.4
27	220	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve	18.7	18.4	16.0	17.7
28	220	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords	14.8	14.1	15.3	14.7
29	220	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral	17.9	19.5	20.0	19.1
30	220	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic	21.8	21.7	21.4	21.6
31	230	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear	27.9	27.0	27.1	27.3

Exp.No	Nozzle temperature (°C)	Layer thickness (mm)	Bed temperature (°C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Orientasi vertikal (°)	Infill density (%)	Infill pattern	Hasil pengujian ke-			
									1	2	3	Rata-rata
32	230	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear	27.4	28.6	28.2	28.1
33	230	0.2	60	100	40	0	80	Grid	29.0	28.7	28.1	28.6
34	230	0.2	60	100	40	0	80	Triangles	24.2	26.3	26.6	25.7
35	230	0.2	60	100	40	0	80	Stars	27.5	29.8	29.6	29.0
36	230	0.2	60	100	40	0	80	Cubic	22.5	24.1	24.8	23.8
37	230	0.2	60	100	40	0	80	Line	32.7	30.9	26.7	30.1
38	230	0.2	60	100	40	0	80	Concentric	25.0	25.7	23.3	24.7
39	230	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb	28.8	29.6	28.9	29.1
40	230	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb	39.7	41.5	39.6	40.3
41	230	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid	21.1	26.2	22.8	23.4
42	230	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve	17.5	16.9	17.1	16.1
43	230	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords	15.7	16.6	16.7	16.3
44	230	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral	18.5	18.4	18.1	18.3
45	230	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic	18.9	22.9	23.3	21.7

4.4 Perhitungan Manual Uji Tarik

Proses penghitungan manual bertujuan untuk membandingkan dengan hasil yang diperoleh dari mesin uji tarik, rumus yang digunakan dalam penghitungan manual ialah:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$A_0 = B \times H \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan:

- σ : Tegangan Tarik (Mpa)
 F_{maks} : Beban Tarik Maksimum (N)
 A_o : Luas Penampang yang diujikan (mm^2)
B : lebar (mm)
H : Tinggi (mm)

Untuk menentukan luas penampang, memerlukan informasi mengenai lebar dan tinggi spesimen, dimana penelitian ini menggunakan standar ASTM D638-14 Type 4 dengan nilai B dan H sebesar 4 mm dan 6 mm.

Sehingga luas penampang (A_o) yang diujikan sebesar:

$$A_o = B \times H \dots\dots\dots (4.3)$$

$$A_o = 4 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} = 24 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (4.4)$$

Perhitungan ini dilakukan sebagai contoh untuk mengetahui perbandingan hasil menggunakan mesin dan perhitungan manual, data yang digunakan ialah eksperimen no. 10 pengujian ke 1, beban tarik maksimum sebesar 1074,95 N. Kemudian dilakukan perhitungan manual sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_o} \dots\dots\dots (4.4)$$

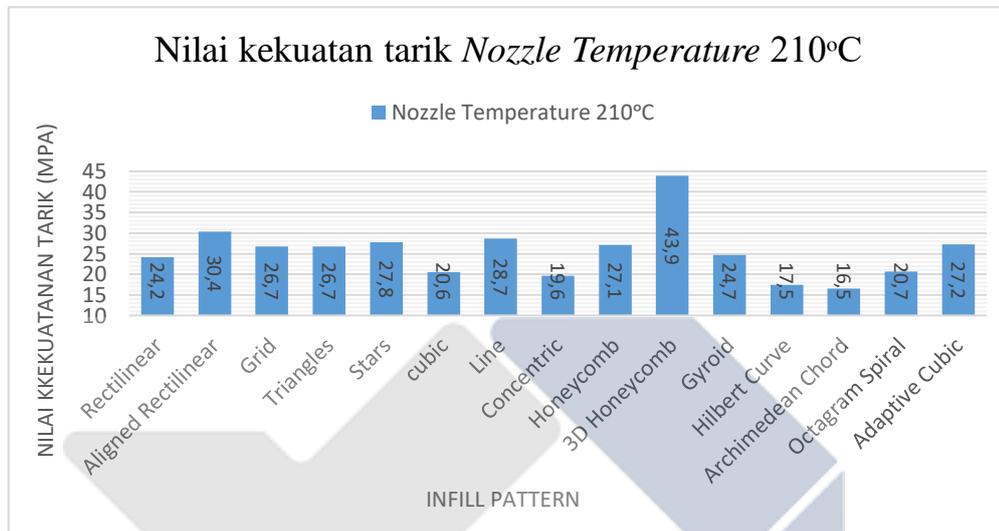
$$\sigma = \frac{1074,95 \text{ N}}{24 \text{ mm}^2} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\sigma = 44,15 \text{ MPa} = 44,1 \text{ MPa} \dots\dots\dots (4.6)$$

Berdasarkan perhitungan secara manual diatas menunjukkan bahwa data eksperimen no.10 nilai kekuatan tariknya sama dengan hasil yang diperoleh menggunakan mesin uji tarik.

4.5 Analisa Hasil Uji Tarik

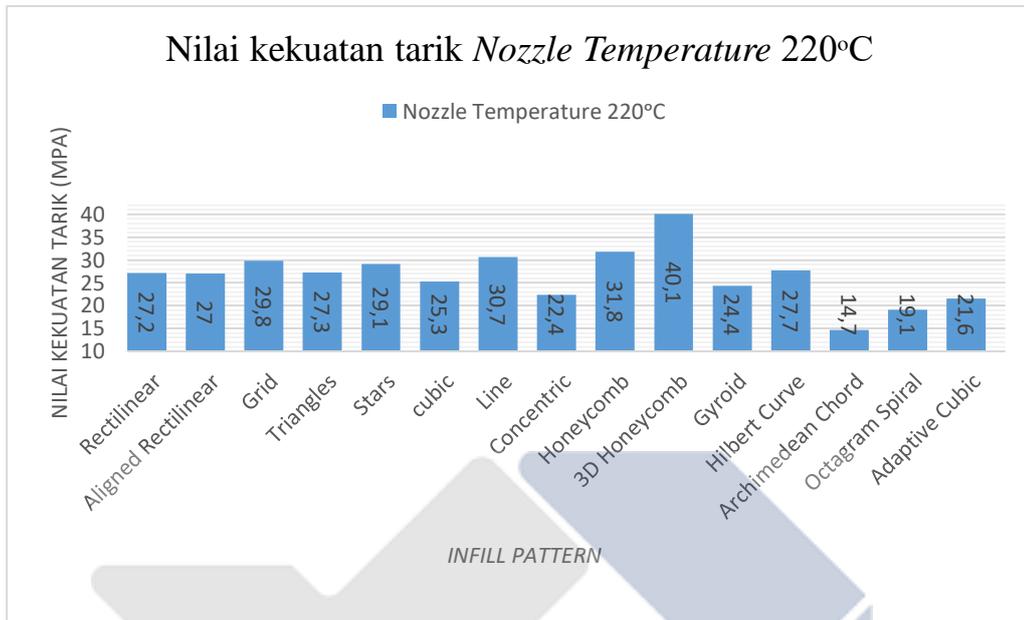
4.5.1 Analisa Parameter Proses *Nozzle Temperature* 210°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 *Infill Pattern*



Gambar 4. 6 Hasil Kekuatan Tarik *Nozzle temperature* 210°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 *Infill Pattern*

Hasil yang diperoleh dari pengujian kekuatan tarik spesimen uji yang dicetak secara vertikal dengan sudut 0°, menggunakan parameter proses *nozzle temperature* 210°C, serta 15 *infill pattern*, menunjukkan adanya perbedaan dari setiap hasil pengujian kekuatan tarik spesimen, perbedaan terdapat pada data kekuatan tarik tertinggi dan terendah, didapatkanlah nilai kekuatan tarik tertinggi pada *infill pattern* 3d *honeycomb*, dengan nilai kekuatan tarik 43,9 MPa, dan nilai kekuatan tarik terendah pada *infill pattern* *archimedean chords* dengan nilai kekuatan tarik 16,5 MPa. Perbedaan dari setiap spesimen uji pada analisa ini dapat dilihat dalam grafik yang terdapat pada gambar 4.6.

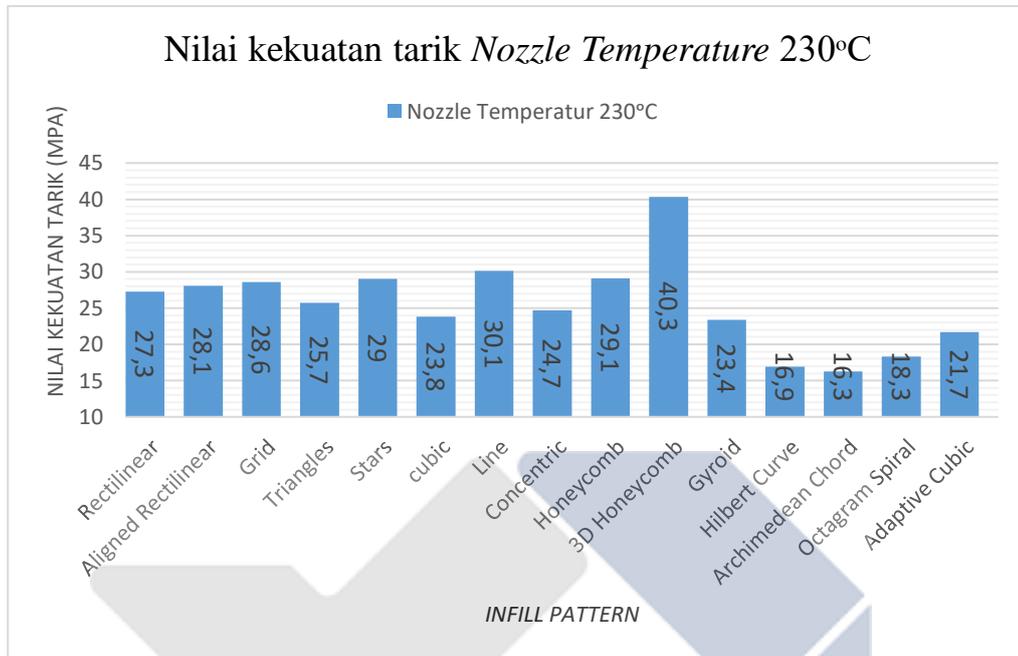
4.5.2 Analisa Parameter Proses *Nozzle Temperature* 220°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 *Infill Pattern*



Gambar 4. 7 Hasil Kekuatan Tarik *Nozzle temperature* 220°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 *Infill Pattern*

Hasil yang diperoleh dari pengujian kekuatan tarik spesimen uji yang dicetak secara vertikal dengan sudut 0°, menggunakan parameter proses *nozzle temperature* 220°C, serta 15 *infill pattern*, menunjukkan adanya perbedaan dari setiap hasil pengujian kekuatan tarik spesimen, perbedaan terdapat pada data kekuatan tarik tertinggi dan terendah, didapatkanlah nilai kekuatan tarik tertinggi pada *infill pattern* 3D *honeycomb*, dengan nilai kekuatan tarik 40,1 MPa, dan nilai kekuatan tarik terendah pada *infill pattern* *archimedean chords* dengan nilai kekuatan tarik 14,7 MPa. Perbedaan dari setiap spesimen uji pada analisa ini dapat dilihat dalam grafik yang terdapat pada gambar 4.7.

4.5.3 Analisa Parameter Proses *Nozzle temperature* 230°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 *Infill Pattern*

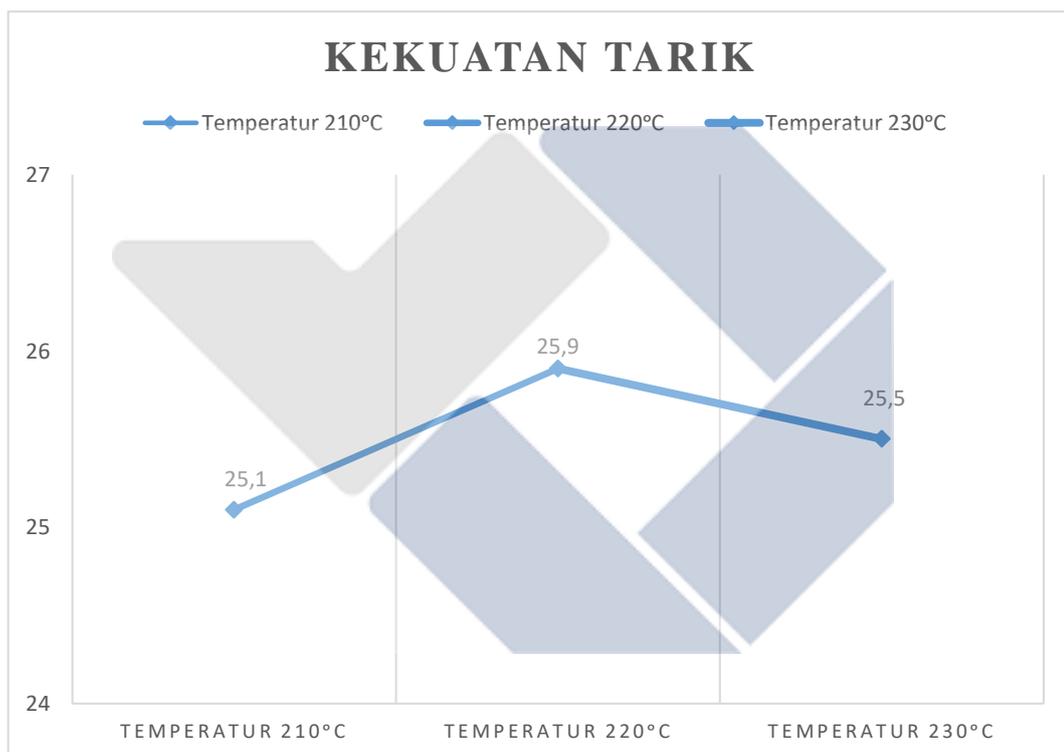


Gambar 4. 8 Hasil Kekuatan Tarik *Nozzle temperature* 230°C, Orientasi Pencetakan 0° dan 15 *Infill Pattern*

Hasil yang diperoleh dari pengujian kekuatan tarik spesimen uji yang dicetak secara vertikal dengan sudut 0°, menggunakan parameter proses *nozzle temperature* 230°C, serta 15 *infill pattern*, menunjukkan adanya perbedaan dari setiap hasil pengujian kekuatan tarik spesimen, perbedaan terdapat pada data kekuatan tarik tertinggi dan terendah, didapatkanlah nilai kekuatan tarik tertinggi pada *infill pattern* 3d *honeycomb*, dengan nilai kekuatan tarik 40,3 MPa, dan nilai kekuatan tarik terendah pada *infill pattern* *archimedean chords* dengan nilai kekuatan tarik 16.3 MPa. Perbedaan dari setiap spesimen uji pada analisa ini dapat dilihat dalam grafik yang terdapat pada gambar 4.8.

4.5.4 Analisa Rata-rata Kekuatan Tarik berdasarkan Suhu Pencetakan

Grafik yang terdapat pada gambar 4.9 digunakan untuk mengetahui jika *nozzle temperature* memiliki pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik pada tiap spesimen uji yang dicetak melalui mesin 3D *printer*, pencetakan spesimen dilakukan secara vertikal dengan sudut 0° menggunakan filamen PLA PRO, data yang diperoleh kemudian diolah dan dirata-ratakan sesuai dengan level *nozzle temperature* yang digunakan.



Gambar 4. 9 Grafik Rata-rata kekuatan tarik berdasarkan *Nozzle temperature* (210°C, 220°C, dan 230°C)

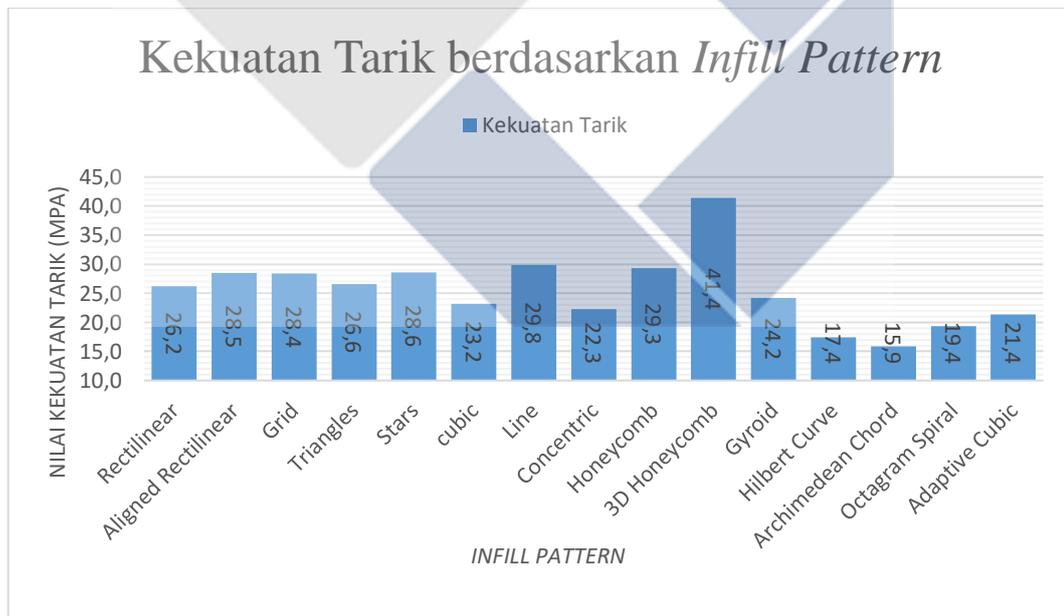
Berdasarkan data yang tertera pada grafik tersebut menunjukkan bahwa level *nozzle temperature* memiliki pengaruh terhadap setiap nilai kekuatan tarik pada spesimen uji, grafik menunjukkan bahwa pada dasarnya semakin tinggi suhu yang digunakan maka nilai kekuatan tarik akan meningkat.

Grafik menyatakan bahwa setiap level *nozzle temperature* berada pada rata-rata yang sama yaitu di sekitaran nilai 25 MPa, hal tersebut dapat dilihat pada suhu

210°C rata-ratanya sebesar 25,1 MPa, kemudian pada suhu 220°C meningkat 0,08 menjadi 25,9 MPa dan pada suhu 230°C terjadi penurunan sebesar 0,04 MPa. Namun pada kasus ini dapat ditarik kesimpulan bahwa *nozzle temperatur* 220°C menjadi level yang menghasilkan nilai rata-rata kekuatan tarik spesimen uji tertinggi dengan nilai 25,9 Mpa dan temperatur 210°C menjadi nilai rata-rata kekuatan tarik terendah dengan nilai 25,1 Mpa.

4.5.5 Analisa Rata-rata Kekuatan tarik berdasarkan *Infill Pattern*

Data nilai kekuatan tarik di olah dengan cara di rata-ratakan berdasarkan *infill pattern* yang digunakan kemudian analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *infill pattern* terhadap nilai kekuatan tarik spesimen uji yang dicetak melalui mesin 3D *printing*, pencetakan spesimen dilakukan secara vertikal dengan sudut 0° menggunakan filamen PLA PRO. Grafik pada gambar 4.10 menunjukkan rata-rata dari 15 *infill pattern* terhadap nilai kekuatan tarik.



Gambar 4. 10 Grafik Berdasarkan *Infill Pattern*

Berdasarkan grafik data diatas menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan tarik dari setiap spesimen uji, nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi ditunjukkan pada *infill pattern 3D Honeycomb* sebesar 41,4 MPa dan rata-rata nilai kekuatan tarik

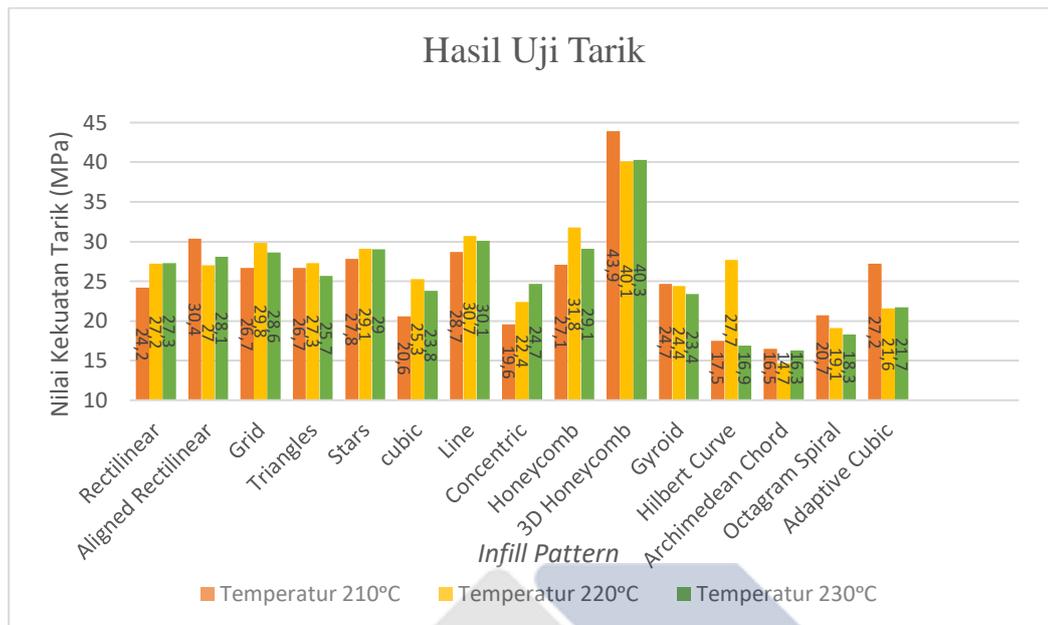
terendah ditunjukkan pada *infill pattern archimedean chord* sebesar 15,9 Mpa, dari perbedaan nilai dari kedua *infill pattern* tersebut memiliki selisih sebesar 25,5 MPa.

Sehingga berdasarkan analisa diatas, *infill pattern* yang menjadi parameter dalam proses pencetakan mempengaruhi nilai kekuatan tarik pada tiap spesimen uji.

4.5.6 Analisa Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Secara keseluruhan data yang diperoleh dari hasil pengujian kekuatan tarik yang menggunakan parameter konstan *printing speed* 40 mm/s, *bed temperature* 60°C, *layer thickness* 0.2 mm, *infill density* 80%, *travel speed* 100 mm/s dan parameter bebas yang digunakan yaitu sudut orientasi pencetakan 0°, *nozzle temperature* (210°C, 220°C, dan 230°C) serta 15 *infill pattern*.

Berdasarkan data hasil pengujian tarik pada penelitian ini menggunakan parameter (sudut, orientasi, *nozzle temperature*, dan *infill pattern*) memiliki pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik, sehingga menunjukkan perbedaan pada setiap nilai kekuatan tarik spesimen uji, perbedaan tersebut dapat dilihat pada grafik 4.11 yang menunjukkan nilai kekuatan tarik spesimen tertinggi dan terendah, nilai tertinggi diperoleh berdasarkan eksperimen nomor 10 dengan *infill pattern* 3D *honeycomb*, *nozzle temperature* 210°C, orientasi vertikal sudut 0° dengan nilai kekuatan tarik sebesar 43,9 MPa. Sedangkan nilai terendah diperoleh berdasarkan eksperimen nomor 28 dengan *infill pattern archimedean chord*, *nozzle temperature* 220°C, orientasi vertikal sudut 0° dengan nilai kekuatan tarik sebesar 14,7 MPa.



Gambar 4. 11 Grafik Hasil kekuatan Tarik

Berdasarkan data yang tertera pada grafik pada gambar 4.11, menunjukkan pada dasarnya level dari *nozzle temperature* memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai kekuatan tarik tiap spesimen uji. pengaruh tersebut dapat dilihat pada spesimen dengan *infill pattern rectilinear* dan *concentric* menunjukkan semakin besar *nozzle temperature* yang digunakan maka nilai kekuatan tarik akan meningkat, sedangkan untuk *infill pattern gyroid* dan *octagram spiral* menunjukkan jika semakin tinggi suhu yang digunakan maka nilai kekuatan tarik akan menurun.

Perbedaan yang lainnya dapat dilihat berdasarkan level *nozzle temperature* 210°C yang menunjukkan nilai kekuatan tarik *infill pattern aligned rectilinear*, *3D honeycomb*, *archimedean chord*, *octagram spiral* dan *adaptive cubic* menjadi yang tertinggi pada suhu tersebut dibandingkan dengan suhu lainnya, kemudian pada level *nozzle temperature* 220°C menunjukkan nilai kekuatan tarik *infill pattern honeycomb*, *gyroid*, *grid*, *cubic*, *triangles*, *hilbert curve*, *line*, dan *stars* menjadi yang tertinggi pada suhu tersebut, sedangkan pada level *nozzle temperature* 230°C menunjukkan nilai kekuatan tarik *infill pattern rectilinear* dan *concentric* menjadi yang tertinggi dibandingkan dengan suhu lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan hasil dari pengolahan data pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa *infill pattern* dan *nozzle temperature* mempengaruhi nilai kekuatan tarik produk 3D *printing* yang dicetak pada orientasi vertikal dengan sudut 0° menggunakan filamen PLA PRO dengan nilai kekuatan tarik tertinggi menggunakan *infill pattern 3D honeycomb* dan *nozzle temperature* 210°C sebesar 43,9 MPa, Sedangkan kekuatan tarik terendah menggunakan *infill pattern archimedean chord*, dan *nozzle temperature* 220°C sebesar 14,7 MPa.

Nilai kekuatan tarik yang berbeda pada penelitian ini selain dipengaruhi oleh *nozzle temperature* disebabkan juga oleh sambungan antar filamen yang dicetak menggunakan *infill pattern* yang berbeda. Spesimen uji dengan *infill pattern 3D honeycomb* memiliki bentuk seperti sarang lebah sehingga kondisi *infill* yang rapat memenuhi bagian inti *infill*, kemudian menyebabkan rongga yang terbentuk pada bagian inti *infill pattern* sangat kecil, hal tersebut yang membuat *infill pattern 3D honeycomb* menjadi yang tertinggi pada penelitian ini. Sedangkan *infill pattern archimedean chord* memiliki bentuk melingkar dari bagian luar ke bagian dalam, kemudian spesimen dicetak pada orientasi vertikal menyebabkan pada proses pencetakan *infill* tersebut dilakukan pada ruang yang sempit, mengakibatkan susah nya *infill* tersebut terbentuk sehingga terdapat rongga pada bagian tengah, hal tersebut yang menyebabkan *infill pattern archimedean chord* menjadi yang terendah pada penelitian ini.

Merujuk pada Tabel 2.1 merekomendasikan beberapa *infill pattern* serta *nozzle temperature* yang memenuhi standar nilai kekuatan tarik yang digunakan dalam pembuatan *dashboard* mobil, sehingga disimpulkan bahwa filamen PLA PRO dapat digunakan untuk memproduksi *dashboard* mobil jika menggunakan parameter proses yang dilakukan pada penelitian ini.

5.2 SARAN

Saran yang bisa penulis sampaikan setelah melaksanakan penelitian ini yaitu:

- a. Masih banyak parameter proses yang dapat diteliti terhadap filamen PLA PRO
- b. Maksimalkan pengembangan terhadap level parameter yang dilakukan dalam penelitian
- c. Maksimalkan metode lainnya untuk pengembangan dalam penelitian



DAFTAR PUSTAKA

Sapuan, S. M. et al., 2011. Prototype expert system for material selection of polymeric composite automotive dashboard. *International Journal of the Physical Sciences*, Volume Vol. 6(25), pp. 5989-5995.

A.Kholil, F.Aufi & E.A.Syaefudin, 2020. *Pengaruh Layer Thickness Dan Orientasi 3d Printing Terhadap Uji Tarik Material Abs. S.L., Nciet Polines.*

Ashley, S., 1991. Mechanical Engineer-Ing. *Rapid Prototyping Systems*, Pp. Vol. 113, No. 4, P. 34,.

Asm, 2000. *Mechanical Testing And Evaluation*. 8 Ed. S.L.:Asm Handbook. Penyunt. S.L.:S.N.

Budiman, W., Anggono, J. & Tanoto, Y., 2016. Pengaruh Orientas Obyek Hasil Fused Deposition Modeling Pada Waktu Proses. *Jurnal Teknik Mesin*.

C. K. Chua, Et Al., 1998. Internationaljournal Of Advanced Manufacturing Technology. *Rapid Prototyping Assisted Surgery Planning*, Pp. Vol. 14, No. 9,Pp. 624–630,.

Callister, 2001. *Fundamental Of Science And Engineering*. P. 5 Ed.

D638-14, A., 2016. ASTM International, 82(C). *Standard Practice For Preparation Of Metallographic Specimens.*, Pp. 1–15. <https://doi.org/10.1520/D0638-14.1>.

Grabowik, C. K. K. C. G. P. I. & K. P., 2017. Tensile Tests Of Specimens Made Of Selected Group Of The Filament Materials Manufactured With Fdm Method. Pp. 1-6.

Horvath, J., 2014. *Mastering 3d Printing*. California: Heinz Weinheimer.

Koesnandar, 2004. *Penelitian Dan Pengembangan Asam Laktat*, Jakarta: Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.

Lubis, S. & Susanto, D., 2016. Pengaruh Posisi Orientasi Objek Pada Proses Rapid Prototyping 3d Printing Terhadap Kekuatan Tarik Material Polymer. Volume Vol 20 No.3, Pp. 229-238.

Mohamed, O. A., Masood, S. H. & Bhowmik, J. L. .., 2015. *Advances In Manufacturing.*, *Optimization Of Fused Deposition Modeling Process Parameters: A Review Of Current Research And Future Prospects*, Pp. 3(1), 42-53..

Nugroho, A., Mahardika, A. & Budiyanoro, C., 2019. Jemmme (Journal Of Energy, Mechanical, Material, And Manufacturing Engineering). *Improving The*

Tensile Properties Of 3d Printed Pla By Optimizing The Processing Parameter., Pp. 4(1), 29–36..

Riza, E. I., Budiyanoro, C. & Nugroho, A. W., 2020. Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3d Printing Material Petg Dengan Optimasi Parameter Proses.

Sumantri, D., 2012. Peningkatan Kerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling.

Suzen, Z. S., Hasdiansah & Yuliyanto, 2020. Mesin, T., Manufaktur, P., & Bangka. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3d Printing Filamen Pla + Esun, 12(02).*

Widiyanto, W. & Setyani, T. I., 2020. Pengaruh Arah Pencetakan 3d Printing Tipe Fdm Bahan Polymer Abs Terhadap *Tensile Strength* Produk Yang Dihasilkan. Volume 21 No.1 .

Yao, T., Deng, Z., Zhang, K. & Li, S., 2019. *Composites Part B: Engineering. A Method To Predict The Ultimate Tensile Strength Of 3d Printing Polylactic Acid (Pla) Materials With Different Printing Orientations*, Pp. 163(January), 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.01.025>.

Yuan, L., 2008. *A Preliminary Research On Development Of A Fiber-Composite, Curved Fdm System.*

Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Riskullah Dirga Trisaplin
Tempat & tanggal lahir : Sungailiat, 17 Agustus 2000
Alamat Rumah : Jl. Belimbing blok 2a no.1 RSS
Pemda, Sungailiat, Bangka
Telp: 0813 7782 8087
HP: 0813 7782 8087
Email: riskullah.dirga@yahoo.com
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : ISLAM



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 15 Sungailiat Tahun 2006-2012
SMP Negeri 2 Sungailiat Tahun 2012-2015
SMA Negeri 1 Sungailiat Tahun 2015-2018

Sungailiat, 26 Desember 2021

Riskullah Dirga Trisaplin

Lampiran 2

Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekuatan Tarik pada *Nozzle Temperature*

1. *Nozzle Temperature 210°C*

$$\bar{x}_a = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{infill\ pattern}}$$

$$\bar{x}_a = \frac{24,2 + 30,4 + 26,7 + 26,7 + 27,8 + 20,6 + 28,7 + 19,6 + 27,1 + 43,9 + 24,7 + 17,5 + 16,5 + 20,7 + 20,8}{15}$$

$$\bar{x}_a = 25,1\ MPa$$

2. *Nozzle Temperature 220°C*

$$\bar{x}_b = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{infill\ pattern}}$$

$$\bar{x}_b = \frac{27,2 + 27,0 + 29,8 + 27,3 + 29,1 + 25,3 + 30,7 + 22,4 + 31,8 + 30,1 + 24,4 + 17,7 + 14,7 + 19,1 + 21,6}{15}$$

$$\bar{x}_b = 25,9\ MPa$$

3. *Nozzle Temperature 230°C*

$$\bar{x}_c = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{infill\ pattern}}$$

$$\bar{x}_c = \frac{27,1 + 27,0 + 29,8 + 27,3 + 29,1 + 25,3 + 30,7 + 22,4 + 31,8 + 30,1 + 24,4 + 17,7 + 14,7 + 19,1 + 21,6}{15}$$

$$\bar{x}_c = 25,5\ MPa$$

Lampiran 3

Perhitungan Rata-Rata Nilai Kekuatan Tarik pada 15 Infill Pattern

1. Rectilinear

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{24,2 + 27,2 + 27,3}{3} = 26,2 \text{ MPa}$$

2. Aligned Rectilinear

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{30,4 + 27,0 + 28,1}{3} = 28,5 \text{ MPa}$$

3. Grid

$$\bar{x}_3 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{26,7 + 29,8 + 28,6}{3} = 28,4 \text{ MPa}$$

4. Triangles

$$\bar{x}_4 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{26,7 + 27,3 + 25,7}{3} = 26,6 \text{ MPa}$$

5. Stars

$$\bar{x}_5 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{27,8 + 29,1 + 29,0}{3} = 28,6 \text{ MPa}$$

6. Cubic

$$\bar{x}_6 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{20,6 + 25,3 + 23,8}{3} = 23,2 \text{ MPa}$$

7. Line

$$\bar{x}_7 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{28,7 + 30,7 + 30,1}{3} = 29,8 \text{ MPa}$$

8. Concentric

$$\bar{x}_8 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{19,8 + 22,4 + 24,7}{3} = 22,3 \text{ MPa}$$

9. Honeycomb

$$\bar{x}_9 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{27,1 + 31,8 + 29,1}{3} = 29,3 \text{ MPa}$$

10. 3D Honeycomb

$$\bar{x}_{10} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{43,9 + 40,1 + 40,3}{3} = 41,4 \text{ MPa}$$

11. Gyroid

$$\bar{x}_{11} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{24,7 + 24,4 + 23,4}{3} = 24,2 \text{ MPa}$$

12. Hilbert Curve

$$\bar{x}_6 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{17,5 + 27,7 + 16,9}{3} = 17,4 \text{ MPa}$$

13. Archimedean chord

$$\bar{x}_6 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{16,5 + 14,7 + 16,3}{3} = 15,9 \text{ MPa}$$

14. Octagram Spiral

$$\bar{x}_6 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{20,7 + 19,1 + 18,3}{3} = 19,4 \text{ MPa}$$

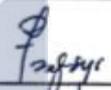
15. Adaptive Cubic

$$\bar{x}_6 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{n_{\text{nozzle temperature}}} = \frac{27,2 + 21,6 + 21,7}{3} = 21,4 \text{ MPa}$$

Lampiran 4

Form Monitoring Proyek Akhir

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022	
JUDUL		Pengaruh percepatan proses 3D Printing terhadap kekuatan tarik dengan variasi sudut percepatan rotasi 90° menggunakan Filamen PLA PRO	
Nama Mahasiswa		1. Rishkella Dirga Triandita /NIRM: 1041824 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	14/12-2021	Pengolahan data dan pembuat kesimpulan	
	15/12	- . -	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / ~~BELUM~~ (coret salah satu) 100%

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Zahy S)	Pembimbing 2  (Rishkella)	Pembimbing 3 (.....)

Lampiran 5

Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022			
JUDUL	Pengaruh percepatan produk 3D printing terhadap kekuatan tarik dengan orientasi sudut percepatan virtual 90° menggunakan filament PLA PRO		
Nama Mahasiswa	Rizkullah Dirga Tricuplin NIRM: 1041024		
Nama Pembimbing	1. Zaidy Simanungah Sutan S.S.T., M.T 2. Sutabek S.T., M.T 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	13/10-2021	Penulisan per BAB sesuai Panduan	
2	21/10/2021	Pembahasan Bab 1-3 & monitoring	
3	10/11 2021	Metode pengolahan data	
4	13/11 2021	Pembahasan & Potongan bab 1-3	
5	16/11 2021	Pembahasan Bab 4 dan Playrasi	
6	18/11 2021	Pembahasan bab 1-5 & persiapan	
7	16/12 2021	Persiapan sidang & monitoring	
8	6/12 2021	Pembahasan bab 1-5 & abstrak	
9	13/12 2021	Publikasi jurnal	
10	14/12 2021	Pertanian Bab 4-5	

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 <u>2021</u> / <u>2022</u></p>
<p>JUDUL :</p>	<p><u>Pengaruh Pencetakan Produk 3D Printing terhadap Kekuatan Tarik dengan Orientasi Sudut Pencetakan Vertikal 0° Menggunakan Filamen PLA PAO</u></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Biskullah Dirga Trisaplin</u> NIRM: <u>1091824</u> 2. _____ NIRM: _____ 3. _____ NIRM: _____ 4. _____ NIRM: _____ 5. _____ NIRM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p><u>uji ulang kebesaran sampel uji</u></p>	
<p>Sunggailiat, <u>23-12-2021</u> Penguji  (.....<u>Erwanah</u>.....)</p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p>  (..... <u>Endang SS</u>)	<p style="text-align: center;">Sunggailiat, <u>23-12-2021</u> Penguji</p>  (..... <u>Erwanah</u>)

Lampiran 7

Bukti Bukan Plagiasi

nt2

ORIGINALITY REPORT

11 %

SIMILARITY INDEX

11 %

INTERNET SOURCES

2 %

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

123dok.com

Internet Source

1 %

2

jurnal.polines.ac.id

Internet Source

1 %

3

repository.uin-suska.ac.id

Internet Source

1 %

4

ejournal.polman-babel.ac.id

Internet Source

<1 %

5

jurnal.uhn.ac.id

Internet Source

<1 %

6

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

7

opus.lib.uts.edu.au

Internet Source

<1 %

8

docplayer.info

Internet Source

<1 %

9

lib.ui.ac.id

Internet Source

<1 %

10	cimpok.blogspot.com Internet Source	<1 %
11	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
12	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
13	ojs.ummetro.ac.id Internet Source	<1 %
14	core.ac.uk Internet Source	<1 %
15	media.neliti.com Internet Source	<1 %
16	3pysci.com Internet Source	<1 %
17	jurnalsyntaxadmiration.com Internet Source	<1 %
18	eprints.akakom.ac.id Internet Source	<1 %
19	kemahasiswaan.poltekindonusa.ac.id Internet Source	<1 %
20	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %
21	3dprinterworld.co.uk Internet Source	<1 %

22	<p>Wen You Zhou. "Selective laser sintering of porous tissue engineering scaffolds from poly(l-lactide)/carbonated hydroxyapatite nanocomposite microspheres", Journal of Materials Science Materials in Medicine, 07/2008</p> <p>Publication</p>	<1 %
23	<p>eprints.umg.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	<1 %
24	<p>repositorio.utn.edu.ec</p> <p>Internet Source</p>	<1 %
25	<p>M. Hossein Sehat, Ali Mahdianikhotbesara, Farzad Yadegari. "Impact of Temperature and Material Variation on Mechanical Properties of Parts Fabricated with Fused Deposition Modelling (FDM) Additive Manufacturing", Research Square Platform LLC, 2021</p> <p>Publication</p>	<1 %
26	<p>Saripuddin Muddin, Rival Rival, Akbar Akbar. "PENGARUH BESAR ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK SABUNGAN LAS KAMPUH I", ILTEK : Jurnal Teknologi, 2016</p> <p>Publication</p>	<1 %
27	<p>es.scribd.com</p> <p>Internet Source</p>	<1 %
28	<p>patents.google.com</p> <p>Internet Source</p>	<1 %

29	sainsmatika.blogspot.com Internet Source	<1 %
30	e-jurnal.pnl.ac.id Internet Source	<1 %
31	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
32	eprints.uty.ac.id Internet Source	<1 %
33	journals.ums.ac.id Internet Source	<1 %
34	repository.uinsu.ac.id Internet Source	<1 %
35	repository.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
36	Yuh-Chung Hu, Yi-Ta Wang, Hsiu-Hsien Wu. "Chapter 9 Wiring the Tin-Silver-Copper Alloy by Fused Deposition Modeling", Springer Science and Business Media LLC, 2017 Publication	<1 %
37	jurnal.unived.ac.id Internet Source	<1 %
38	widuri.raharja.info Internet Source	<1 %
39	www.scribd.com Internet Source	<1 %

Lampiran 8

Bukti Publikasi



JIST

Jurnal Indonesia Sosial Teknologi

 jist.publikasiindonesia.id

LETTER OF ACCEPTANCE

BUKTI PENERIMAAN NASKAH ARTIKEL ILMIAH

Nomor : 189/JIST/XII/2021
Hal. : Surat Penerimaan Naskah Publikasi Jurnal

Terimakasih telah mengirimkan artikel ilmiah untuk diterbitkan pada Jurnal Indonesia Sosial Teknologi (p-ISSN 2723-6609 e-ISSN 2745-5254) yang diserahkan oleh :

Nama : **Riskullah Dirga Trisaplin¹, Zaldy Sirwansyah Suzen², Subkhan³**
Institusi : Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung ^{1,2,3}
Bidang : Teknologi

Dengan judul:

ANALISIS PADA PROSES 3D PRINTER TERHADAP PENGUJIAN TARIK MENGGUNAKAN FILAMEN PLA PRO

Berdasarkan hasil review, artikel tersebut dinyatakan **DITERIMA** untuk dipublikasikan di Jurnal kami Volume 2, Nomor 12, Desember 2021. Artikel tersebut akan tersedia secara online di <http://jist.publikasiindonesia.id/index.php/jist>

Demikian informasi ini disampaikan, dan atas perhatiannya, diucapkan terimakasih.

Cirebon, 14 Desember 2021
Chief Editor



Abdurokhim

Indexing By:



Jurnalindonesiasosialteknologi@gmail.com

Greenland Sendang Residence
No. E6, Sumber Cirebon

(0231) 332887 ||
+62 853 2221 8207