

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING
TERHADAP KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN
METODE CHARPY PADA FILAMEN PLA**

*THE INFLUENCE OF 3D PRINTING PROCESS PARAMETERS ON IMPACT
STRENGTH USING THE CHARPY METHOD IN PLA FILAMENTS*

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Diploma

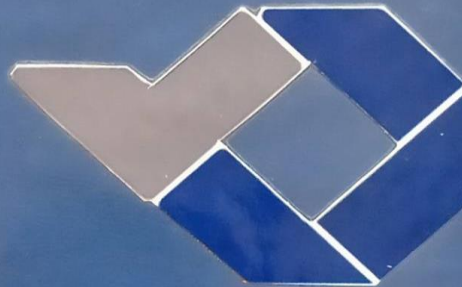
IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur

Di jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Ongki Rio Irfany

NIM : 1041755



**POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2021**

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING
TERHADAP KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN
METODE CHARPY PADA FILAMEN PLA**

*THE INFLUENCE OF 3D PRINTING PROCESS PARAMETERS ON IMPACT
STRENGTH USING THE CHARPY METHOD IN PLA FILAMENTS*

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

Di jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Ongki Rio Irfany

NIM : 1041755



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA
BELITUNG**

2021




**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING
TERHADAP KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN
METODE CHARPY PADA FILAMEN PLA**

Penulis :

Ongki Rio Irfany

NPM : 1041755

Penguji :

1. Ketua : Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T ,M.T 
2. Anggota :Erwansyah,S.S.T.,M.T 
3. Anggota :Indah Riezky Pratiwi,M.Pd 

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 26 Februari 2021
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan

Pembimbing Utama,



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

NIDN:0226058001

Pembimbing Pendamping,



Ariyanto,S.S.T.M.T.

NIDN:0221047602

Ketua Jurusan,



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

NIDN : 0024018802

ABSTRAK

Adanya teknologi 3D Printing di sektor manufaktur telah membawa perubahan besar bagi dunia industri, terutama untuk pembuatan spare part mesin seperti roda gigi, pasak dan sebagainya, atau produk manufaktur dengan harga yang terjangkau. Faktanya, teknologi ini (disebut juga "manufaktur lapisan tambahan") telah ada sejak tahun 1980-an. Pencetakan 3D merupakan terobosan baru di bidang teknologi. Terobosan ini populer di seluruh dunia, terutama di bidang akademisi dan industri. Penelitian ini menggunakan mesin 3D printing FDM model PRUSA area dengan dimensi 220mm X 220mm X 250mm dengan ukuran diameter nozzle 0,4mm. Material yang digunakan adalah filamen PLA dengan diameter 1.75mm dengan variasi parameternya yaitu infill geometri (Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Cross, Cross 3D dan Gyroid), printing speed (40mm/s, 50mm/s dan 60mm/s), flowrate (80%, 90% dan 100%) dan colling speed (40%, 50% dan 60%) yang ditentukan pada Ultimaker Cura 4.7.1 sehingga menghasilkan 39 sampel yang dicetak. Hasil dari pengujian dampak tertinggi terdapat pada spesimen uji nomor 6 cubic subdivision sebesar 0,00935 Joule/mm² dengan printing speed 40 flowrate 80 dan colling 40. Nilai uji dampak terendah pada eksperimen nomor 24 cross sebesar 0,00066 Joule/mm² dengan printing speed 50 flowrate 90 dan colling speed 50.

Kata Kunci : 3D Printing, filamen PLA, uji dampak Charpy.

ABSTRACT

The existence of 3D Printing technology in the manufacturing sector has brought big changes to the industrial world, especially for the manufacture of machine spare parts such as gears, pegs and so on, or manufactured products at affordable prices. In fact, this technology (also known as "add-on manufacturing") has been around since the 1980s. 3D printing is a new breakthrough in technology. This breakthrough was popular all over the world, especially in academia and industry. 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 material used is a PLA filament with a diameter of 1.75mm with a variety of parameters, namely infill geometry (Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Cross, Cross 3D and Gyroid), printing speed (40mm / s, 50mm / s and 60mm / s), flowrate (80%, 90% and 100%) and colling speed (40%, 50% and 60%) which are specified in ultimaker cura 4.7.1 so that produced 39 printed samples. The highest impact test results were found in the test specimen number 6 cubic subdivision of 0,00935 Joule/mm² with a printing speed of 40, flowrate 80 and colling 40. The lowest impact test value in experiment number 24 cross is 0,00066 Joule/mm² with a printing speed of 50, flowrate 90 and colling speed 50.

Keywords: 3D Printing, PLA filament, charpy impact test.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah tugas akhir ini yang berjudul **“PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN IMPAK MENGGUNAKAN METODE CHARPY PADA FILAMEN 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 terimakasih 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 yang telah menyetujui tugas akhir serta telah banyak memberikan konsep pemikiran dan dukungan tentang tugas akhir ini.
3. Ariyanto, S.S.T., M.T. Selaku pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan ide-ide dan konsep pemikirannya.
4. 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

Daftar Tabel	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Filament PLA (Polyactid Acid).....	5
2.1.1 3D printing	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Prinsip kerja mesin 3D printing	7
2.2 Mekanisme Proses 3D Printing	7
2.3 Bentuk infill geometry.....	8
2.3.1 Printing Speed.....	11
2.4 Pengujian Impak Metode Charpy	11
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 FlowChart Penelitian	15
3.2 Parameter	17
3.3 Mesin	19
3.4 Alat Uji Impak.....	19
3.5 Material PLA	20
3.6 Spesimen Uji	21
3.7 Metode yang digunakan	21
3.8 Prosedur Penelitian	21
3.9 Pengujian Impak.....	22
3.10 Proses Penelitian.....	22
3.10.1 Studi Literatur	23
3.10.2 Pembuatan Model Spesimen.....	23
3.10.3 Slicing Data.....	23
3.10.4 Pembuatan Spesimen	24

3.10.5 Pengujian Impak Metode Charpy	24
3.10.6 Pengolahan Data	24
3.10.7 Analisa dan Kesimpulan	25
3.11 Kegagalan Pengujian Impak.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Pengujian Impak	26
4.2 Pembahasan Penelitian	28
4.2.1 Hasil Parameter <i>printing speed</i> 40mm/s, <i>Flowrate</i> 80% dan <i>Colling speed</i> 40% dengan 13 tipe <i>infill</i>	28
4.2.2 Hasil Parameter <i>printing speed</i> 50mm/s, <i>Flowrate</i> 90% dan <i>Colling speed</i> 50% dengan 13 tipe <i>infill</i>	29
4.2.3 Hasil Parameter <i>printing speed</i> 60mm/s, <i>Flowrate</i> 100% dan <i>Colling speed</i> 60% dengan 13 tipe <i>infill</i>	29
4.2.4 Pebahasan Hasil Pengujian	30
BAB V KESIMPULAN dan SARAN	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSAKA.....	33

Daftar Tabel

Tabel 3.1 Nilai Level Parameter Yang Diuji.....	16
Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin.....	18
Tabel 3.3 Spesimen Alat Uji Impak GOTECH Model GT-7045.....	19
Tabel 3.4 Spesifikasi Filamen PLA.....	20
Tabel 4.1 Nilai Hasil Impak.....	26

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Ilustrasi Skematis Pengujian Impak Dengan Benda Uji Charpy	18
Gambar 2.2 Spesimen Uji ASTM E23 05.....	19
Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Mesin 3D Printing Anet ET 4.....	23
Gambar 3.3 Alat Uji Impak Charpy Model GT 7045.....	24
Gambar 3.4 Filamen PLA.....	25
Gambar 3.5 Spesimen Yang Sudah Dicitak.....	26
Gambar 3.6 Spesimen Yang Dibuat Menggunakan Software Gambar.....	27
Gambar 3.7 Spesimen Yang Sudah Di Slicing Di Software Ultimaker Cura 4.7.1.....	27
Gambar 3.8 Model Spesimen Uji.....	28
Gambar 3.9 Penambahan Parameter Di Ultimaker Cura 4.7.1.....	28
Gambar 3.10 Pengujian Impak Metode Charpy.....	29
Gambar 4.1 Hasil Harga Impak <i>Printing Speed 40 mm/s, Flowrate 80%, dan Colling Speed 40%</i>	33
Gambar 4.2 Hasil Harga Impak <i>Printing Speed 50 mm/s, Flowrate 90%, dan Colling Speed 50%</i>	34
Gambar 4.3. Hasil Harga Impak <i>Printing Speed 60 mm/s, Flowrate 100%, dan Colling Speed 60%</i>	35
Gambar 4.4 Hasil Uji Impak Spesimen.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Adanya 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)

PLA adalah plastik yang biasanya terkandung dalam kelompok poliester alifatik, yang dapat terdegradasi dengan hidrolisis. ABS adalah plastik polimer yang tersusun dari tiga jenis monomer yaitu akrilonitril, butadiena, dan stirena (septiawan, 2017).

Penelitian optimasi mengenai akurasi dimensi, pengulangan dan sifat mekanik material PLA dengan ukuran spesimen hasil uji impak material plastik

menunjukkan bahwa akurasi dimensi sangat dipengaruhi oleh temperatur ekstrusi dan ketebalan lapisan. Sebelum membuat desain menjadi kenyataan, bahan harus diuji. Dengan cara ini dapat dinyatakan bahwa struktur tersebut aman untuk pengoperasian manusia. Ketangguhan material terhadap rekahan getas merupakan masalah yang juga harus diperhatikan pada struktur plastik. Jika rekahan getas semacam ini terjadi pada bahan plastik dengan daya tahan rendah, maka rekahan tersebut akan menyebar dengan cepat dan dapat menyebabkan kerusakan dalam waktu singkat (Kurniadi, 2019)

Sebelum membuat desain menjadi kenyataan, bahan harus diuji. Dengan cara ini dapat dinyatakan bahwa struktur tersebut aman untuk pengoperasian manusia. Ketangguhan material terhadap rekahan getas merupakan masalah yang juga harus diperhatikan pada struktur plastik. Jika rekahan getas semacam ini terjadi pada bahan plastik dengan daya tahan rendah, maka rekahan tersebut akan menyebar dengan cepat dan dapat menyebabkan kerusakan dalam waktu singkat (Lubis, et al., 2016)

Untuk mengevaluasi ketahanan material terhadap rekahan getas, perlu dilakukan uji impak. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering dijumpai pada peralatan transportasi atau konstruksi, dengan kondisi tersebut beban tidak selalu terjadi secara perlahan tetapi tiba-tiba. Biasanya uji skala kecil adalah uji impak Charpy, karena dianggap lebih sederhana dan aman selama proses pengujian. (Wawandaru, et al., 2017).

Plastik merupakan bahan yang sulit terurai, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap sampah plastik yang ada di sekitar kita. Pengujian impak pada sampah plastik daur ulang bertujuan untuk mengetahui sifat fisik, ketahanan dan ketangguhan sampah plastik hasil daur ulang. Pengambilan sampel dilakukan dengan 10 kali pengujian terhadap sampel, nilai rata-rata sampel adalah plastik polipropilen, energi tumbukan rata-rata = 1,31 Joule, dan kekuatan tumbukan rata-rata = 0,0161 Joule / mm². Energi tumbukan rata-rata polietilen tereftalat jenis plastik = 1,15 Joule, kekuatan tumbukan rata-rata = 0,0138 Joule / mm², bila

plastik dicampur antara PP dan PET, energi tumbukan rata-rata = 1,18 Joule dan kekuatan tumbukan Nilai rata-rata / kekuatan tumbukan = 0,0145 Joule / mm². Hasil pengujian plastik polipropilen memiliki nilai dampak tertinggi pada sampah plastik hasil daur ulang (Trisnadi, et al., 2017).

Dengan banyaknya penelitian mengenai uji Tarik menggunakan filament plastik 3D printing dan mengenai uji impact menggunakan bahan Logam dengan metode *charpy* dan *izod* , maka dari itu dilakukanlah penelitian ini yang mengenai Uji Impak menggunakan Filamen Plastik jenis PLA . Guna untuk mengetahui ketangguhan dari suatu material . Oleh karena itu , penelitian ini berfokuskan pada setting parameter terbaik agar dapat menghasilkan nilai uji impak yang diinginkan. (Hakim, et al., 2019)

Penelitian yang dilakukan pada material PLA+ Esun diameter 1,75mm menggunakan mesin 3D printing FDM model PRUSA dengan dimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm dan *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 Sudivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig-Zag, Croos, 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 tipe *concentric*, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji ke 22 yaitu 24,50 Mpa dengan parameter *temperature nozzle* 205 °C dan infill tipe *cross*. (Suzen, et al., 2020)

Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan dan keuletan material.pada uji impak ini digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). pembebanan dari jenis ini dapat dilihat pada strain ratenya.pada pembebanan cepat atau disebut pengujian impak terjadi proses penyerapan yang besar dari energy kinetic suatu beban yang menumbuk kebenda uji (Trisnadi, et al., 2017)

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh parameter *printing speed*, *flowrate* dan *colling speed* pencetakan filamen PLA yang akan di uji dampak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh parameter proses 3D Printer yang ditentukan terhadap hasil dari pengujian dampak material PLA.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai tertinggi dan terendah dari pengujian dampak berdasarkan parameter yang telah ditentukan pada material PLA.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan material PLA dengan diameter 1.75 mm.
2. Menggunakan parameter *printing speed*, *flowrate* dan *colling speed* dengan pengujian uji IMPAK metode charpy
3. Posisi cetak spesimen 45%
4. Alat Uji Dampak GOTECH metode *Charpy* model GT-7045 dengan kapasitas 150 kg/cm
5. Mesin 3D *Printing* Anet ET4 dengan *Printing* area XYZ 220mm x 220mm x 250mm

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Filament PLA (Polyactid Acid)

PLA atau *PolyLactid Acid* (PLA) merupakan bioplastik atau plastik organik yang terbuat dari minyak nabati, pati jagung, pati kacang polong dan microbiota. Bioplastik pada umumnya bersifat dapat terdegradasi secara alami dan dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional. Sifatnya menyebabkan harganya yang lebih mahal dari plastik konvensional. Namun dengan isu menipisnya cadangan minyak bumi maka bioplastik akan segera menjadi kompetitif dibanding plastik lainnya. Kelebihan lain dari plastik *biodegradable* adalah diproduksi dari sumber terbarukan bukan dari minyak dan mempunyai sifat dapat terdegradasi secara alami (3D CENTRI, 2019).

Bahan Plastik Pla seringkali kita temui dalam proses *3D printing*. PLA juga populer digunakan dalam jasa 3D printing di sekitar kita. baik itu berupa *filament* PLA atau PLA+. PLA atau asam *Polylactic* adalah poliester termoplastik. Ini biasanya berasal dari sumber daya terbarukan, seperti tepung jagung, akar tapioka atau tebu. Salah satu hal yang paling menarik tentang plastik PLA adalah bahwa plastik itu terdegradasi secara alami ketika terpapar lingkungan. misalnya, item yang terbuat dari plastik PLA di lautan memiliki waktu degradasi dalam urutan enam bulan hingga dua tahun. Bandingkan ini dengan plastik konvensional, yang membutuhkan waktu dari 500 hingga 1.000 tahun untuk terdegradasi. Penting untuk menunjukkan bahwa meskipun PLA akan menurun dalam lingkungan alami yang terbuka, PLA sangat kuat bila digunakan dalam aplikasi normal seperti mainan yang dicetak atau bagian penting dari printer. Dalam hal itu, Anda dapat menganggapnya mirip dengan besi. Jika pengujian mengeksposnya ke kelembapan terus-menerus atau membiarkannya di luar, itu akan berkarat dan menjadi tidak dapat digunakan dalam waktu singkat. Tetapi jika

Anda memilikinya di rumah Anda, Anda akan berharap itu berlangsung hampir tanpa batas (3D CENTRI, 2019).

Parameter	Value	Unit
Diameter	1.75	mm
Diameter Tolerance	± 0.05	mm
Melt Temperatur	200-220o	o
Density	1.24	g/cm
Tensile Strength	60	g/mm

Gambar 2.2 Mechanical Propertis Filamen PLA

(Doungkom, et al., 2019)

2.1.1 3D printing

2.1.2 *3D printing* merupakan salah satu bagian dari *additive manufacturing*. mesin *3D printing* merupakan alat untuk membuat benda tiga dimensi dari *file digital*. penciptaan objek cetak *3D* dicapai menggunakan proses adiktif, sebuah objek dibuat dengan meletakkan lapisan tipis secara berurutan sampai objek berbentuk yang diinginkan. masing – masing lapisan ini dapat dilihat sebagai potongan melintang horizontal yang diiris tipis dari objek yang akhirnya membentuk suatu benda tiga dimensi. *3D printing* adalah kebalikan dari manufaktur subratif yang biasanya dilihat dimesin CNC atau mesin bubut yang mengikis sampai bentuk yang diinginkan. *3D printer* memungkinkan dapat bentuk yang kompleks dengan menggunakan lebih sedikit bahan dari pada metode pembuatan tradisioanal. Proses *3D printing* dimulai dengan model 3D. dapat memilih untuk menggunakan scanner 3D aplikasi prangkat scan atau dapat menggunakan software desain 3D (3D CENTRI, 2019).

2.1.3 Prinsip kerja mesin 3D printing

Prinsip utama kerja *3D printing* yaitu membutuhkan data yang berbentuk tiga dimensi juga atau yang disebut dengan ‘data digital tiga dimensi. Dalam dunia keteknikan bisa disebut dengan CAD (*Computer Aided Desig*). CAD merupakan aplikasi yang mampu menanampilkan data dalam 3 dimensi.

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 Pencetakan

Setelah file desain 3D siap, selanjutnya menggunakan *3D printing*. 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.

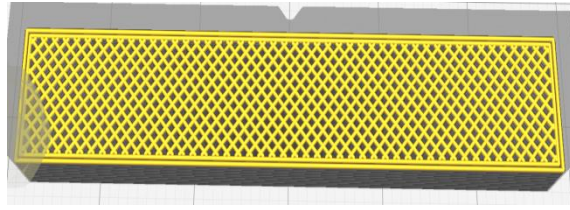
3. Proses Finishing

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).

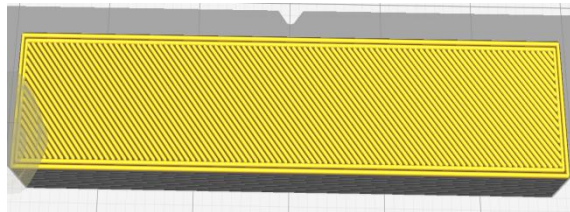
2.3 Bentuk infill geometry

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* ultimaker Cura 4.7.1:

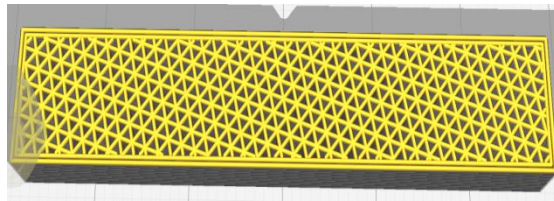
1. Kisi (*Grid*)



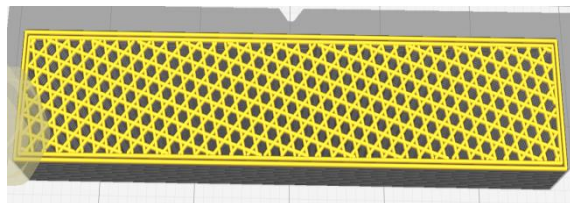
2. Garis (*Lines*)



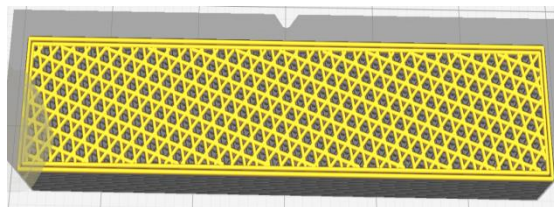
3. Segitiga (*Triangless*)



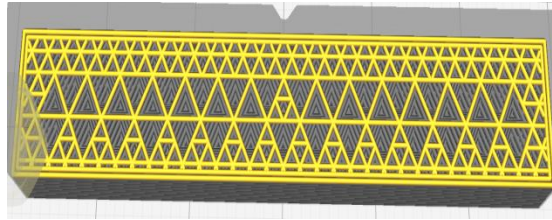
4. *Tri-hexagon*



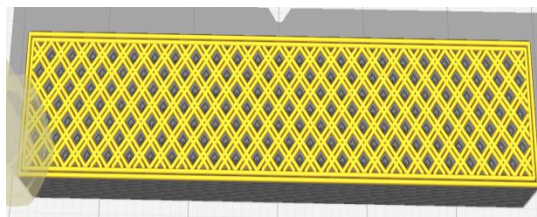
5. Kubik (*Cubic*)



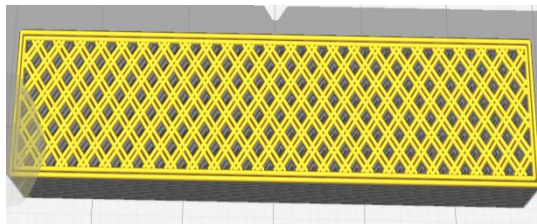
6. Kubik subdivisi (*Cubic Subdivision*)



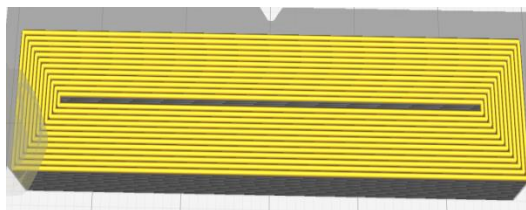
7. Oktet (*Octet*)



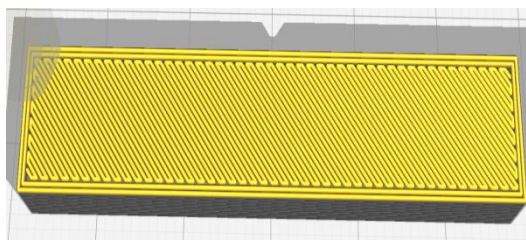
8. Seperempat kubik (*Quarter Qubic*)



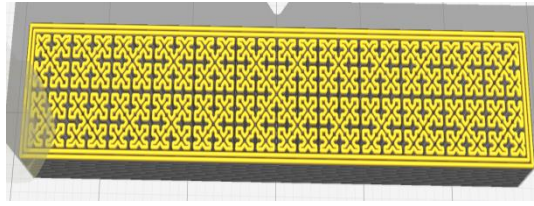
9. Konsentris (*Concentric*)



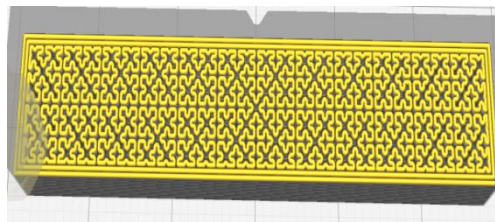
10. Berliku-liku (*Zig-zag*)



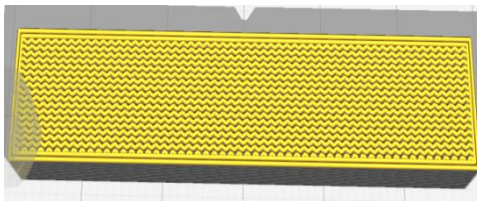
11. Silang (*Cross*)



12. Silang 3D (*Cross*)



13. Gyroid



2.3.1 Printing Speed

Kecepatan Cetak (Kecepatan saat Mengekstrusi) 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.

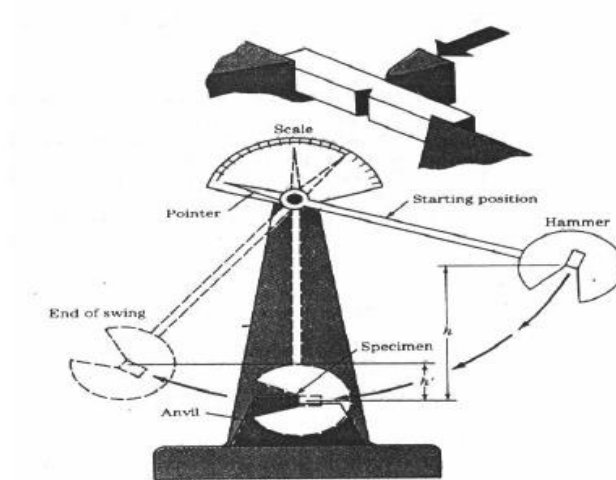
2.4 Pengujian Impak Metode Charpy

Pengujian impak *Charpy* (juga dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah

energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges *Charpy*. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama Perang Dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dan lain-lain) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji impact *charpy* adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik.

Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan keuletan atau kegetasan terhadap benda uji tersebut. Percobaan uji impact *charpy* dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar ASTM E23 05. Gambar 2.1 Sketsa Teoritis Perhitungan Uji Impak.



Gambar 2.1 Ilustrasi skematis pengujian impact dengan benda uji *Charpy* (Putranto, 2011)

Besarnya energi impact (joule) dapat dilihat pada skala mesin pengujian . Sedangkan besarnya energi impact dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

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

Keterangan :

E_p = Energi Potensial

E_m = Energi Mekanik

m = Berat Pendulum (Kg)

g = Gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$

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 :

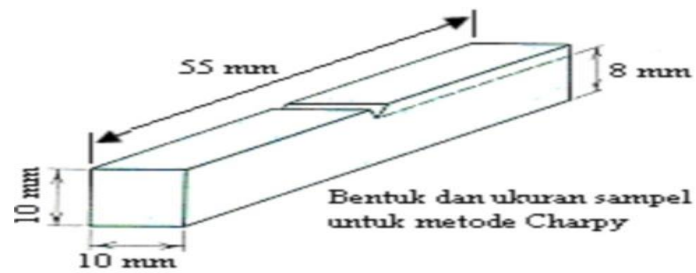
$$IS = \frac{E}{A} \quad (4)$$

dimana:

E: energi yang diserap (joule)

A: luas area penampang dibawah takik (mm^2)

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



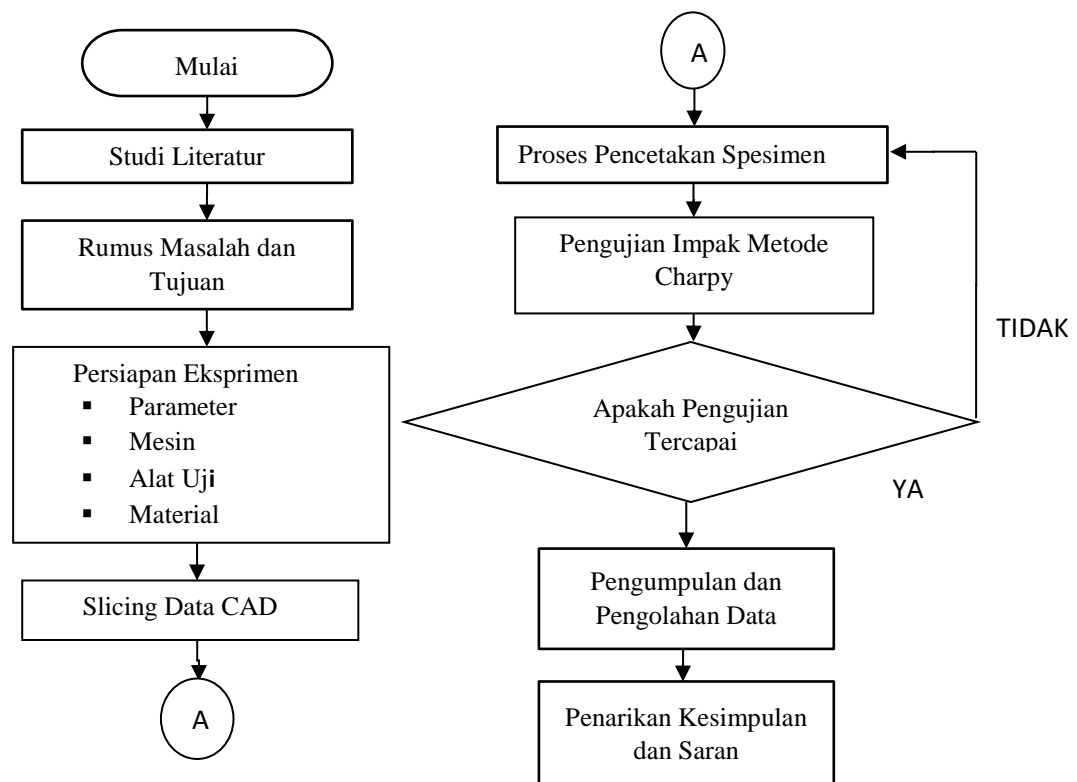
Gambar 2.2 Spesimen uji ASTM E23 05

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 FlowChart Penelitian

Flowchart penelitian ini disiapkan sebaik mungkin bertujuan agar peneliti lebih terarah, sesuai dengan Gambar 3.1



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.2 Parameter

Setelah persiapan selesai dilakukan, maka akan dilanjutkan dengan menentukan parameter proses cetak seperti, printing speed, flowrate dan colling speed, printing temperature, layer height, outer wall line width, wall thickness, top layer, bottom layer, infill densit dan temperature pada tabel 3.1

<i>Exp No</i>	<i>Infill Geometry</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Flow Rate (mm/s)</i>	<i>Colling Speed (mm/s)</i>	<i>Layer Thickness (mm)</i>	<i>Bed Temperature (° C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>
1	<i>Grid</i>	40	80	40	0.2	200	100
2	<i>Lines</i>	40	80	40	0.2	200	100
3	<i>Triangles</i>	40	80	40	0.2	200	100
4	<i>Tri-Hexagon</i>	40	80	40	0.2	200	100
5	<i>Cubic</i>	40	80	40	0.2	200	100
6	<i>Cubic Subdivision</i>	40	80	40	0.2	200	100
7	<i>Octet</i>	40	80	40	0.2	200	100
8	<i>Quarter Qubic</i>	40	80	40	0.2	200	100
9	<i>Concentric</i>	40	80	40	0.2	200	100
10	<i>Zig-zag</i>	40	80	40	0.2	200	100
11	<i>Cross</i>	40	80	40	0.2	200	100
12	<i>Cross 3D</i>	40	80	40	0.2	200	100
13	<i>Gyroid</i>	40	80	40	0.2	200	100
14	<i>Grid</i>	50	90	50	0.2	200	100
15	<i>Lines</i>	50	90	50	0.2	200	100
16	<i>Triangles</i>	50	90	50	0.2	200	100
17	<i>Tri-Hexagon</i>	50	90	50	0.2	200	100
18	<i>Cubic</i>	50	90	50	0.2	200	100
19	<i>Cubic</i>	50	90	50	0.2	200	100

	<i>Subdivision</i>						
20	<i>Octet</i>	50	90	50	0.2	200	100
21	<i>Quarter Qubic</i>	50	90	50	0.2	200	100
22	<i>Concentric</i>	50	90	50	0.2	200	100
23	<i>Zig-zag</i>	50	90	50	0.2	200	100
24	<i>Cross</i>	50	90	50	0.2	200	100
25	<i>Cross 3D</i>	50	90	50	0.2	200	100
26	<i>Gyroid</i>	50	90	50	0.2	200	100
27	<i>Grid</i>	60	100	60	0.2	200	100
28	<i>Lines</i>	60	100	60	0.2	200	100
29	<i>Triangles</i>	60	100	60	0.2	200	100
30	<i>Tri-Hexagon</i>	60	100	60	0.2	200	100
31	<i>Cubic</i>	60	100	60	0.2	200	100
32	<i>Cubic Subdivision</i>	60	100	60	0.2	200	100
33	<i>Octet</i>	60	100	60	0.2	200	100
34	<i>Quarter Qubic</i>	60	100	60	0.2	200	100
35	<i>Concentric</i>	60	100	60	0.2	200	100
36	<i>Zig-zag</i>	60	100	60	0.2	200	100
37	<i>Cross</i>	60	100	60	0.2	200	100
38	<i>Cross 3D</i>	60	100	60	0.2	200	100
39	<i>Gyroid</i>	60	100	60	0.2	200	100

3.3 Mesin

Mesin 3D *Printing* Anet ET4 dengan Printing area XYZ 220mm x 220mm x250mm ditunjukkan pada gambar.3.1



Gambar 3.1 Mesin 3D *Printing* Anet ET 4

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin

Sumbu X	220 mm
Sumbu Y	220 mm
Sumbu Z	250 mm
Ukuran Nozel	0,4 mm
Berat Mesin	10 kg

3.4 Alat Uji Impak

Alat Uji Impak GOTECH metode Charpy model GT-7045 dengan kapasitas 150 kg/cm ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.2 Alat Uji Impak *Charpy* model GT-7045

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Uji Impak GOTECH model GT-7045

Berat Pendulum (m)	2.5 Kg
Jarak lengan pengayun (λ)	0.4 m
Sudut posisi awal pendulum (α)	150°

3.5 Material PLA

Material Filamen plastik jenis PLA dengan diameter 1,75 mm ditunjukkan pada gambar 3.4



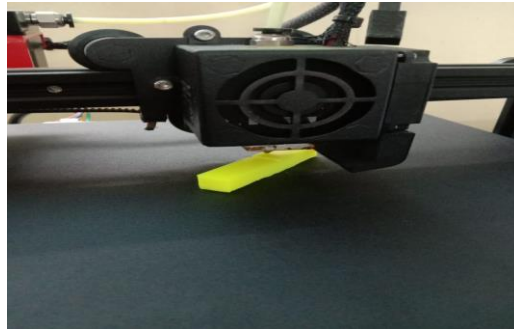
Gambar 3.3 Filamen PLA

Tabel 3.4 Spesifikasi Filamen PLA

Filament Diameter	1.75 mm
Print Temperature	190 – 225°C
Bed Temperature	55 – 65 °C
Density	1.24 g/m ³
Tensile Strength	65 MPa
Elongation at Break	5%

3.6 Spesimen Uji

Spesimen yang sudah dicetak dengan mesin 3D Printing, dengan sudut orientasi 45%, ditunjukkan pada Gambar 3.5



Gambar 3.4 Spesimen yang sudah dicetak

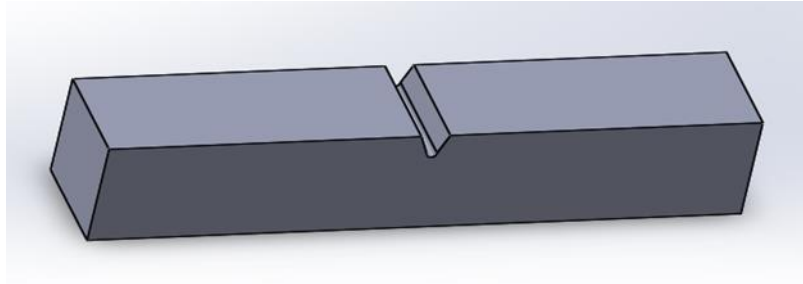
3.7 Metode yang digunakan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Eksperimen. pada tahap eksperimen ini dilakukan hal-hal sebagai berikut:

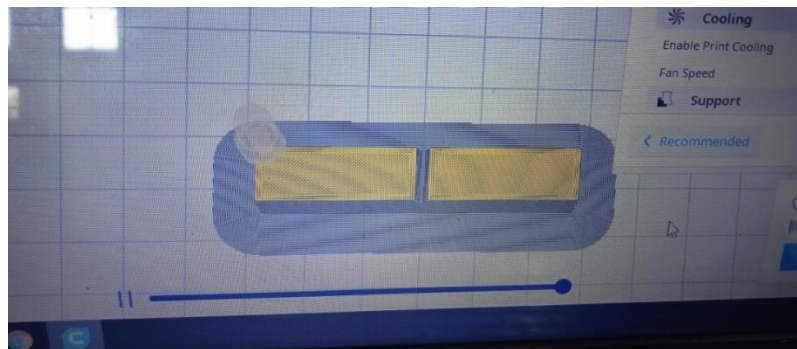
1. Melakukan pembuatan spesimen berdasarkan ukuran standar ASTM E23-05.
2. Melakukan proses pencetakan berdasarkan parameter proses yang akan di uji.
3. Melakukan pengujian impak pada bahan filamen PLA yang sudah di cetak di mesin *3D printing*.

3.8 Prosedur Penelitian

Pembuatan model spesimen uji dengan menggunakan aplikasi solidworks 2013, 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 3.5 Spesimen yang dibuat menggunakan software gambar
Penambahan parameter yang ditentukan pada pencetakan spesimen serta slicing data spesimen yang akan di cetak dengan menggunakan aplikasi Ultimaker Cura 4.7.1.



Gambar 3.6 Spesimen yang sudah di slicing di software Ultimaker Cura 4.7.1.

3.9 Pengujian Impak

Pengujian impak spesimen ini berdasarkan parameter yang telah ditentukan sesuai dengan urutan pembuatannya.

3.10 Proses Penelitian

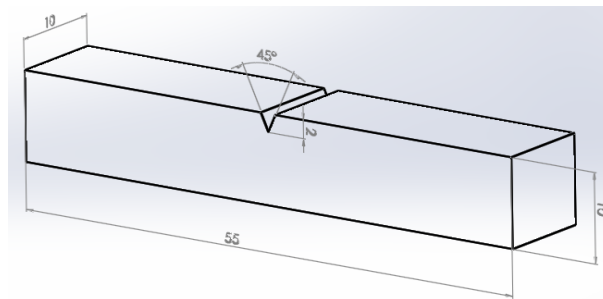
Proses penelitian ini dilakukansesuai urutan diagram flow chart penelitian. Berdasarkan tahapan alur penelitian tersebut adalah:

3.10.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari jurnal-jurnal, buku-buku dan internet yang berhubungan dengan filamen PLA, 3D printing, dan uji impak

3.10.2 Pembuatan Model Spesimen

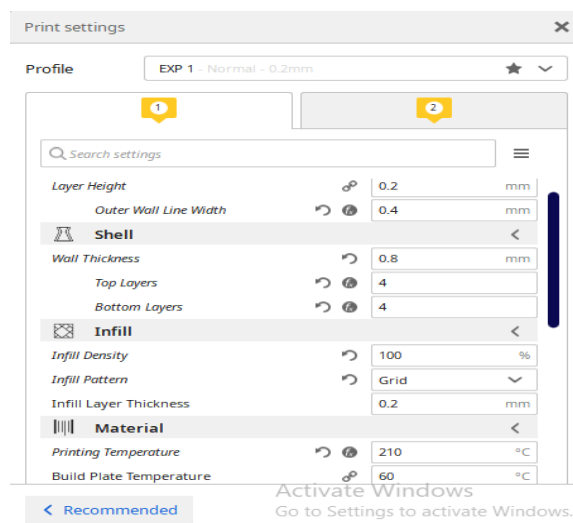
Pembuatan model spesimen ini menggunakan aplikasi perancangan, sesuai dengan standar ASTM E23 05 seperti gambar.



Gambar 3.7 Model Spesimen Uji

3.10.3 Slicing Data

Slicing data dilakukan dengan aplikasi Ultimaker Cura 4.7.1, pada aplikasi ini sekaligus menambahkan parameter yang sudah ditentukan seperti gambar 3.9



Gambar 3.9 Penambahan Parameter di Ultimaker Cura 4.7.1

3.10.4 Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen dengan memindahkan data yang sudah di slicing ke kartu sd, kemudian kartu sd dimasukkan ke mesin *3D printing Anet ET 4*. Pencetakan spesimen berdasarkan urutan parameter yang ditentukan supaya lebih teratur.

3.10.5 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 PLA.



Gambar 3.8 Pengujian Impak metode Charpy

3.10.6 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan hasil dari sudut posisi akhir pendulum ($\cos \beta$) maka dilakukan proses pengolahan data dengan menggunakan rumus harga impak untuk mengetahui nilai tertinggi dan terendah Harga Impak (HI) dari parameter yang sudah ditentukan. contoh perhitungannya yaitu:

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

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m} (\cos 144^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$E = 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 (0,0570)$$

$$E = 0,5592 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 0,5592 \text{ Joule}$$

$$A = p \times l$$

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

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

$$HI = E : A$$

$$HI = 0,5592 \text{ Joule} : 550 \text{ mm}^2$$

$$HI = 0,00102 \text{ Joule/mm}^2$$

3.10.7 Analisa dan Kesimpulan

Sebelum dianalisa data yang didapatkan dibuatkan tabel dan diagram menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Analisa dan kesimpulan data yang didapatkan guna untuk mengetahui parameter mana yang paling tepat untuk menghasilkan produk yang paling baik.

3.11 Kegagalan Pengujian Impak

Faktor kegagalan dalam pengujian impak ini diakibatkan karena :

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Impak

Setelah melakukan pengujian impak pada spesimen cetak, maka diperoleh hasil yang beragam dari setiap urutan eksperimen yang memiliki nilai yang berbeda-beda terhadap *printing speed* 40°C, 50 °C dan 50 °C, *flowrate* 80 mm/s, 90 mm/s dan 100 mm/s dan *colling speed* 40 mm/s, 50 mm/s dan 60 mm/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 0.

Tabel 4.3 Nilai Hasil Impak

Exp No	Infill Geometri	Berat Pendulum (kg)	Gravitasi (m/s ²)	Jarak lengan pengayun (m)	Sudut posisi akhir pendulum	Sudut posisi awal pendulum	Harga Impak (Joule/mm ²)
1	Grid	2,5	9,81	0,4	144	150	0,00102
2	Lines	2,5	9,81	0,4	139	150	0,00199
3	Triangles	2,5	9,81	0,4	135	150	0,00283
4	Tri-Hexagonal	2,5	9,81	0,4	134	150	0,00306
5	Cubic	2,5	9,81	0,4	131	150	0,00375
6	Cubic Subdivision	2,5	9,81	0,4	110	150	0,00935
7	Octet	2,5	9,81	0,4	134	150	0,00306
8	Quarter Qubic	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
9	Concentric	2,5	9,81	0,4	112	150	0,00877
10	Zig-zag	2,5	9,81	0,4	121	150	0,00626
11	Cross	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
12	Cross 3D	2,5	9,81	0,4	122	150	0,00599
13	Gyroid	2,5	9,81	0,4	135	150	0,00283

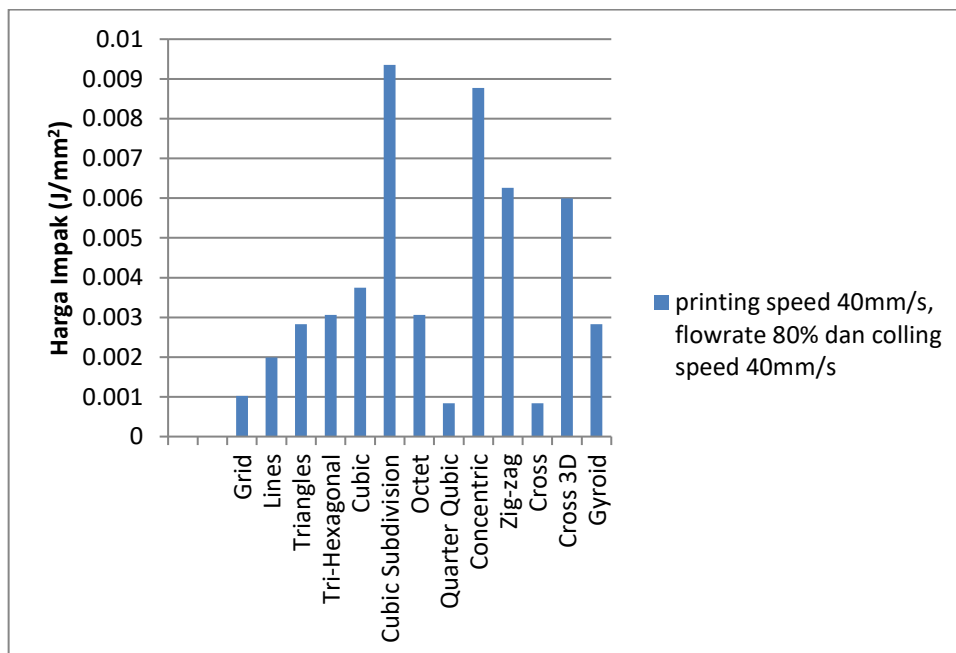
Exp No	Infill Geometri	Berat Pendulum (kg)	Gravitasi (m/s²)	Jarak lengan pengayun (m)	Sudut posisi akhir pendulum	Sudut posisi awal pendulum	Harga Impak (Joule/mm²)
14	Grid	2,5	9,81	0,4	129	150	0,00422
15	Lines	2,5	9,81	0,4	131	150	0,00375
16	Triangles	2,5	9,81	0,4	113	150	0,00848
17	Tri-Hexagonal	2,5	9,81	0,4	133	150	0,00328
18	Cubic	2,5	9,81	0,4	135	150	0,00283
19	Cubic Subdivision	2,5	9,81	0,4	124	150	0,00547
20	Octet	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
21	Quarter Qubic	2,5	9,81	0,4	122	150	0,00599
22	Concentric	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
23	Zig-zag	2,5	9,81	0,4	122	150	0,00599
24	Cross	2,5	9,81	0,4	146	150	0,00066
25	Cross 3D	2,5	9,81	0,4	122	150	0,00599
26	Gyroid	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
27	Grid	2,5	9,81	0,4	125	150	0,00522
28	Lines	2,5	9,81	0,4	126	150	0,00496
29	Triangles	2,5	9,81	0,4	135	150	0,00283
30	Tri-Hexagonal	2,5	9,81	0,4	134	150	0,00306
31	Cubic	2,5	9,81	0,4	115	150	0,00790
32	Cubic Subdivision	2,5	9,81	0,4	143	150	0,00120
33	Octet	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
34	Quarter Qubic	2,5	9,81	0,4	116	150	0,00763
35	Concentric	2,5	9,81	0,4	122	150	0,00599
36	Zig-zag	2,5	9,81	0,4	124	150	0,00547
37	Cross	2,5	9,81	0,4	145	150	0,00084
38	Cross 3D	2,5	9,81	0,4	134	150	0,00306

Exp No	Infill Geometri	Berat Pendulum (kg)	Gravitasi (m/s ²)	Jarak lengan pengayun (m)	Sudut posisi akhir pendulum	Sudut posisi awal pendulum	Harga Impak (Joule/mm ²)
39	Gyroid	2,5	9,81	0,4	120	150	0,00653

4.2 Pembahasan Penelitian

4.2.1 Hasil Parameter *printing speed* 40mm/s, *Flowrate* 80% dan *Colling speed* 40% dengan 13 tipe *infill*

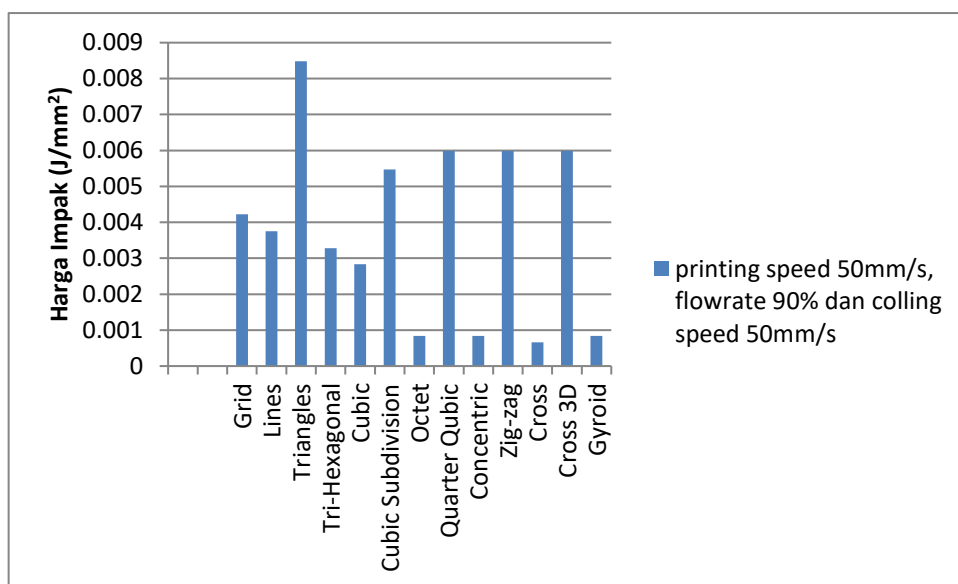
Pada hasil dari pengujian dampak dengan 13 tipe *infill*, *printing speed* 40mm/s *flowrate* 80% dan *colling speed* 40% didapatkan nilai Hasil Dampak tertinggi yaitu 0,00935 Joule/mm² dengan *infill cubic subdivision* dan nilai Hasil Dampak terendah yaitu 0,00084 Joule/mm² dengan *infill Quarter cubic* dan *Cross*. Hasil dari pembahasan ini dapat dilihat pada Gambar 0



Gambar 4.9 Hasil Harga Dampak *Printing Speed* 40mm/s *Flowrate* 80% dan *Colling speed* 40%

4.2.2 Hasil Parameter *printing speed 50mm/s, Flowrate 90% dan Colling speed 50%* dengan 13 tipe *infill*

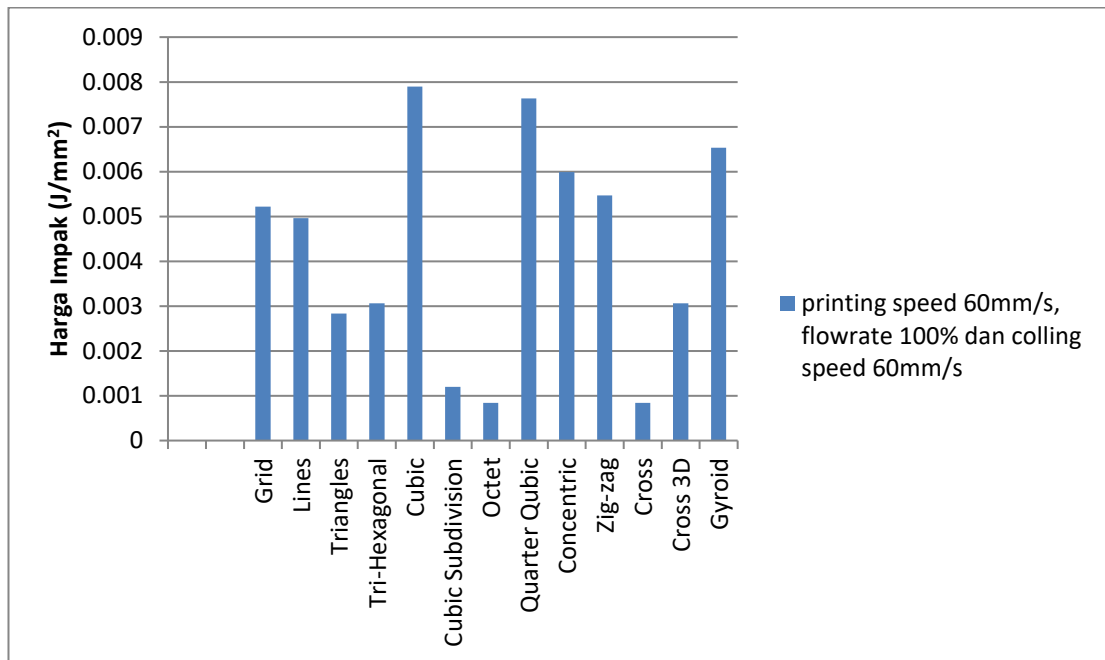
Pada hasil dari pengujian impact dengan 13 tipe *infill*, *printing speed 50mm/s*, *flowrate 90%* dan *colling speed 50%* didapatkan nilai Hasil Impact tertinggi yaitu 0,00848 Joule/mm² dengan *infill Triangles* dan nilai Hasil Impact terendah yaitu 0,00066 Joule/mm² dengan *infill cross*. Hasil dari pembahasan ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.0



Gambar 4.10 Hasil Harga Impact *Printing Speed 50mm/s Flowrate 90%* dan *Colling speed 50%*

4.2.3 Hasil Parameter *printing speed 60mm/s, Flowrate 100% dan Colling speed 60%* dengan 13 tipe *infill*

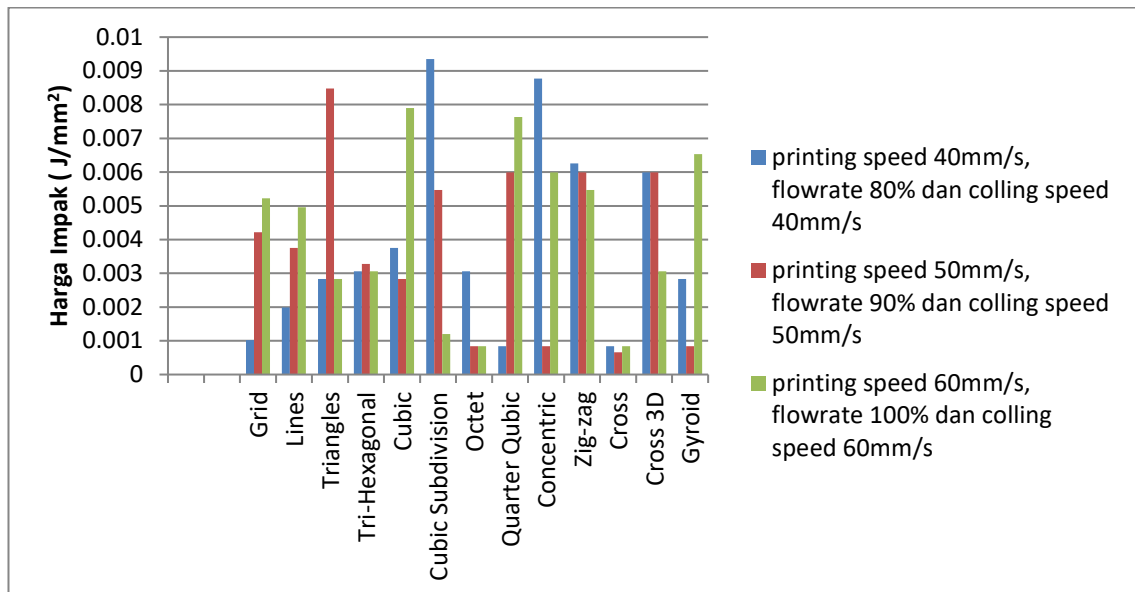
Pada hasil dari pengujian impact dengan 13 tipe *infill*, *printing speed 60 mm/s*, *flowrate 100%* dan *colling speed 60%* didapatkan nilai Hasil Impact tertinggi yaitu 0,00790 Joule/mm² dengan *infill cubic* dan nilai Hasil Impact terendah yaitu 0,00084 Joule/mm² dengan *infill Cross* dan *octet*. Hasil dari pembahasan ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.0



Gambar 4.11 Hasil Harga Impak *Printing Speed* 60mm/s *Flowrate* 100% dan *Colling speed* 60%

4.2.4 Pembahasan Hasil Pengujian

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian impak yang diolah dengan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada Gambar, bahwa *Infill Geometri*, *Printing Speed*, *Flowrate* dan *Colling speed* memiliki pengaruh terhadap hasil dari kekuatan impak, sehingga nilai tertinggi dari hasil pengujian impak adalah pada infill *cubic Subdivision* *printing speed* 40 mm/s, *flowrate* 80% dan *colling speed* 40% dengan hasil 0,00935 Joule/mm², dan nilai infill *cross*, *printing speed* 50 *flowrate* 90 dan *colling speed* 50 dengan hasil 0,00066 Joule/mm² yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.12 Hasil Harga Impak

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang didapat maka disimpulkan bahwa hasil pengujian dampak menggunakan spesimen PLA didapatkan nilai uji dampak tertinggi pada eksperimen nomor 6 *cubic subdivision* sebesar 0,00935 Joule/mm² dengan *printing speed* 40 *flowrate* 80 dan *colling* 40. Nilai uji dampak terendah pada eksperimen nomor 24 *cross* sebesar 0,00066 Joule/mm² dengan *printing speed* 50 *flowrate* 90 dan *colling speed* 50.

5.2 Saran

1. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut lagi tentang penelitian pengujian dampak 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 PUSAKA

3D Centri Definisi Plastik PLA dan PLA+ untuk 3D Printing [Online] // 3D CENTRI. - Centralab-jogja.com, 21 November 2019. - 11 Maret 2021. - www.centralab-jogja.com/definisi-PLA/.

3D Centri Pengertian Mesin 3D Printer [Online] // centralab-jogja.com. - 3D centri, 17 Agustus 2019. - 11 Maret 2021. - www.centralab-jogja.com/pengertian-mesin-3D-printer.

Doungkom P dan Jiamjiroch K (2019), Analysis of Printing Pattern and Infiltration Percent over the Tensile Properties of PLA Printed Parts by a Fuse Deposition Modelling Printer, Jurnal TSME-International Conference on Mechanical Engineering,- Pathumthan.

Fomustudio 3D printer adalah teknologi moderen dalam dunia pencetakan [Online] // fomustudio. - fomustudio.com, 1 november 2018. - 11 maret 2021. - <https://fomustudio.com/3d-printer-adalah-teknologi-modern-dalam-dunia-pencetakan/>.

Handoyo, Y. (2017). perencanaan alat uji impak metode charpy dan izot . *jurnah ilmiah teknik mesin* 2017, 1-2.

Hakim, R., Saputra, I., Utama, G. P., & Setyoadi, Y. (2019). Pengaruh Temperatur Nozzle Dan Base Plate Pada Material Pla Terhadap Nilai Masa Jenis Dan Kekasaran Permukaan Produk Pada Mesin Leapfrog Creatr 3d Printer (Journal). – Batam : Jurnal Teknologi dan Riset.Terapan (JATRA), 2019 – 1 : Vol (1).

Kurniadi, S. (2019). Pembuatan Alat Uji Impak Charpy Untuk Material Plastik Dengan Takik. 8 (1).

Lubis, S., Djamil, S., & Yolanda. (2016). pengaruh orientasi objek pada proses 3D printing bahan polymer pla dan abs terhadap kekuatan tarik dan ketelitian dimensi.(Journal)// teknik mesin 2016,pp 27-36.

Pristiansyah, Hasdinsah, & Sugiyarto. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Prinring FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filamen Eflex. 11 (01).(Journal). Sungailiat : JURNAL TEKNOLOGI MANUFAKTUR, 2019 - : Vol. 11.

Septiawan, A. (2017). Pengarug parameter proses ekstrusi 3D printer terhadap sifat mekanis cetak komponen berbahan filamen PLA.(Journal).teknik mesin 2017 –pp. 21-22.

Suzen, Z. S., Hasdiansah, & Yuliyanto. (2020). Pengaruh tipe infill dan temperatur nozzle terhadap kekuatan tarik produk 3D printing filamen pla+ Esun. (Journal), sungailiat : Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur, 2020. – 2 :12

Trisnadi, W., Ismono, Fadelan, & Winardi, Y. (2017). Analisa Hasil Uji Impak Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan Campuran (PP + PET).(Journal). Ponorogo : R.E.M (Rekayasa Energi Manufaktur), 2017.-1 : Vol.2

Wawandaru, M., & Fitri, M. (2017). Perancangan alat uji impak charpy untuk material plastik dengan takik.(Journal),-Batam : Zona Mesin, 2017.-Vol.8.

LAMPIRAN 1 Dokumen Penelitian

1. Foto Observasi



Gambar 1. Pengujian Impak

Sumber: Dokumen Pribadi Peneliti



Gambar 2. Spesimen PLA

Sumber: Dokumen Pribadi Peneliti