

**PENGARUH INFILL GEOMETRY, PRINTING SPEED
DAN NOZZLE TEMPERATURE TERHADAP
KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN FILAMEN
ST PLA**

*The The Effect Of Infill Geometry, Printing Speed And Nozzle Temperature On
Impact Strength Using St Pla Filaments*

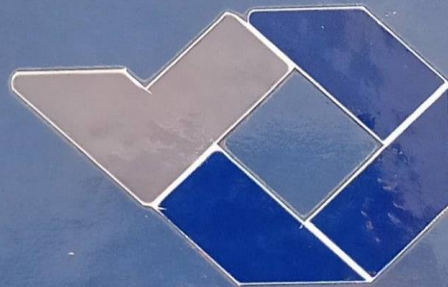
Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur

Di jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Frandika Putra Bowo

NIM : 1041743



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2021

**PENGARUH *INFILL GEOMETRY*, *PRINTING SPEED*
DAN *NOZZLE TEMPERATURE* TERHADAP
KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN FILAMEN
ST PLA**

*The The Effect Of Infill Geometry, Printing Speed And Nozzle Temperature On
Impact Strength Using St Pla Filaments*

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur

Di jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Frandika Putra Bowo

NIM : 1041743



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI




BANGKA BELITUNG

2021

**PENGARUH *INFILL GEOMETRY*, *PRINTING SPEED*
DAN *NOZZLE TEMPERATURE* TERHADAP
KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN FILAMEN
ST PLA**

Penulis :
Frandika Putra Bowo
NPM : 1041743

Penguji :

1. Ketua : Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T ,M.T 
2. Anggota : Boy Rollastin, S.Tr., M.T 
3. Anggota : Hasdiansah, S.S.T., M.Eng 

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 25 Februari 2021
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan

Pembimbing Utama,



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

NIDN:0226058001

Pembimbing Pendamping,



Yudi Oktriadi, S.Tr. M.Eng

NIDN:0013118605

Ketua Jurusan,



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng

NIDN : 0024018802

ABSTRAK

Teknologi *3D Printing* dikenal dengan sebutan *Additive Layer Manufacturing*, salah satu teknologi 3D Printing yang terkenal adalah *Fused Deposition Modelling* (FDM). Prinsip kerja FDM adalah dengan cara ekstrusi termoplastik melalui nozel yang panas pada *melting temperature* selanjutnya produk dibuat lapis per lapis. Penelitian mengenai pengaruh parameter *3D printing* terhadap uji tarik telah banyak dilakukan terhadap material plastik. Sedangkan penelitian mengenai uji impak terhadap material plastik masih belum banyak dilakukan. Dari permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu penelitian untuk mendapatkan kekuatan impak terhadap material plastik.

Penelitian ini menggunakan mesin *3D printing* FDM model PRUSA area dengan dimensi 220mm X 220mm X 250mm dengan ukuran diameter nozel 0,4mm. Filamen yang digunakan adalah jenis plastik yaitu filamen ST PLA dengan diameter 1.75mm dengan variasi parameternya yaitu *infill geometry* (*Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Cross, Cross 3D* dan *Gyroid*), *nozzle temperature* (210°C, 215 °C dan 220 °C) dan *printing speed* (30mm/s, 40mm/s dan 50mm/s) yang di tentukan pada ultimaker cura 4.7.1 sehingga menghasilkan 39 sampel yang dicetak.

Hasil dari pengujian impak metode *charpy* tertinggi terdapat pada eksperimen uji nomor 35 sebesar 0,00653 Joule/mm² dengan *Infill geometry Concentric, printing speed* 50mm/s dan *nozzle temperature* 220°C. Nilai uji impak terendah pada eksperimen nomor 11 sebesar 0,00119 Joule/mm² dengan *Infill geometry Cross, printing speed* 30mm/s dan *nozzle temperature* 210°C.

Kata Kunci : *3D Printing*, ST PLA, impak, *charpy*.

ABSTRACT

3D Printing technology is known as Additive Layer Manufacturing, one of the famous 3D Printing technologies is Fused Deposition Modeling (FDM). The working principle of FDM is by extruding thermoplastics through hot nozzles at the melting temperature, then the product is coated with a layer. Research on the effect of 3D printing parameters on tensile tests has been carried out on plastic materials. Meanwhile, research on impact tests on plastic materials has not been widely carried out. From these problems, a study is needed to obtain the impact strength on plastic materials.

This research uses a 3D printing machine FDM model PRUSA area with dimensions of 220mm X 220mm X 250mm with a nozzle diameter of 0.4mm. The filament used is a type of plastic, namely ST PLA filaments with a diameter of 1.75mm with variations in its parameters, namely infill geometry (Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Cross, Cross 3D. and Gyroid), nozzle temperature (210 ° C, 215 ° C and 220 ° C) and printing speed (30mm / s, 40mm / s and 50mm / s) specified on ultimaker Cura 4.7.1 to produce 39 printed samples .

The results of the highest charpy method impact test were found in the test experiment number 35 of 0,00653 Joule/mm² with Concentric Infill geometry, printing speed 50mm / s and nozzle temperature of 220°C. The lowest impact test value in experiment number 11 is 0,00119 Joule/mm² with Infill geometry Cross, printing speed 30mm / s and nozzle temperature 210°C.

Keywords: 3D Printing, ST PLA, impact, charpy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah tugas akhir ini yang berjudul **“Pengaruh *Infill Geometry, Printing Speed Dan Nozzle Temperature Terhadap Kekuatan Impak Menggunakan Filamen ST PLA*”** dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam penulisan makalah tugas akhir ini, penulis sadar bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak sejak awal perkuliahan hingga selesainya makalah tugas akhir ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan dukungan dan doa selama penulis melaksanakan studi Diploma IV di polman Babel.
2. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T, M.T., selaku pembimbing utama dan dosen penguji yang telah menyetujui tugas akhir serta telah banyak memberikan konsep pemikiran dan dukungan tentang tugas akhir ini.
3. Yudi Oktriadi, S.Tr. M.Eng., Selaku pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan ide-ide dan konsep pemikirannya.
4. Boy Rollastin, S.Tr., M.T., Selaku dosen penguji yang telah memberikan petunjuk dan pengarahan dalam tugas akhir ini.
5. Hasdiansah, S.S.T., M.Eng., Selaku dosen penguji yang telah memberikan petunjuk dan pengarahan dalam tugas akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan dan teman-teman kos yang selalu mendukung dan membantu dalam penyelesaian makalah tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap Tuhan yang maha Esa membalas segala kebaikan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, dan semoga tugas akhir ini akan memberi manfaat bagi pengembangan ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta bagi pembacanya pada masa yang akan datang.

Sungailiat, Februari 2021

Penulis

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	x
Daftar Rumus	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4 Batasan Masalah.....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
BAB II DASAR TEORI	II-1
2.1 Filamen ST PLA (<i>Super Tough Polyactid Acid</i>).....	II-1
2.2 Mekanisme Proses <i>3D Printing</i>	II-2
2.3 <i>Fused Deposition Modelling</i>	II-3
2.4 Parameter <i>3D Printing</i>	II-4
2.4.1 <i>Infill Geometry</i>	II-4
2.4.2 <i>Printing Speed</i>	II-6
2.4.3 <i>Nozzle Temperature</i>	II-6
2.5 Spesimen Uji Impak <i>Charpy</i>	II-7
2.6 Pengujian Impak Metode <i>Charpy</i>	II-7
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	III-1
3.2 Material.....	III-2
3.3 Spesimen Uji Impak.....	III-2

3.4 Mesin.....	III-3
3.5 Alat Uji.....	III-3
3.6 Parameter Proses.....	III-4
3.7 Metode yang Digunakan	III-5
3.8 Prosedur Penelitian	III-6
3.9 Pengujian Impak	III-7
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	IV-1
4.1 Proses Penelitian.....	IV-1
4.1.1 Studi Literatur.....	IV-1
4.1.2 Pembuatan Model Spesimen	IV-1
4.1.3 Parameter Spesimen.....	IV-2
4.1.4 <i>Slicing</i> Data	IV-3
4.1.5 Pembuatan Spesimen	IV-4
4.1.6 Pengujian Impak Metode <i>Charpy</i>	IV-5
4.1.7 Kegagalan Pengujian Impak	IV-5
4.1.8 Pengolahan Data	IV-6
4.1.9 Analisa dan Kesimpulan	IV-6
4.2 Hasil Pengujian Impak	IV-7
4.3 Pembahasan Penelitian.....	IV-9
4.3.1 Hasil Parameter <i>Nozzle Temperature 210°C, Printing Speed 30mm/s</i> Dengan 13 Tipe <i>Infill</i>	IV-9
4.3.2 Hasil Parameter <i>Nozzle Temperature 215°C, Printing Speed 40mm/s</i> Dengan 13 Tipe <i>Infill</i>	IV-9
4.3.3 Hasil Parameter <i>Nozzle Temperature 220°C, Printing Speed 50mm/s</i> Dengan 13 Tipe <i>Infill</i>	IV-10
4.3.4 Pembahasan Hasil Pengujian	IV-11
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Spesifikasi Filamen ST PLA.....	II-2
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Uji Impak GOTECH Model GT-7045	III-3
Tabel 3.2 Nilai Level Parameter yang Diuji	III-4
Tabel 4.1 Parameter Spesimen Uji Impak.....	IV-2
Tabel 4.2 Nilai Hasil Impak	IV-7

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Proses Pencetakan <i>Fused Deposition Modelling</i>	II-3
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk dan Ukuran Spesimen ASTM E23-05	II-7
Gambar 2.3 Ilustrasi Skematis Pengujian Impak dengan Benda Uji Charpy.....	II-8
Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian	III-1
Gambar 3.2 Filamen ST PLA.....	III-2
Gambar 3.3 Spesimen Stadar ASTM E23-05	III-2
Gambar 3.4 Mesin 3d Printing Anet ET 4	III-3
Gambar 3.5 Alat Uji Impak Charpy Model GT-7045	III-3
Gambar 3.6 Spesimen yang Dibuat Menggunakan Aplikasi Perancangan	III-6
Gambar 3.7 Spesimen yang Sudah di <i>Slicing</i> pada Aplikasi <i>Slicing</i>	III-6
Gambar 3.8 Posisi Takik Membelakangi Arah Pendulum.....	III-6
Gambar 4.1 Model Spesimen Uji Menggunakan Aplikasi Perancangan.....	IV-1
Gambar 4.2 <i>Slicing</i> Data Menggunakan Aplikasi <i>Slicing</i>	IV-4
Gambar 4.3 Penambahan Parameter Di Aplikasi <i>Slicing</i>	IV-4
Gambar 4.4 Proses pencetakan Spesimen.....	IV-4
Gambar 4.5 Pengujian Impak metode <i>Charpy</i>	IV-5
Gambar 4.6 Terdapat Cacat pada Bagian Pinggir Spesimen	IV-5
Gambar 4.7 Pendulum Tertahan Dikarenakan Tertahan Oleh Spesimen	IV-6
Gambar 4.8 Hasil Harga Impak Nozzle Temporaure 210 °C dan Printing Speed 30mm/s.....	IV-9
Gambar 4.9 Hasil Harga Impak Nozzle Temporaure 215 dan °C Printing Speed 40mm/s.....	IV-10
Gambar 4.10 Hasil Harga Impak Nozzle Temporaure 220 °C dan.Printing Speed 50mm/s.....	IV-11
Gambar 4.11 Hasil Uji Impak Spesimen	IV-12

Daftar Lampiran

Lampiran 1 Foto Observasi

Lampiran 2 Proses Pengambilan Data Pengujian Impak

Lampiran 3 Hasil Pengujian Impak

Daftar Rumus

Energi yang Diserap (1)	II-8
Energi yang Diserap (2)	II-8
Energi yang Diserap (3)	II-9
Harga Impak	II-9

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi *3D printing* berkembang sejak tahun 1980-an membawa perubahan besar pada dunia, khususnya dalam dunia manufaktur. Teknologi ini juga dikenal dengan sebutan *Additive Layer Manufacturing*. Salah satu teknologi *3D Printing* yang terkenal adalah *Fused Deposition Modelling* (FDM). Prinsip kerja FDM adalah dengan cara ekstrusi termoplastik melalui *nozzle* yang panas pada *melting temperature* selanjutnya produk dibuat lapis per lapis. Material yang digunakan adalah filamen *flexible* jenis Eflex dengan diameter 1,75 mm. Parameter proses yang digunakan adalah *flowrate*, *layer thickness*, *nozzle temperature*, *printing speed*, *overlap*, dan *fan speed*. Spesimen uji berbentuk kubus berukuran 20 mm × 20 mm × 20 mm. Optimasi parameter proses menggunakan metode Taguchi L27 *Orthogonal Array* untuk uji akurasi dimensi. Nilai parameter proses optimal untuk mendapatkan keakuratan dimensi X adalah *flowrate* 110 %, *layer thickness* 0,10 mm, *nozzle temperature* 210 °C, *print speed* 40 mm/s, *overlap* 75 %, dan *fan speed* 50%. Dimensi Y adalah *flowrate* 120 %, *layer thickness* 0,20 mm, *nozzle temperature* 230° C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 75 %, dan *fan speed* 100%. Serta dimensi Z adalah *flowrate* 120 %, *layer thickness* 0,30 mm, *nozzle temperature* 210 °C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 50 %, dan *fan speed* 100% (Pristiansyah, et al., 2019).

Menurut (Suzen, et al., 2020) Penelitian yang dilakukan pada material filamen PLA+ Esun diameter 1,75mm menggunakan mesin 3D Printing FDM model PRUSA dengan dimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm dan nozzle berukuran 0,4 mm. Menggunakan variasi parameter *nozzle temperature* (205°C, 215°C, dan 225°C), *layer thickness* 0,2mm, *bed temperature* 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*, dan *Gyroid*) yang akan ditentukan pada software Ultimaker Cura 4.4.0. Hasil yang

diperoleh setelah dilakukan pengujian nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen uji ke 22 yaitu 43,20 Mpa dengan parameter *nozzle temperature* 215 °C dan *Infill Type Concentric*, Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji ke 22 yaitu 24,50 Mpa dengan parameter *temperature nozzle* 205 °C dan *Infill Type Cross*.

Kebutuhan konstruksi semakin merambah dalam penggunaan material plastik sebagai bahan utamanya. Namun semua itu harus diimbangi dengan kelayakan desain. Sebelum desain tersebut dibuat nyata, material harus diuji terlebih dahulu. Hal ini agar konstruksi dinyatakan aman untuk operasional manusia. Ketangguhan material terhadap patah getas dan patah ulet adalah masalah yang harus diperhatikan pada konstruksi plastik. Untuk menilai ketahanan material terhadap patah getas dan patah ulet perlu adanya dilakukan uji impact. Pengujian impact merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi, dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba. Pengujian yang dilakukan dalam skala lab pada umumnya adalah uji impact metode *charpy*, dipilih karena dirasa lebih sederhana dan aman pada prosedur pengujiannya (Wawandaru, et al., 2017).

Menurut (Winarto, et al., 2015) pengujian yang dilakukan uji impact izod maka diperoleh hasil rata-rata dari *suhu bottom plate* 1000c tidak mempunyai harga impact dikarenakan pada saat pembuatan spesimen tidak sempurna dan tidak bisa dilakukan pengujian impact, dan untuk suhu 1100c mempunyai harga impact rata-rata 0,00186 J/mm², sedangkan pada suhu 1200c mempunyai harga impact rata-rata 0,00206 J/mm², pada spesimen yang dibakar dengan suhu 150-2600c mempunyai harga rata-rata 0,000472 J/mm². Untuk foto makro dari ketiga variasi tersebut terhadap spesimen terjadi bentuk patahan getas.

Plastik merupakan bahan yang sulit terurai, sehingga perlu dilakukan penelitian pengujian impact pada sampah plastik daur ulang bertujuan untuk mengetahui sifat fisik, ketahanan dan ketangguhan sampah plastik hasil daur ulang. Diperoleh nilai rata-rata sampel berupa plastik polypropylene, nilai energi impact rata-rata = 1,31 joule, dan kekuatan impact/ *impact strength* rata-rata =

0,0161 joule / mm². Polyethylene Terephthalate jenis plastik, energi tumbukan rata-rata = 1,15 joule, kekuatan impak / *impact strength* rata-rata = 0,0138 joule / mm². Plastik campuran antara PP dan PET, energi tumbukan rata-rata = 1,18 joule, nilai rata-rata kekuatan impak / *impact strength* = 0,0145 Joule / mm². Sebagai hasil dari pengujian ini, plastik Polyethylene memiliki nilai impak tertinggi untuk sampah plastik daur ulang (Putra, et al., 2017).

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh *infill geometry*, *printing speed* dan *nozzle temperature* pada pencetakan *3D printing* filamen ST PLA terhadap pengujian impak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah parameter cetak seperti *infill geometry*, *printing speed* dan *nozzle temperature* memberi pengaruh terhadap hasil dari pengujian impak material ST PLA?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui harga impak / kekuatan impak tertinggi dan harga impak / kekuatan impak terendah dari uji impak metode *charpy* berdasarkan parameter cetak yang ditentukan

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin *3D Printing* Anet ET4 dengan *printing area* XYZ 220mm x 220mm x 250mm. Dengan diameter *nozzle* berukuran 0.4 mm.
2. Menggunakan filamen ST PLA berwarna *rose pink* dengan diameter 1.75mm.
3. Parameter cetak terdiri dari *geometry infill*, *printing speed* dan *nozzle temperature* dengan pengujian uji impak metode *charpy*.
4. Alat Uji Impak GOTECH metode *Charpy* model GT-7045.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam proses uji impak ketika menggunakan material ST PLA dan PLA sejenis.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Filamen ST PLA (*Super Tough Polyactid Acid*)

Poli asam laktat atau polyactid acid (PLA) adalah poliester alifatik termoplastik biodegradable dan bioaktif yang berasal dari sumber terbarukan. PLA berbeda dari polimer termoplastik yang berasal dari distilasi dan polimerisasi cadanganm minyak bumi yang terbarukan, PLA lebih dikenal sebagai bioplastik yang berasal dari biomassa, sumber daya yang ramah lingkungan, seperti jagung dan tebu (Fancyco, 2018).

Kelebihan polyactid acid (PLA) bersifat biodegradable dan bioaktif yang mempunyai kemiripan dengan polypropylene (PP), polyethylene (PE)/ polystyrene (PS) yang didapatkan dari peralatan manufaktur yang sudah ada, sehingga bisa mengurangi biaya produksi.

Karakteristik dari polymer PLA tidak beracun, menyempit pada saat dipanaskan sehingga cocok digunakan untuk alat pembungkus plastik dan sifanya yang melarutkan dapat digunakan untuk aplikasi pencetakan 3D *printing*. Namun disisi lain suhu transisi yang relatif rendah menjadikan material ini tidak cocok digunakan untuk aplikasi yang bersentuhan dengan cairan panas yang berlebihan. Yang paling menarik adalah PLA dapat mengalami degradasi atau pelapukan pada waktu tertentu, menurut beberapa literature waktu pelapukanya berkisar antara 6 hingga 24 bulan karena kelembaban,suhu, dan Debu. Dengan kondisi seperti ini dikembangkan lagi filament PLA ini menjadi filament ST PLA, CCTREE menemukan PLA special yang disebut ST PLA yang dikomposkan dengan aditif special, tidak berpengaruh biodegradasi dan dapat meningkatkan properti PLA, dibandingkan dengan PLA normal, ST PLA memiliki banyak keuntungan, beberapa kali lebih keras daripada PLA reguler sehingga bisa menghasilkan kekuatan yang lebih baik, ikatan yang luar biasa dan tahan akan benturan (CCTREE, 2019).

Tabel 2.1 Spesifikasi Filamen ST PLA

<i>Filament Diameter</i>	1.75 mm
<i>Print Temperature</i>	190 – 220 °C
<i>Bed Temperature</i>	45 – 60°C
<i>Density</i>	1.24 g/m ³
<i>Tensile Strength</i>	47.9 MPa
<i>Elongation at Break</i>	82%

(Enomaker, 2019)

2.2 Mekanisme Proses 3D Printing

1. Modelling Objek 3D

Model *3D printing* ini dapat diciptakan menggunakan *software* khusus desain 3D. *Software* tersebut juga harus didukung oleh printer yang akan digunakan. *Software* tersebut antara lain Tinkercad, solidworks, Catia, Delcam dan lainnya. Untuk mendapatkan file CAD ini pengguna bisa menggunakan *scanner 3D*.

2. Proses Penentuan Parameter

Sebelum Melakukan pencetakan produk, maka harus menentukan parameter untuk dapat dicetak

3. Proses pencetakan

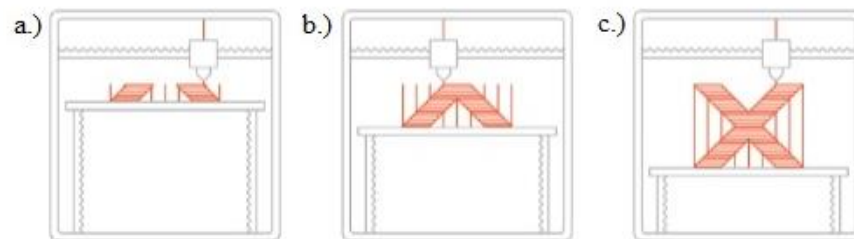
Setelah file desain 3D siap, selanjutnya menggunakan printer 3D. Lamanya proses pencetakan tergantung pada dimensi model. Tahapan yang dilakukan adalah mesin *printer* membaca desain 3D selanjutnya menyusun lapisan berturut-turut sehingga menjadi model virtual yang otomatis digabungkan agar membentuk sebuah objek lengkap yang utuh.

4. Proses finishing

Di tahap akhir ini, pengguna dapat menyempurnakan bagian yang dianggap kompleks yang mungkin mengalami perbedaan ukuran (*over-sized*). Teknik yang bertujuan menyempurnakan ini juga bisa bertujuan menyempurnakan ini juga bisa dilakukan dengan bahan yang berbeda (*multiple material*), warna berbeda (*multiple color*) (fomustudio, 2018).

2.3 *Fused Deposition Modelling*

Fused Deposition Modeling (FDM), atau *Fused Filament Fabrication* (FFF), adalah proses pembuatan *addictive* yang termasuk dalam kelompok "*Material Extrusion*". Dalam FDM, sebuah objek dibentuk dengan cara melelehkan material (Resin) lalu di tempatkan lapis demi lapis sehingga membentuk sebuah objek yang di inginkan. Material yang digunakan dalam FDM adalah jenis *Thermoplastic* dalam bentuk filamen. FDM Sendiri digunakan dalam sebagian besar industri *3D Printer*. dan ini merupakan teknologi yang banyak digunakan pada jenis *printer 3D*. Para DIY Makers sebelumnya harus mengetahui keterbatasan dalam teknologi FDM agar hasil dari objek yang di print memiliki hasil yang baik (idekubagus, 2018).



Gambar 2.1 Proses Pencetakan *Fused Deposition Modelling* (idekubagus, 2018).

- a.) Proses Awal Pencetakan
- b.) Proses Pertengahan Pencetakan
- c.) Proses Akhir Pencetakan

Salah satu keunggulan utama pada *3D Printer FDM* adalah banyaknya bahan yang tersedia. Bahan dasar dapat ditemukan pada produsen plastik pada umumnya (seperti PLA dan ABS) hingga bahan plastik lainnya (seperti PA, TPU, dan PETG) (idekubagus, 2018).

Cara kerja 3D printer FDM, sebagai berikut :

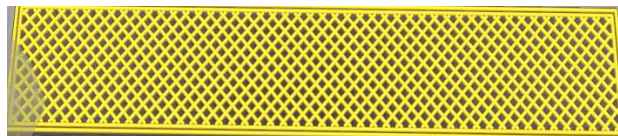
1. Filamen ST PLA dimasukkan kedalam *printer*, ketika *nozzle* telah mencapai suhu yang di inginkan, filamen di umpan kedalam *nozzle* yang sudah panas tersebut. Filamen akan meleleh dari ujung *nozzle*.
2. *Nozzle* ditempatkan pada 3 Axis dimana *nozzle* dapat bergerak secara bebas dari X, Y, Z dan *nozzle* menumpukkan filamen lapis demi lapis sehingga membentuk sebuah objek. Terkadang pengerasan material dapat dipengaruhi oleh kipas pendingin (*Cooling Fan*) yang ada di dekat *nozzle*.
3. Sebelum proses cetak dimulai, *nozzle* bergerak membuat kotak atau jalur penanda di sekeliling objek yang akan di cetak. Setelah penanda dibuat maka *nozzle* bergerak kearah dimana objek akan dicetak, dan membuat gerakan sesuai objek secara terus menerus sehingga terbentuk objek yang di inginkan (idekubagus, 2018).

2.4 Parameter 3D Printing

2.1.1 Infill Geometry

Infill adalah nilai yang biasanya direpresentasikan dalam persentase yang menunjukkan seberapa banyak model yang solid harus diisi dengan bahan saat dicetak. Berikut ini opsi bentuk infill geometry yang terdapat pada *Software Slicing* :

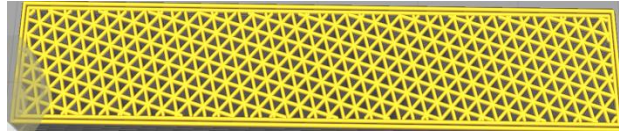
1. *Grid*



2. *Lines*



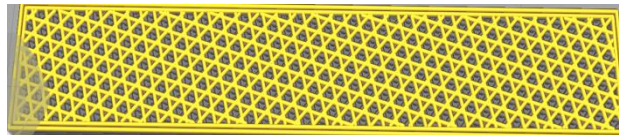
3. *Triangless*



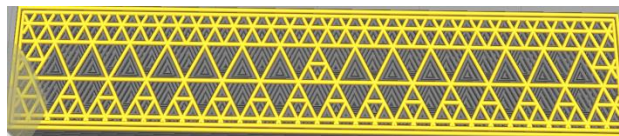
4. *Tri-hexagon*



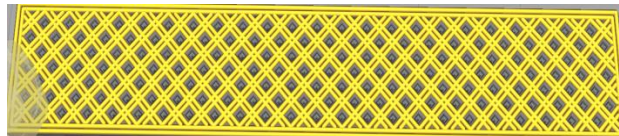
5. *Cubic*



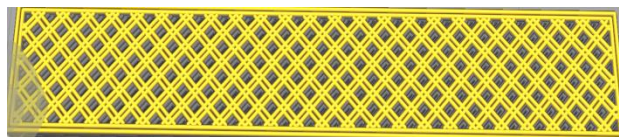
6. *Cubic Subdivision*



7. *Octet*



8. *Quarter Qubic*



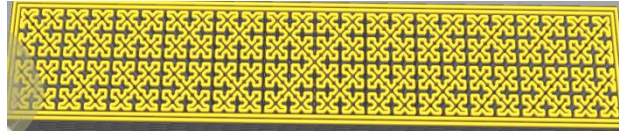
9. *Concentric*



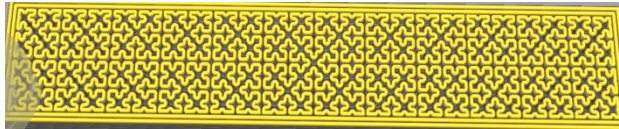
10. *Zig-zag*



11. Cross



12. 3D Cross



13. Gyroid



2.1.2 *Printing Speed*

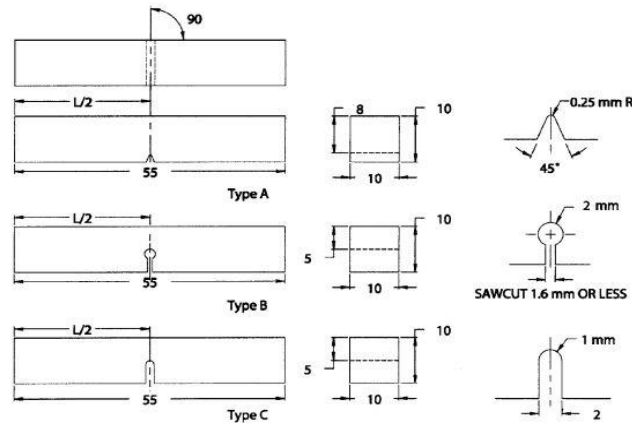
Printing Speed adalah kecepatan di mana kepala pencetakan bergerak saat mengekstrusi filamen untuk membuat representasi fisik dari model 3D. Tergantung pada model dan filamen yang digunakan, mungkin perlu menurunkan kecepatan pencetakan agar bisa mendapatkan cetakan berkualitas baik. Meningkatkan kecepatan pencetakan dapat membantu mendapatkan beberapa cetakan sedikit lebih cepat dari biasanya, namun terlalu banyak peningkatan kecepatan dapat mulai menghasilkan kualitas yang buruk dan kegagalan untuk mencetak model 3D.

2.1.3 *Nozzle Temperature*

Nozzle Temperature adalah suhu pada nozel yang dibutuhkan untuk melelehkan spesimen pada saat mencetak suatu model 3D. Biasanya temperatur nozel yang sering dipakai sekitar suhu 190°C – 220°C tergantung dengan titik cair masing-masing spesimen.

2.5 Spesimen Uji Impak Charpy

Spesimen uji impak *Charpy* digunakan berdasarkan ASTM E23-05. Sampel uji memiliki dimensi ukuran yaitu 10 x 10 x 55 mm (tinggi x lebar x panjang). Posisi takik berada di tengah, kedalaman takik 2mm dari permukaan benda uji dan sudut takik 45° (dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*).



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk dan Ukuran Spesimen ASTM E23-05

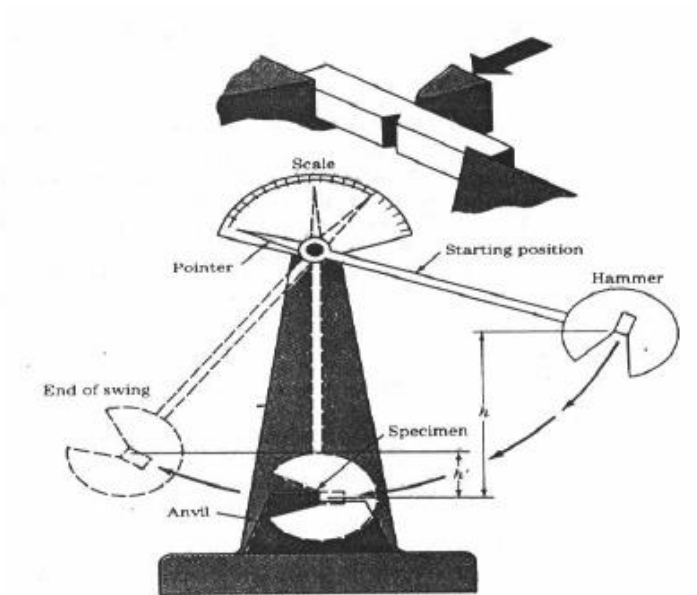
2.6 Pengujian Impak Metode Charpy

Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan, bahan terhadap beban kejut. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan, melainkan datang secara tiba-tiba. Contoh deformasi pada bumper mobil pada saat terjadinya tumbukan kecelakaan.

Beberapa kelebihan dari metode *Charpy*, antara lain :

1. Hasil pengujian lebih akurat.
2. Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan.
3. Menghasilkan tegangan seragam di sepanjang penampang.
4. Waktu pengujian lebih singkat

Dasar pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi (Putranto, 2011). Standar pengujian impak *Charpy* berdasarkan Standar ASTM E23-05.



Gambar 2.3 Ilustrasi skematis pengujian impact dengan benda uji *Charpy* (Putranto, 2011).

Pada pengujian impact ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran ketahanan impact atau ketangguhan bahan tersebut. Pada Gambar 2.3 diatas dapat dilihat bahwa setelah benda uji patah akibat deformasi, bandul pendulum melanjutkan ayunannya hingga posisi 'h'. Bila bahan tersebut tangguh yaitu makin mampu menyerap energi lebih besar maka makin rendah posisi 'h'. Suatu material dikatakan tangguh bila memiliki kemampuan menyerap beban kejut yang besar tanpa terjadinya retak atau terdeformasi dengan mudah. Pada pengujian impact, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan Joule dan dibaca langsung pada skala (*dial*) penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji (Putranto, 2011).

Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau energi yang diserap benda uji sampai patah didapat rumus yaitu :

$$E = E_p - E_m \quad (1)$$

$$E = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) \quad (2)$$

$$E = m \cdot g \cdot \lambda \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (3)$$

Keterangan :

E_p = Energi Potensial

E_m = Energi Mekanik

m = Berat Pendulum (Kg)

g = Gravitasi 9,81 m/s²

h_1 = Jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

h_2 = Jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

λ = Jarak lengan pengayun (m)

$\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum

$\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum

Untuk mengetahui kekuatan impak /*impact strength* (IS) maka energi impak tersebut harus dibagi dengan luas penampang efektif spesimen (A) sehingga :

$$IS = \frac{E}{A} \quad (4)$$

dimana:

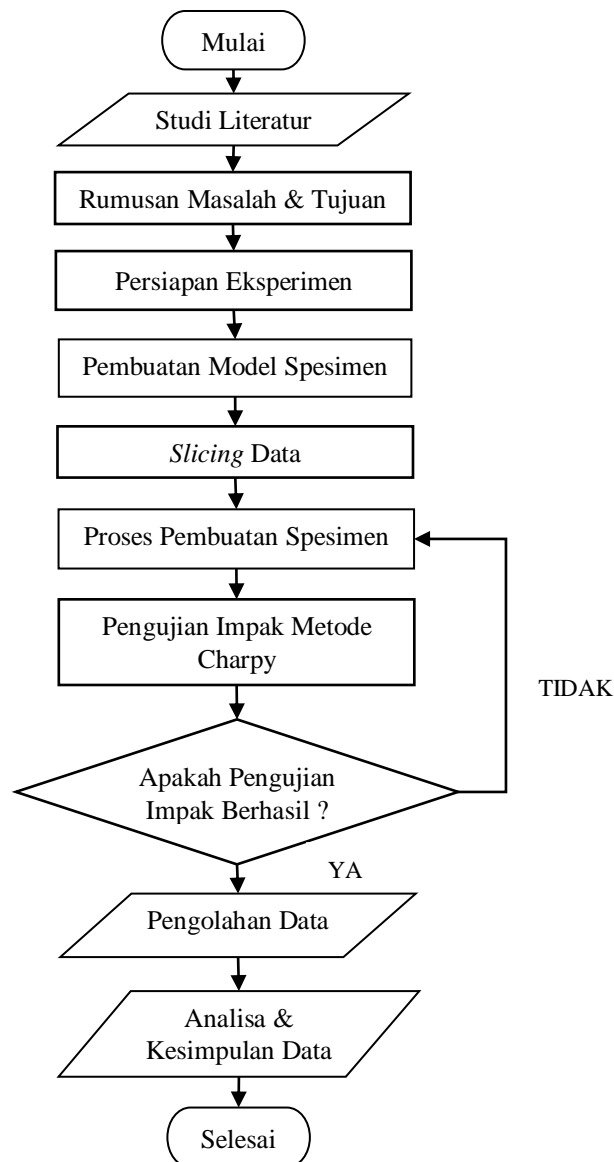
E: energi yang diserap (joule)

A: luas area penampang dibawah takik (mm²)

BAB III METODE PENELITIAN

5.1 *FlowChart* Penelitian

FlowChart penelitian ini disiapkan sebaik mungkin bertujuan agar alur dari penelitian lebih ter-arrah dari mulai hingga selesai, sesuai dengan Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *FlowChart* Penelitian

5.2 Material

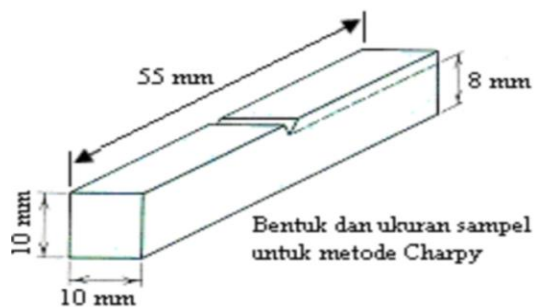
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah filamen plastik jenis ST PLA yang berwarna *rose pink* dengan diameter 1,75 mm dan berat bersih 1kg, yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Filamen ST PLA

5.3 Spesimen Uji Impak

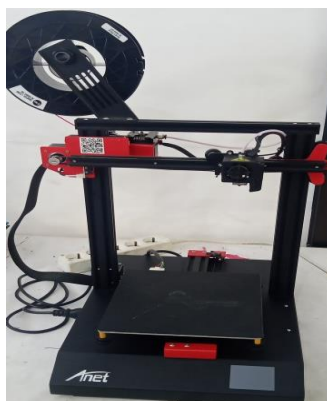
Spesimen uji impak pada penelitian ini menggunakan spesimen untuk uji impak metode *charpy* dengan takik berbentuk V berada ditengah, berdasarkan ukuran dan standar ASTM E23-05, sesuai dengan Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Spesimen Standar ASTM E23-05

5.4 Mesin

Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin *3D Printing* Anet ET4 dengan *printing* area XYZ 220mm x 220mm x 250mm dan diameter nozzle nya 0.4mm yang ditunjukkan Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mesin 3D Printing Anet ET4

5.5 Alat Uji

Alat uji impak yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat uji impak GOTECH model GT-7045 metode *charpy*, guna alat uji impak yaitu untuk mengetahui nilai dari sudut posisi akhir pendulum ($\cos \beta$) pada setiap spesimen. Alat uji impak dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alat Uji Impak Charpy Model GT-7045

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Uji Impak GOTECH Model GT-7045

Berat Pendulum	2.5 Kg
Jarak lengan pengayun	0.4 m
Sudut posisi awal pendulum	150°

5.6 Parameter Proses

Setelah persiapan selesai dilakukan, maka akan dilanjutkan dengan menentukan parameter uji, yaitu parameter berubah maupun parameter tetap. Parameter berubah adalah *infill geometry*, *printing speed*, dan *nozzle temperature*

seperti Tabel 3.2. Dan parameter tetap adalah *Layer Height* 0,2mm, *Outer Wall Line Width* 0,4mm, *Wall Thickness* 0,8mm, *Top Layers* 4, *Bottom Layer* 4, *Infill Density* 100%, *Fan Speed* 100%, *Layer Thickness* 0,2mm, *Bed Temperature* 60°C dan *Travel Speed* 100mm/s.

Tabel 3.2 Nilai Level Parameter yang Diuji

<i>Level</i>	<i>Infill geometry</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>
1	1. <i>Grid</i> 2. <i>Lines</i> 3. <i>Triangles</i> 4. <i>Tri-Hexagon</i> 5. <i>Cubic</i> 6. <i>Cubic Subdivision</i> 7. <i>Octet</i> 8. <i>Quarter Qubic</i> 9. <i>Concentric</i> 10. <i>Zig-zag</i> 11. <i>Cross</i> 12. <i>Cross 3D</i> 13. <i>Gyroid</i>	30	210
2	1. <i>Grid</i> 2. <i>Lines</i> 3. <i>Triangles</i> 4. <i>Tri-Hexagon</i> 5. <i>Cubic</i> 6. <i>Cubic Subdivision</i> 7. <i>Octet</i> 8. <i>Quarter Qubic</i> 9. <i>Concentric</i> 10. <i>Zig-zag</i> 11. <i>Cross</i> 12. <i>Cross 3D</i> 13. <i>Gyroid</i>	40	215

<i>Level</i>	<i>Infill geometry</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>
3	1. <i>Grid</i>	50	220
	2. <i>Lines</i>		
	3. <i>Triangles</i>		
	4. <i>Tri-Hexagon</i>		
	5. <i>Cubic</i>		
	6. <i>Cubic Subdivision</i>		
	7. <i>Octet</i>		
	8. <i>Quarter Qubic</i>		
	9. <i>Concentric</i>		
	10. <i>Zig-zag</i>		
	11. <i>Cross</i>		
	12. <i>Cross 3D</i>		
	13. <i>Gyroid</i>		

5.7 Metode yang Digunakan

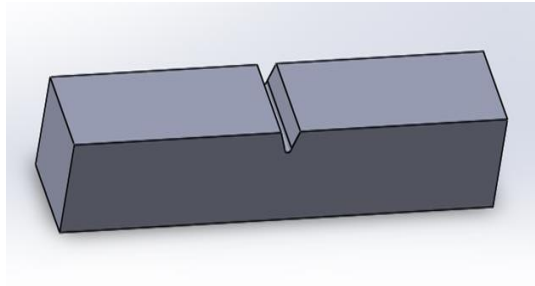
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Eksperimen.

Pada tahap eksperimen ini dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Melakukan pembuatan model spesimen berdasarkan ukuran standar ASTM E23-05.
2. Melakukan proses pencetakan berdasarkan parameter proses yang akan di uji.
3. Melakukan pengujian impak pada bahan filamen ST PLA yang sudah di cetak di mesin *3D printing*.

5.8 Prosedur Penelitian

1. Pembuatan model spesimen uji dengan menggunakan aplikasi perancangan, sesuai dengan ukuran standar ASTM E23-05. Dengan ukuran panjang 55 mm, lebar 10 mm, tinggi 10 mm dan takik berada di tengah-tengah panjang balok dengan kedalaman 2 mm dengan sudut 45°.



Gambar 3.6 Spesimen yang Dibuat Menggunakan Aplikasi Perancangan

2. Penambahan parameter yang ditentukan pada pencetakan spesimen serta *slicing* data spesimen yang akan di cetak dengan menggunakan aplikasi *slicing*.



Gambar 3.7 Spesimen yang *diSlicing* pada Aplikasi *Slicing*

5.9 Pengujian Impak

Pengujian impak spesimen ini berdasarkan standar ASTM E23-05, dengan takik membelakangi pendulum yang akan menumbuk spesimen, seperti Gambar 3.8, dan pengujian berdasarkan parameter yang telah ditentukan sesuai urutan pembuatannya.



Gambar 3.8 Posisi Takik Membelakangi Arah Pendulum

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

9.1 Proses Penelitian

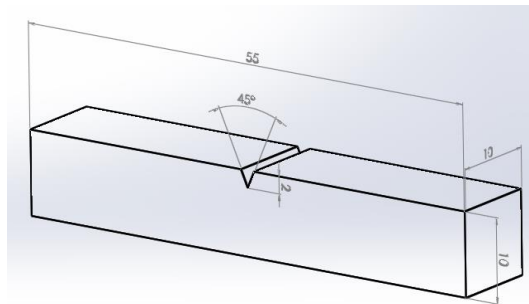
Proses penelitian ini dilakukan sesuai urutan diagram *flowchart* penelitian, supaya lebih terarah . Berdasarkan tahapan alur penelitian tersebut adalah:

9.1.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan dalam pengumpulan berbagai teori-teori yang mendukung kepada penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi teori dari jurnal-jurnal, buku-buku dan situs-situs internet yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu tentang filamen ST PLA, *3D printing* dan uji impak.

9.1.2 Pembuatan Model Spesimen

Pembuatan model spesimen pada penelitian ini berdasarkan bentuk dan ukuran sesuai dengan standar ASTM E23-05 metode *charpy*, posisi takik berada di tengah-tengah panjang dari spesimen dengan menggunakan aplikasi perancangan, seperti gambar 4.1.



Gambar 4.1 Model Spesimen Uji Menggunakan Aplikasi Perancangan

9.1.3 Parameter Spesimen

Proses penambahan parameter pada penelitian ini dilakukan dalam aplikasi *Slicing* berdasarkan *level* parameter uji yang terdapat di Tabel 3.2, maka didapatkan 39 spesimen cetak yang akan dicetak secara berurutan berdasarkan Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter Spesimen Uji Impak

<i>Exp No</i>	<i>Infill Geometry</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer Thickness (mm)</i>	<i>Bed Temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>
1	<i>Grid</i>	30	210	0.2	60	100
2	<i>Lines</i>	30	210	0.2	60	100
3	<i>Triangles</i>	30	210	0.2	60	100
4	<i>Tri-Hexagon</i>	30	210	0.2	60	100
5	<i>Cubic</i>	30	210	0.2	60	100
6	<i>Cubic Subdivision</i>	30	210	0.2	60	100
7	<i>Octet</i>	30	210	0.2	60	100
8	<i>Quarter Qubic</i>	30	210	0.2	60	100
9	<i>Concentric</i>	30	210	0.2	60	100
10	<i>Zig-zag</i>	30	210	0.2	60	100
11	<i>Cross</i>	30	210	0.2	60	100
12	<i>Cross 3D</i>	30	210	0.2	60	100
13	<i>Gyroid</i>	30	210	0.2	60	100
14	<i>Grid</i>	40	215	0.2	60	100
15	<i>Lines</i>	40	215	0.2	60	100
16	<i>Triangles</i>	40	215	0.2	60	100
17	<i>Tri-Hexagon</i>	40	215	0.2	60	100
18	<i>Cubic</i>	40	215	0.2	60	100
19	<i>Cubic Subdivision</i>	40	215	0.2	60	100
20	<i>Octet</i>	40	215	0.2	60	100
21	<i>Quarter Qubic</i>	40	215	0.2	60	100
22	<i>Concentric</i>	40	215	0.2	60	100

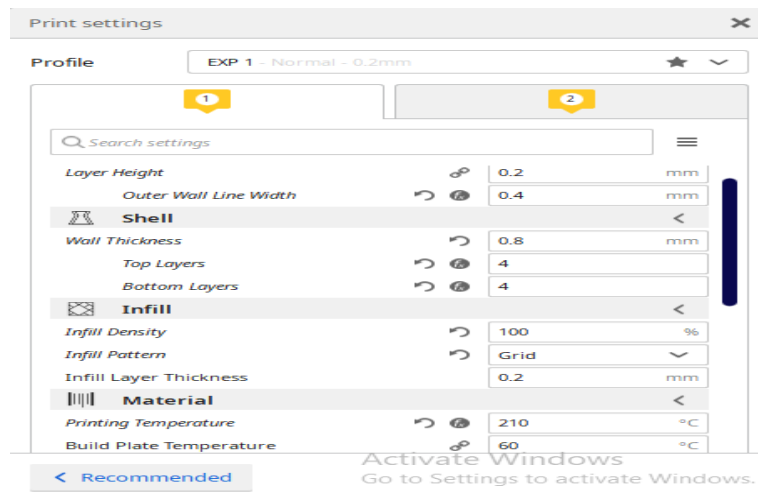
<i>Exp No</i>	<i>Infill Geometry</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer Thickness (mm)</i>	<i>Bed Temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>
23	<i>Zig-zag</i>	40	215	0.2	60	100
24	<i>Cross</i>	40	215	0.2	60	100
25	<i>Cross 3D</i>	40	215	0.2	60	100
26	<i>Gyroid</i>	40	215	0.2	60	100
27	<i>Grid</i>	50	220	0.2	60	100
28	<i>Lines</i>	50	220	0.2	60	100
29	<i>Triangles</i>	50	220	0.2	60	100
30	<i>Tri-Hexagon</i>	50	220	0.2	60	100
31	<i>Cubic</i>	50	220	0.2	60	100
32	<i>Cubic Subdivision</i>	50	220	0.2	60	100
33	<i>Octet</i>	50	220	0.2	60	100
34	<i>Quarter Qubic</i>	50	220	0.2	60	100
35	<i>Concentric</i>	50	220	0.2	60	100
36	<i>Zig-zag</i>	50	220	0.2	60	100
37	<i>Cross</i>	50	220	0.2	60	100
38	<i>Cross 3D</i>	50	220	0.2	60	100
39	<i>Gyroid</i>	50	220	0.2	60	100

9.1.4 Slicing Data

Slicing data dilakukan dengan aplikasi *Slicing*, guna untuk mengubah file model spesimen uji (.STL) menjadi file (g.code) untuk pencetakan, *Slicing* data menggunakan aplikasi *Slicing* dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada aplikasi ini sekaligus menambahkan parameter yang sudah ditentukan seperti Gambar 4.3.



Gambar 4.2 *Slicing* Data Menggunakan Aplikasi *Slicing*



Gambar 4.3 Penambahan Parameter di Aplikasi *Slicing*

9.1.5 Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen pada penelitian ini dengan mesin *3D printer* Anet ET4. Sebelum dicetak, data yang sudah di *slicing* dipindahkan ke kartu sd, kemudian kartu sd dimasukkan ke mesin *3D printer* Anet ET4. Pencetakan spesimen berdasarkan urutan parameter yang ditentukan supaya lebih teratur.



Gambar 4.4 Proses pencetakan Spesimen

9.1.6 Pengujian Impak Metode Charpy

Setelah semua proses pembuatan spesimen selesai, maka dilanjutkan dengan proses pengujian impak dengan alat uji impak GOTECH model GT-7045 metode *charpy* untuk mengetahui hasil sudut posisi akhir pendulum ($\cos \beta$) dari material ST PLA.



Gambar 4.5 Pengujian Impak metode *Charpy*

9.1.7 Kegagalan Pengujian Impak

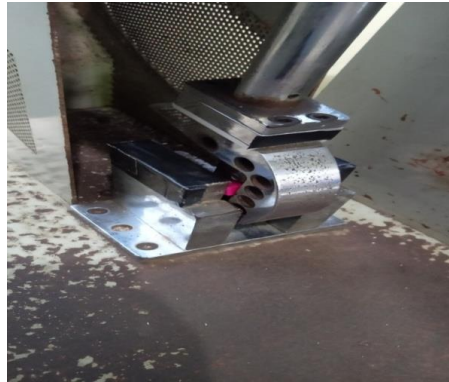
Apabila terdapat kegagalan pada pengujian impak, maka akan dicetak ulang sampai mendapatkan semua hasil sudut posisi akhir pendulum ($\cos \beta$) spesimen. Berikut ini adalah faktor kegagalan dalam pengujian impak diakibatkan karena :

1. Meja goyang pada saat penumbukan spesimen.
2. Spesimen bergerak pada saat penumbukan spesimen.
3. Poros goyang pada saat pendulum menumbuk spesimen.

Berikut ini ciri-ciri kegagalan dalam pengujian impak :



Gambar 4.6 Terdapat Cacat Dibagian Pinggir Spesimen



Gambar 4.7 Pendulum Tertahan Dikarenakan Tertahan Oleh Spesimen

9.1.8 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan hasil dari sudut posisi akhir pendulum ($\cos \beta$) maka dilakukan proses pengolahan data, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perhitungan rumus (3) dan (4) untuk mengetahui nilai tertinggi dan terendah pengujian impak/Harga Impak dari parameter yang sudah ditentukan. Contoh perhitungan eksperimen nomor 1 adalah sebagai berikut :

$$E = m \cdot g \cdot \lambda \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 141^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$E = 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 (0,089)$$

$$E = 0,873 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 0,873 \text{ Joule}$$

$$A = p \times l$$

$$A = 55 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$$

$$A = 550 \text{ mm}^2$$

$$HI = E : A$$

$$HI = 0,873 \text{ Joule} : 550 \text{ mm}^2$$

$$HI = 0,00159 \text{ Joule/mm}^2$$

9.1.9 Analisa dan Kesimpulan

Analisa dan kesimpulan data yang sudah diolah dengan aplikasi *Microsoft Excel* guna untuk mengetahui parameter mana yang menghasilkan kekuatan impak/harga impak tertinggi dan parameter mana yang menghasilkan kekuatan impa/harga impak terendah.

9.2 Hasil pengujian Impak

Setelah melakukan pengujian impak metode *charpy* pada spesimen cetak, maka diperoleh hasil yang beragam dari setiap urutan eksperimen yang memiliki nilai yang berbeda-beda terhadap parameter tetap yaitu *layer thickness* 0,2mm, *bed temperature* 60°C, dan *travel speed* 100mm/s dan parameter berubah yaitu *nozzle temperature* 210°C, 215 °C dan 220 °C, 40mm/s dan 50mm/s dengan 13 *type infill* yang berbeda yaitu *Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, ZigZag, Cross, Cross 3D dan Gyroid*, yang terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Nilai Hasil Impak

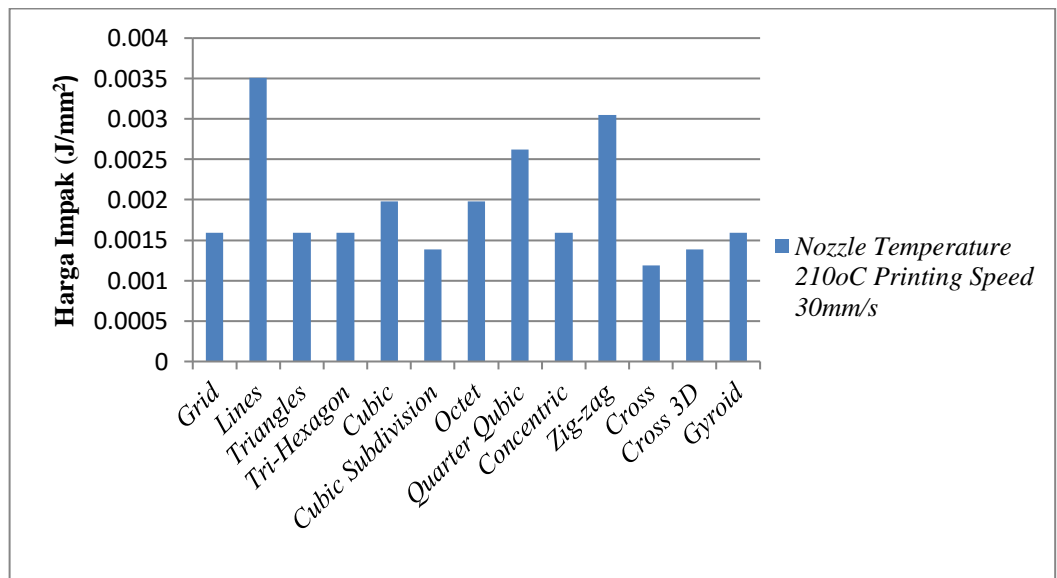
<i>Exp No</i>	<i>Infill Geometry</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer Thickness (mm)</i>	<i>Bed Temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Harga Impak (J/mm²)</i>
1	<i>Grid</i>	30	210	0.2	60	100	0,00159
2	<i>Lines</i>	30	210	0.2	60	100	0,00351
3	<i>Triangles</i>	30	210	0.2	60	100	0,00159
4	<i>Tri-Hexagon</i>	30	210	0.2	60	100	0,00159
5	<i>Cubic</i>	30	210	0.2	60	100	0,00198
6	<i>Cubic Subdivision</i>	30	210	0.2	60	100	0,00139
7	<i>Octet</i>	30	210	0.2	60	100	0,00198
8	<i>Quarter Qubic</i>	30	210	0.2	60	100	0,00262
9	<i>Concentric</i>	30	210	0.2	60	100	0,00159
10	<i>Zig-zag</i>	30	210	0.2	60	100	0,00305
11	<i>Cross</i>	30	210	0.2	60	100	0,00119
12	<i>Cross 3D</i>	30	210	0.2	60	100	0,00139
13	<i>Gyroid</i>	30	210	0.2	60	100	0,00159
14	<i>Grid</i>	40	215	0.2	60	100	0,00178
15	<i>Lines</i>	40	215	0.2	60	100	0,00198
16	<i>Triangles</i>	40	215	0.2	60	100	0,00328
17	<i>Tri-Hexagon</i>	40	215	0.2	60	100	0,00262

Exp No	Infill Geometry	Printing Speed (mm/s)	Nozzle Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Bed Temperature (°C)	Travel Speed (mm/s)	Harga Impak (J/mm²)
18	<i>Cubic</i>	40	215	0.2	60	100	0,00240
19	<i>Cubic Subdivision</i>	40	215	0.2	60	100	0,00219
20	<i>Octet</i>	40	215	0.2	60	100	0,00198
21	<i>Quarter Qubic</i>	40	215	0.2	60	100	0,00471
22	<i>Concentric</i>	40	215	0.2	60	100	0,00159
23	<i>Zig-zag</i>	40	215	0.2	60	100	0,00328
24	<i>Cross</i>	40	215	0.2	60	100	0,00159
25	<i>Cross 3D</i>	40	215	0.2	60	100	0,00159
26	<i>Gyroid</i>	40	215	0.2	60	100	0,00305
27	<i>Grid</i>	50	220	0.2	60	100	0,00178
28	<i>Lines</i>	50	220	0.2	60	100	0,00178
29	<i>Triangles</i>	50	220	0.2	60	100	0,00178
30	<i>Tri-Hexagon</i>	50	220	0.2	60	100	0,00178
31	<i>Cubic</i>	50	220	0.2	60	100	0,00178
32	<i>Cubic Subdivision</i>	50	220	0.2	60	100	0,00159
33	<i>Octet</i>	50	220	0.2	60	100	0,00219
34	<i>Quarter Qubic</i>	50	220	0.2	60	100	0,00398
35	<i>Concentric</i>	50	220	0.2	60	100	0,00653
36	<i>Zig-zag</i>	50	220	0.2	60	100	0,00178
37	<i>Cross</i>	50	220	0.2	60	100	0,00328
38	<i>Cross 3D</i>	50	220	0.2	60	100	0,00139
39	<i>Gyroid</i>	50	220	0.2	60	100	0,00305

9.3 Pembahasan Penelitian

9.3.1 Hasil Parameter Nozzle Temperature 210°C, Printing Speed 30mm/s Dengan 13 Tipe infill

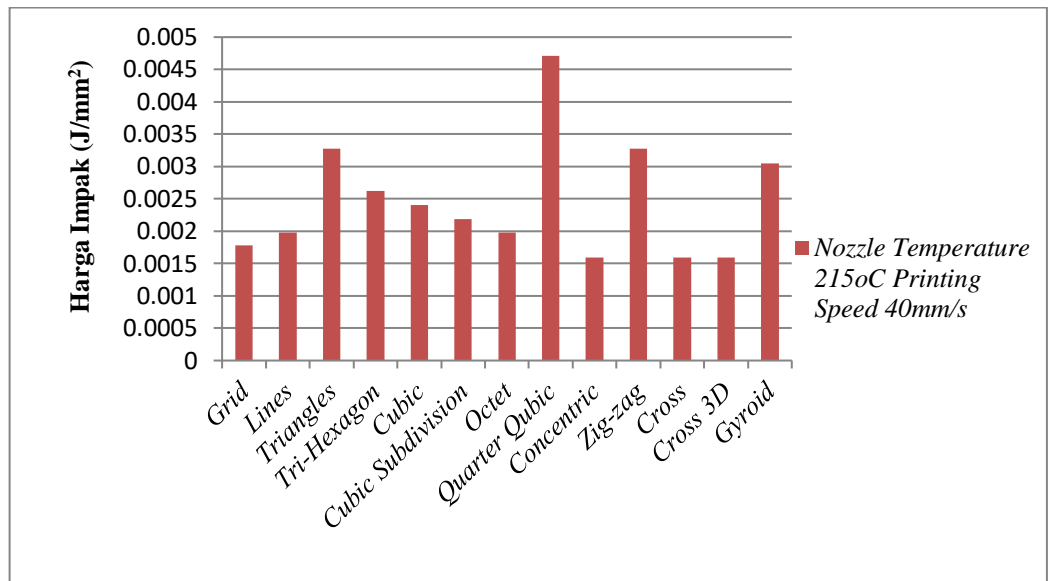
Pada hasil dari pengujian impak meode *charpy* dengan parameter 13 tipe *infill*, *nozzle temperature* 210°C, *printing speed* 30mm/s, *layer thickness* 0,2mm, *bed temperature* 60°C, dan *travel speed* 100mm/s, didapatkan nilai Harga Impak tertinggi yaitu 0,00351 Joule/mm² dengan *infill Lines*, dan nilai Harga Impak terendah yaitu 0,00119 Joule/mm² dengan *infill Cross*. Hasil dari pembahasan ini dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil Harga Impak Nozzle Temperature 210°C dan Printing Speed 30mm/s

9.3.2 Hasil Parameter Nozzle Temperature 215°C, Printing Speed 40mm/S Dengan 13 Tipe Infill

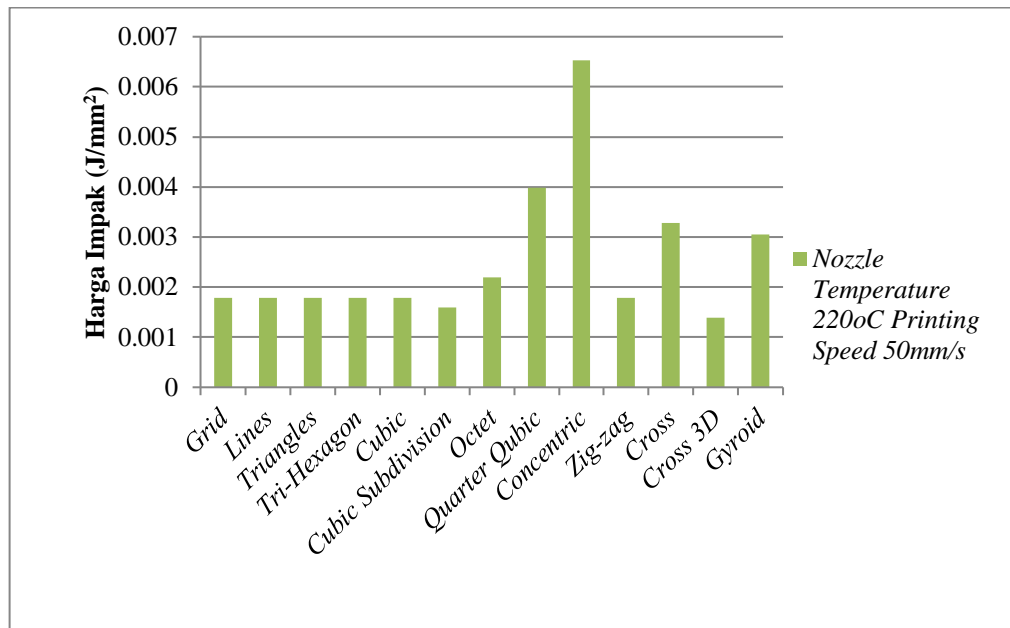
Pada hasil dari pengujian impak metode *charpy* dengan parameter 13 tipe *infill*, *nozzle temperature* 215°C, *printing speed* 40mm/s, *layer thickness* 0,2mm, *bed temperature* 60°C, dan *travel speed* 100mm/s, didapatkan nilai Harga Impak tertinggi yaitu 0,00471 Joule/mm² dengan *infill Quarter Qubic* dan nilai Harga Impak terendah yaitu 0,00159 Joule/mm² dengan *infill Concentric*, *Cross* dan *Cross 3D*. Hasil dari pembahasan ini dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil Harga Impak *Nozzle Temperature 215°C Printing Speed 40mm/s*

9.3.3 Hasil Parameter Printing Speed 50mm/S, Nozzle Temperature 220°C Dengan 13 Tipe Infill

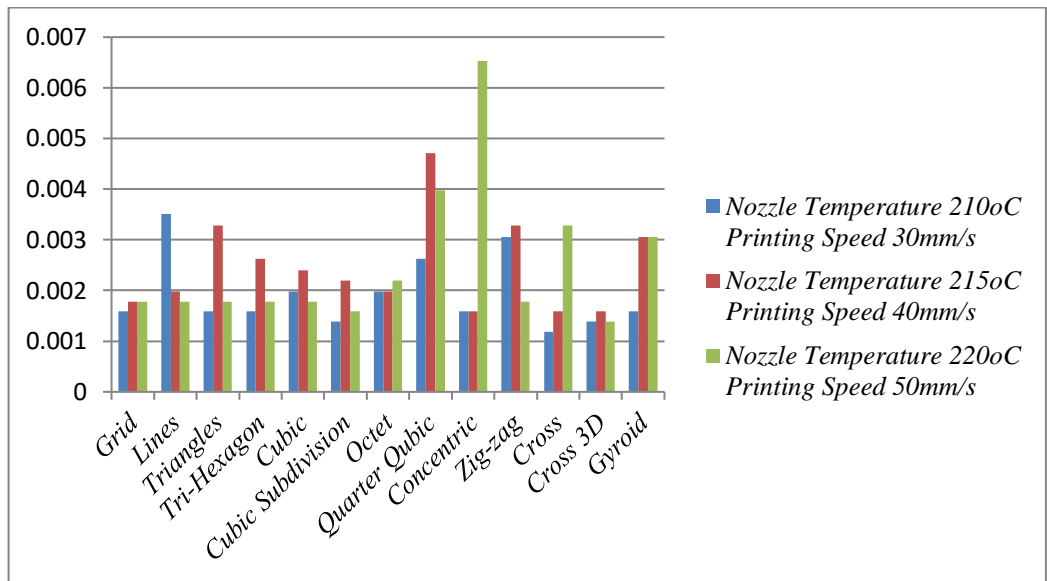
Pada hasil dari pengujian impak metode *charpy* dengan parameter 13 tipe *infill* , *nozzle temperature 220°C*, *printing speed 50mm/s*, *layer thickness 0.2mm*, *bed temperature 60° C*, dan *travel speed 100mm/s*, maka didapatkan nilai Harga Impak tertinggi yaitu 0,00653 Joule/mm² dengan *infill Concentric* dan nilai Harga Impak terendah yaitu 0,00139 Joule/mm² dengan *infill Cross 3D*. Hasil dari pembahasan ini dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Harga Impak *Printing Speed* 50mm/s *Nozzle Temperature* 220°C

9.3.4 *Pebahasan Hasil Pengujian*

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian impak yang diolah dengan parameter berubah yaitu 13 *Infill Geometri*, *Printing Speed* (30mm/s, 40 mm/s dan 50mm/s), dan *Nozzle Temperature* (210 °C, 215 °C dan 220 °C) dan parameter tetap yaitu *Layer Thickness* 0.2mm, *Bed Temperature* 60° C, dan *Travel Speed* 100mm/s menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.11, bahwa parameter berubah (*Infill Geometri*, *Printing Speed*, dan *Nozzle Temperature*) memiliki pengaruh terhadap hasil dari harga impak/kekuatan impak, sehingga nilai tertinggi dari hasil pengujian impak adalah pada infill *concentric*, *printing speed* 50 mm/s dan *temperature nozzle* 220°C dengan hasil 0,00653 Joule/mm², dan nilai terendah dari hasil pengujian impak adalah pada infill *cross*, *printing speed* 30 dan *temperature nozzle* 210 dengan hasil 0,00119 Joule/mm² yang terdapat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil Uji Impak Spesimen

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

14.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang didapat, maka disimpulkan bahwa hasil pengujian impak metode *charpy* menggunakan spesimen ST PLA didapatkan nilai uji impak terbesar pada eksperimen nomor 35 sebesar 0,00653 Joule/mm² dengan *Infill geometry Concentric, printing speed 50mm/s* dan *nozzle temperature 220°C*. Nilai uji impak terendah terdapat pada eksperimen nomor 11 sebesar 0,00119 Joule/mm² dengan *Infill geometry Cross, printing speed 30mm/s* dan *nozzle temperature 210°C*.

14.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan ada beberapa saran yang dapat diberikan yaitu :

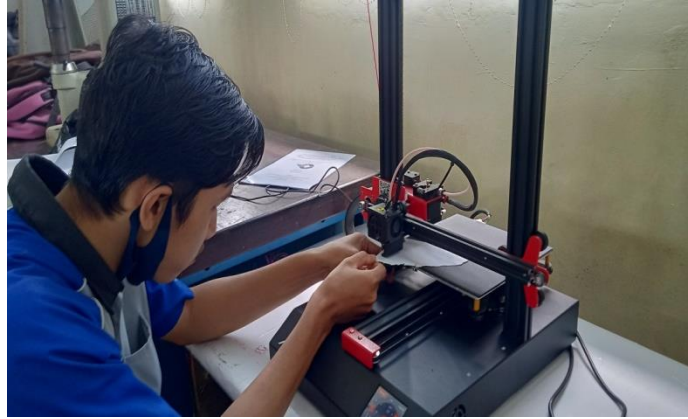
1. Untuk pengembangan lebih lanjut lagi tentang penelitian pengujian impak dengan filamen jenis plastik lainnya, agar mendapatkan hasil yang beragam dari berbagai filamen yang berbeda.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut tentang parameter-parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Putranto Beni (2011), Perancangan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Komposit Berpenguat Serat Alam(Natural Fiber), Perpustakaan.uns.ac.id
2. Winarto, S., F, B. W., & Sugito, B. (2015). Pengaruh Suhu Dari Bottom Plate Terhadap Produk Printer 3d. *core.ac.uk*, hal 1-14, surakarta
3. Putra Wawan Trisnadi, Ismono, Fadelan dan Winardi, Y., (2017), Analisa Hasil Uji Impak Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan Campuran (PP + PET), R.E.M (Rekayasa Energi Manufaktur), Vol. 2.
4. Wawandaru Momon dan Fitri Muhamad (2017), Perancangan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Plastik Dengan Takik, Zona Mesin,. - 3 : Vol.
5. Idekubagus, idekubagus.com, *Pengertian 3D Printer FDM (Fused Deposition Modeling)*, 8 February 2018 – 4 March 2021, <https://www.idekubagus.com/2018/02/pengertian-3d-printer-fdm-fused.html>
6. Fancyco, m.id.fancycoprinting.com[Online] Asam polylactic, Fancyco, 31 July 2018. - 23 January 2021, <http://m.id.fancycoprinting.com/info/polylactic-acid-28452676.html>
7. Fomustudio, fomustudio.com, *3D Printer adalah Teknologi Modern Dalam Dunia Percetakan*, November 1, 2018 - March 5, 2021, <https://fomustudio.com/3d-printer-adalah-teknologi-modern-dalam-dunia-percetakan>.
8. CCTREE, primes3d.com, What is ST-PLA? What is different from PLA [Online] CCTREE, 25 March 2019. - 16 November 2020, i00008i1.html.
9. Enomaker, Amazon.com [Online], Enomaker St-Pla (PLA++) 3D Printer Filament Black 1.75MM 1kg(2.2LBS) Spool Improved By New Formula For Creality CR-10 V2 <https://www.primes3d.com/info/what-is-st-pla-what-is-the-different-from-pla--Ender-3,Ender-3>, 6 August 2019. - 12 January 2021. - <https://www.amazon.com/ENOMAKER-Improved-Printer-FilamentCreality/dp/B07W6CX836?th=1>
10. Pristiansyah, Hasdiansah dan Sugiyarto, (2019), Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi menggunakan Filament Eflex, Manutech:Jurnal Teknologi Manufaktur, Vol. 11, hal 33-40, Sungailiat.
11. Suzen, Z.S., Hasdiansah dan Yuliyanto (2020), Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun, Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur, Vol. 12

LAMPIRAN 1

1. Foto Observasi



Gambar 1.1 Mengatur leveling bed 4 sisi ke sumbu Z ke titik nol

LAMPIRAN 2

2. Proses Pengambilan Data Pengujian Impak



Gambar 2.1 Eksperimen Nomor 1



Gambar 2.2 Eksperimen Nomor 2



Gambar 2.3 Eksperimen Nomor 3



Gambar 2.4 Eksperimen Nomor 4



Gambar 2.5 Eksperimen Nomor 5



Gambar 2.6 Eksperimen Nomor 6



Gambar 2.7 Eksperimen Nomor 7



Gambar 2.8 Eksperimen Nomor 8



Gambar 2.9 Eksperimen Nomor 9



Gambar 2.10 Eksperimen Nomor 10



Gambar 2.11 Eksperimen Nomor 11



Gambar 2.12 Eksperimen Nomor 12



Gambar 2.13 Eksperimen Nomor 13



Gambar 2.14 Eksperimen Nomor 14



Gambar 2.15 Eksperimen Nomor 15



Gambar 2.16 Eksperimen Nomor 16



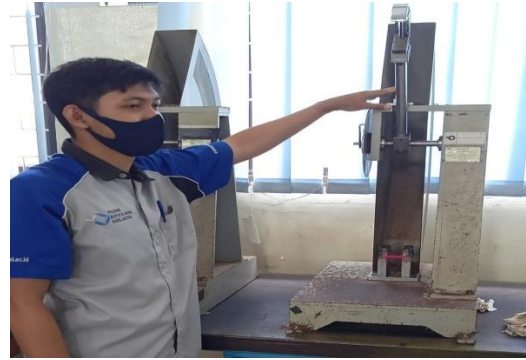
Gambar 2.17 Eksperimen Nomor 17



Gambar 2.18 Eksperimen Nomor 18



Gambar 2.19 Eksperimen Nomor 19



Gambar 2.20 Eksperimen Nomor 20



Gambar 2.21 Eksperimen Nomor 21



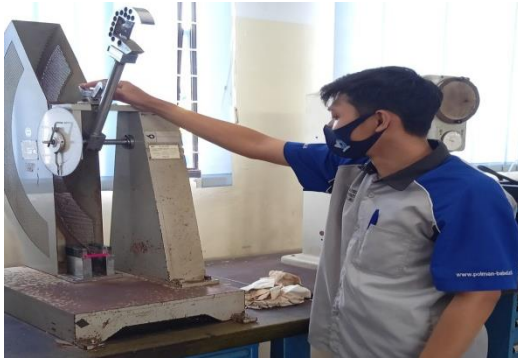
Gambar 2.22 Eksperimen Nomor 22



Gambar 2.23 Eksperimen Nomor 23



Gambar 2.24 Eksperimen Nomor 24



Gambar 2.25 Eksperimen Nomor 25



Gambar 2.26 Eksperimen Nomor 26



Gambar 2.27 Eksperimen Nomor 27



Gambar 2.28 Eksperimen Nomor 28



Gambar 2.29 Eksperimen Nomor 29



Gambar 2.30 Eksperimen Nomor 30



Gambar 2.31 Eksperimen Nomor 31



Gambar 2.32 Eksperimen Nomor 32



Gambar 2.33 Eksperimen Nomor 33



Gambar 2.34 Eksperimen Nomor 34



Gambar 37. Eksperimen Nomor 35



Gambar 3.36 Eksperimen Nomor 36



Gambar 2.37 Eksperimen Nomor 37



Gambar 2.38 Eksperimen Nomor 38



Gambar 2.39 Eksperimen Nomor 39

LAMPIRAN 3

3.1 Hasil Pengujian Impak



Gambar 3.1 Hasil Patahan Pengujian Impak