



**UJI PENGARUH KECEPATAN DAN PERBEDAAN SUHU
ANTARA FILMENT PLA DENGAN FILAMENT PETG PADA
3D PRINTER ENDER 5 PRO**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan
Jenjang Program Diploma Tiga

Disusun oleh :

Nama : DIDIT ARDIYANTO

NIM : 18020047

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA TEGAL
TAHUN 2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**UJI PENGARUH KECEPATAN DAN PERBEDAAN SUHU FILMENT
PLA DENGAN FILAMENT PETG PADA 3D PRINTER ENDER 5 PRO**

Sebagai salah satu syarat untuk mengikuti Sidang Tugas Akhir

Disusun Oleh :

Nama : Didit Ardiyanto

NIM : 18020047

Telah diperiksa dan dikoreksi dengan baik dan cermat karena itu pembimbing
menyetujui mahasiswa tersebut untuk diuji

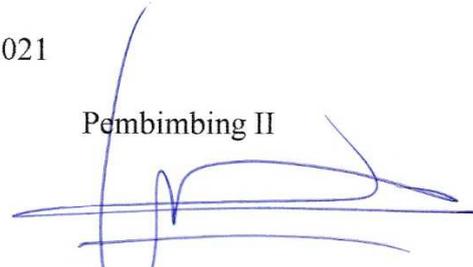
Tegal, 2021

Pembimbing I



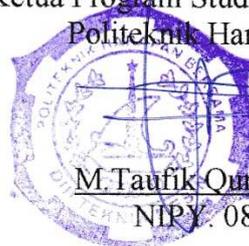
Amin Nur Akhmadi, M.T
NIDN. 0622048302

Pembimbing II



M. Taufik Qurohman, M.Pd
NIDN. 0621028701

Mengetahui,
Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin,
Politeknik Harapan Bersama



M. Taufik Qurohman, M.Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : UJI PENGARUH KECEPATAN DAN PERBEDAAN SUHU
FILMENT PLA DENGAN FILLAMNT PETG PADA 3D
PRINTER ENDER 5 PRO

Nama : Didit Ardiyanto

NIM : 18020047

Program Studi : DIII Teknik Mesin

Jenjang : Diploma Tiga (DIII)

Dinyatakan setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir
Program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal.

1 Penguji I

Amin Nur Akhmadi, M.T
NIDN/NUPN. 0622048302

Tanda Tangan



2 Penguji II

Andre Budhi Hendrawan, M.T
NIDN/NUPN. 9906977561

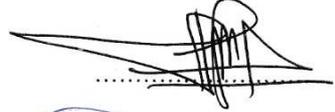
Tanda Tangan



3 Penguji III

Firman Lukman Sanjaya, M.T
NIDN/NUPN. 0630069202

Tanda Tangan



Mengetahui,
Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin,
Politeknik Harapan Bersama



M. Taufik Qurohman, M.Pd
NIPY. 08.015.265

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Didit Ardiyanto

NIM : 18020047

Judul Tugas Akhir : UJI PENGARUH KECEPATAN DAN PERBEDAAN SUHU
FILMENT PLA DENGAN FILAMENT PETG PADA 3D
PRINTER ENDER 5 PRO

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di acc dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia untuk melakukan penelitian baru dan menyusun laporan sebagai Laporan Tugas Akhir sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Tegal, 2021

Yang membuat pernyataan,



Didit Ardiyanto

NIM. 18020047



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA TULIS ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Politeknik Harapan Bersama Tegal, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Didit Ardiyanto
NIM : 18020047
Jurusan/Program Studi : DIII Teknik Mesin
Jenis Karya : Karya Tulis Ilmiah

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Harapan Bersama Tegal **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneexclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**B UJI PENGARUH KECEPATAN DAN PERBEDAAN SUHU FILMENT
PLA DENGAN FILAMENT PETG PADA 3D PRINTER ENDER 5 PRO**

Peserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Politeknik Harapan Bersama Tegal berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Tegal
Pada tanggal : 23 Juli 2021



Yang menyatakan

DIDIT ARDIYANTO
NIM. 18020047

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi, dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik Mesin di program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama Tegal.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan orang – orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan bimbingan dan dukungan , baik moral maupun material. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. M.Taufik Qurohman, M.Pd selaku dosen Ketua Program Studi DIII Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama.
2. Amin Nur Akhmadi, M.T selaku Dosen Pembimbing 1.
3. M.Taufik Qurohman, M.Pd selaku Dosen Pembimbing 2.
4. Bapak, ibu, keluarga dan kawan-kawanku yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat kepada saya.

Penulis menyadari bahwa dalam menulis Tugas Akhir ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Tegal, 29 Juli, 2021

Didit Ardiyanto

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Bila takut akan kegagalan, berarti kita telah membatasi kemampuan kita.
2. Jangan ingat lelahnya belajar, tapi ingat buah manisnya yang bisa di petik kelak ketika sukses.
3. Kita lebih besar dan lebih baik dari apa yang kita pikirkan.
4. Tiada hari untuk mengeluh, tiada hari untuk belajar.

PERSEMBAHAN

1. Kepada kedua orang tuaku yang selalu memberikan semangat dan doa dukungan penuh. Terimakasih untuk segala doa dan dukungan bapak dan ibuku tercinta.
2. Untuk teman seperjuangan yang telah selalu mendukung satu sama lain
3. Kepada tunanganku Lilis Widianingrum yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
4. Kepada dosen pembimbing Amin Nur Akhmadi, M.T dan M.Taufik Qurohman, M.Pd yang telah membimbing selama pembuatan Tugas Akhir saya.
5. Untuk teman teman D3 Teknik Mesin terimakasih yang selalu memberi dukungan penuh.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada era globalisasi saat ini sudah semakin pesat dengan tujuan mempermudah berbagai aspek kehidupan. Salah satu teknologi yang mengalami perkembangan adalah teknologi 3D printer. Salah satu teknologi yang paling umum di gunakan adalah teknologi *Fused Deposition Modeling*(FDM) yang unggul dari segi biaya dibandingkan teknologi lainnya. Perkembangan teknologi 3D *printer* harus diimbangi dengan perkembangan industri yang menyediakan bahan baku sebagai kebutuhan utamadalam melakukan pencetakan mesin 3D printer. Dalam membuat model 3D melalui *software* komputer (CAD) yang akan di cetak dalam mesin 3D *printer* yang melalui format STL/OBJ untuk mengendalikan printer 3D yang di gunakan untuk mengatur ukuran dan temperatur. *Filament* yang di gunakan adalah PLA dan PETG dalam proses percetakan membutuhkan suhu dan kecepatan yang berbeda dan pada saat melakukan pengangkatan ini menggunakan alat pelindung diri (APD). Pada saat pengujian ini menggunakan dua suhu dan kecepatan, masing masing adalah *filament* PLA suhu 185°C dengan kecepatan 40mm/s, 60mm/s, 80mm/s dan filament PETG 230°C dengan kecepatan 40mm/s, 60mm/s, 80mm/s. Jadi semakin rendah suhunya mendapatkan hasil yang baik dan untuk tingkat kehalusan bisa terpengaruh kecepatan yang tidak stabil.

Kata kunci : Mesin 3D printer ender 5 pro, filament PLA, filament PETG

ABSTRACT

The development of technology in the current era of globalization is increasingly rapid with the aim of making it easier to share aspects of life. One of the technologies that is experiencing development is 3D printer technology. One of the most commonly used technologies is the fused deposition modeling (FDM) technology which is superior in terms of cost compared to other technology. The development of 3D printer technology must be followed by industrial developments that provide raw materials that are the main needs in printing 3D printer machines. In creating a 3D model through computer software (CAD) which will be printed in a 3D printer machine that goes through the STL/OBJ format to control the 3D printer used to set the size and temperature. The filaments are PLA and PETG in the printing process that requires different temperatures and speeds and when doing this use personal protective equipment (PPE). At the time of this test, two temperatures and speeds were used, each of which was a PLA filament at 185°C at a speed of 40mm/s, 60mm/s, 80mm/s and a PETG filament at 230°C at a speed of 40mm/s, 60mm/s, 80mm/s. So the lower the temperature gets good results and for the level of smoothness it can be affected by unstable speeds.

Keywords : *3D printer machine, PLA filament, PETG filament.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Tinjauan Pustaka	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Pengertian 3D Print.....	8
2.2 Jenis-jenis filament pada 3D printer.....	8
2.2.1 ABS (<i>Acetonitrile Butadiene Styrene</i>).....	8
2.2.2 PLA (<i>Polylactic acid</i>).....	9
2.2.3 HIPS (<i>High Impact Polystyrene</i>).....	10
2.2.4 Nylon	11
2.2.5 PVA (<i>Polyvinyl Alcohol</i>)	12
2.2.6 PETG (<i>Glycol-modified Polyethylene Terephthalate</i>).....	13
2.2.7 TPU (<i>Thermoplastic Polyurethane</i>).....	14
2.2.8 ASA (<i>Acrylonitrile Styrene Acrylate</i>).....	14
2.3 Langkah Proses Dan Prinsip Kerja Mesin 3D Print.....	15

2.4	Pengertian Rapid Prototyping	20
2.5	Prinsip-Prinsip Teknologi Pada Printer 3D prinsip Teknologi Pada Printer 3D Terbagi Menjadi 2 Yaitu :	21
2.5.1	Teknik Cetak <i>Injection Molding/ Plastics Extrusion</i> (Injeksi plastik).....	21
2.5.2	Teknik Cetak <i>Binder jetting/ Powder bed</i> (serbuk)	21
2.6	Komponen-komponen Pada Printer 3D	22
2.7	Pengertian Heater Nozzle.....	23
2.7.1	Jenis-Jenis <i>Nozzle</i>	23
2.7.2	Ukuran-Ukuran <i>Nozzle</i>	24
2.8	Pengenalan Suhu Dan Kecepatan.....	25
BAB III METODE PENELITIAN		27
3.1	Diagram Alur Penelitian	27
3.2	Alat dan Bahan.....	28
3.2.1	Alat	28
3.2.2	Bahan	28
3.3	Metode Pengumpulan Data	28
3.4	Proses Langkah-Langkah Untuk Mencetak Pada 3D Printer	29
3.5	Metode Analisa Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil Pengaruh variasi Suhu Dan Kecepatan <i>Filament PLA</i>	33
4.1.1	Hasil Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Hasil Cetak 3D Printer Dengan <i>Filament PLA</i>	33
4.1.2	Hasil Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap Hasil Cetak 3D Printer Dengan <i>Filament PLA</i>	34
4.1.3	Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s	34
4.1.4	Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s	36
4.1.5	Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s	37
4.1.6	Hasil Cetak 3D Printer Dengan <i>Filament PETG</i>	38
4.1.7	Hasil Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap Hasil Cetak 3D Printer Dengan <i>Filament PETG</i>	40
4.1.8	Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s	40
4.1.9	Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s	42
4.1.10	Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s	43

4.2	Pembahasan.....	44
4.2.1	Pengaruh Variasi Suhu dan kecepatan Terhadap Hasil.....	44
4.1	Tabel Pengaruh Variasi kecepatan Terhadap Hasil menggunakan <i>filament</i> PLA dan PETG :.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN LAMPIRAN.....		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D Print logo	8
Gambar 2. 2 filament ABS.....	9
Gambar 2. 3 Filament PLA	10
Gambar 2. 4 Filament HIPS	11
Gambar 2. 5 Filament NYLON.....	12
Gambar 2. 6 Filament PVA.....	13
Gambar 2. 7 Filament PETG.....	13
Gambar 2. 8 Filament TPU	14
Gambar 2. 9 Filament ASA.....	15
Gambar 2. 10 Proses disain CAD	16
Gambar 2. 11 Konversi desain ke format STL menggunakan software CAD.....	16
Gambar 2. 12 Komputer yang dihubungkan ke mesin 3D.....	17
Gambar 2. 13 Filament sebagai bahan untuk melakukan print 3D	17
Gambar 2. 14 Proses 3D Print tipe FDM	18
Gambar 2. 15 Proses pengangkatan objek	19
Gambar 2. 16 Proses pencucian objek 3D print (tidak wajib).	19
Gambar 2. 17 . Rapid Prototyping	21
Gambar 2. 18 Komponen-komponen Pada Printer 3D	22
Gambar 2. 19 External Threaded Nozzles	24
Gambar 2. 20 External Threaded Nozzles	24
Gambar 2. 21 Ukuran-Ukuran Nozzle	25
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Mempersiapkan mesin 3D Printer Ender 5 Pro.....	29
Gambar 3. 3 Mempersiapkan filament ke selang extruder (Dokumentasi,2021). 29	
Gambar 3. 4 Seting bad level	30
Gambar 3. 5 print from TF	31
Gambar 4. 1 Kotak bertingkat dengan suhu yang berbeda	33
Gambar 4. 2 Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s	34
Gambar 4. 3 Dimensi ukuran dengan kecepatan 40mm/s.....	35

Gambar 4. 4 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s	36
Gambar 4. 5 Dimensi ukuran kecepatan 60mm/s	36
Gambar 4. 6 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s	37
Gambar 4. 7 Dimensi ukuran kecepatan 80mm/s	38
Gambar 4. 8 kotak bertingkat dengan suhu berbeda	39
Gambar 4. 9 Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s	40
Gambar 4. 10 Dimensi ukuran kecepatan 40mm/s	41
Gambar 4. 11 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s	42
Gambar 4. 12 Dimensi ukuran dengan kecepatan 60mm/s.....	42
Gambar 4. 13 Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s	43
Gambar 4. 14 Dimensi ukuran dengan kecepatan 80mm/s.....	44

DAFTAR TABEL

4. 1 Tabel Pengaruh Variasi kecepatan Terhadap Hasil menggunakan filament PLA dan PETG	46
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN DOKUMENTASI.....	53
---------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 1986, ada seseorang bernama Charles W. Hull memiliki hak paten dengan teknologi stereolithography. Teknologi ini merupakan teknologi untuk membuat objek 3D. Tentu saja, Printer dengan teknologi 3D sangatlah mahal. Printer tradisional yaitu *printer* 2D bisa anda beli dengan hanya beberapa ratus ribu rupiah saja. Sedangkan untuk printer 3D, anda harus mengeluarkan uang ratusan juta rupiah untuk memilikinya (Pratama Galih, 2016).

Karena harga yang sangat mahal, berbagai orang mulai membuat printer 3D yang setidaknya dapat mengurangi harganya. Dari kemampuan itulah 3D Printing disebut-sebut sebagai teknologi terbaru yang akan mampu mengubah dunia. Oleh karena itu, dalam makalah ini kami akan menjelaskan cara kerja dan mekanisme dari *printer* 3D. Sehingga dengan begitu, pembaca dapat memahami cara kerja dan mekanisme *printer* 3D dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. Seperti halnya untuk mempermudah pekerjaan manusia baik di bidang manufaktur, kesehatan dan lain – lain (Pratama Galih, 2016).

3D cetak juga dikenal sebagai *prototyping* cepat teknologi adalah proses desain dimana panduan pemrograman komputer pembuatan Model tiga dimensi melalui layering bahan fabrikasi. *Insinyur, desainer* dan teknisi akan mendapat manfaat dari produksi *prototipe* maju. Baru-baru ini Teknologi baru telah dikembangkan memproduksi banyak keuntungan bagi mereka yang membutuhkan teknologi *prototipe* cepat. Printer 3D tersedia saat ini adalah lebih cepat, lebih

mudah dan lebih terjangkau daripada teknologi fabrikasi sebelumnya. Cetak 3D juga menghilangkan kebutuhan untuk alat mahal dan pengrajin terampil untuk menghasilkan desain *prototipe*, membuat proses lebih terjangkau, biaya efisien dan diinginkan (Pratama Galih, 2016).

Teknologi FDM digunakan sebagai *rapid prototyping* atau pembuatan prototipe cepat dengan polimer sebagai filamen materialnya. Ada banyak material *filamen* yang tersedia, pemilihan material sendiri bergantung pada jenis serta karakteristiknya sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan *prototipe*. Pada saat ini umumnya material *filamen* yang digunakan antara lain *polyactic acid* (PLA), *nylon*, *high density polyethylene* (HDPE), *polycarbonate* (PC), dan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) (Dawoud dkk, 2015).

Salah satu material yang biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan objek 3 dimensi bagi printer 3D adalah PLA (Polylactic Acid). PLA berbeda dengan kebanyakan polimer termoplastik yang berasal dari distilasi dan polimerisasi cadangan minyak bumi yang tidak terbarukan, PLA dikenal sebagai bioplastik dan berasal dari biomassa, sumber daya terbarukan dan ramah lingkungan, seperti pati jagung atau tebu.

Kelebihan Polylactic Acid (PLA) yang bersifat biodegradable dan memiliki karakteristik yang mirip dengan polypropylene (PP), polyethylene (PE), atau polystyrene (PS) yang biasa diproduksi dari peralatan manufaktur yang sudah ada sehingga bisa menekan biaya produksi. Dengan demikian PLA memiliki volume produksi yang besar di bidang bioplastik.

Karakteristik secara umum dari PLA adalah tidak beracun, menyempit pada saat dipanaskan sehingga cocok digunakan sebagai bahan pembungkus plastik dan sifat yang mudah melarutkannya dapat digunakan untuk aplikasi pencetakan 3D. Namun disisi lain suhu transisi yang relatif rendah menjadikan material ini tidak cocok digunakan untuk aplikasi yang bersentuhan dengan cairan panas yang berlebih. Dengan demikian aplikasi yang cocok dengan PLA adalah digunakan untuk membuat protipe perangkat medis. Yang paling menarik adalah PLA dapat mengalami degradasi atau pelapukan pada waktu tertentu, menurut beberapa literature waktu pelapukannya berkisar antara 6 hingga 24 bulan. Dengan kondisi seperti ini, sampah botol yang dibuat dengan PLA akan mengalami pelapukan sehingga menjadi lebih ramah lingkungan.

Suhu cetak umum PLA adalah antara 180 ° hingga 220 °. bahan ini sedikit fleksibel, namun menghasilkan cangkang luar yang halus dari benda tercetak. PLA lebih disukai untuk 3D mencetak benda yang lebih kecil. PLA lebih dipilih untuk digunakan pada bidang pendidikan terutama di sekolah tahap dasar karena aman tidak mengandung racun dan memiliki aroma yang wangi sehingga cocok jika digunakan oleh peserta didik.

Berikut kelebihan PLA antara lain :

1. Kekuatan tarik yang bagus
2. Kualitas permukaan bagus (halus)
3. Mudah bekerja dengan kecepatan cetak tinggi, proses pencetakan relatif lebih cepat

4. User-friendly untuk lingkungan rumah dan kantor
5. Memungkinkan pembuatan komponen dengan resolusi tinggi
6. Ideal untuk model dan prototip yang membutuhkan detail estetika
7. Bagus untuk metode casting pada bagian logam
8. Tersedia berbagai pilihan warna

Berikut kekurangan PLA :

1. Tidak terlalu kokoh
2. Bisa berubah bentuk jika terkena panas
3. Sulit untuk post-process (Mpik,2017).

PETG (*Polyethylene Terephthalate*) adalah salah satu polimer, yang paling umum digunakan saat ini adalah versi PET dengan modifikasi penambahan *Glycol* ke dalam komposisi material selama polimerisasi. Hasilnya *filament* lebih jernih, tidak rapuh, dan lebih mudah digunakan, dengan *glass transition temperatur* 88°C (190°F). Selain Untuk Bahan Cetak 3D, dikalangan Industri PET digunakan untuk membuat kemasan botol air dan kemasan makanan,

Selain PETG, ada juga varian PET yg lain, Seperti PETE, PETP, PET-P, GPET, dan PETT, namun yang paling cocok digunakan untuk aplikasi 3DPrinting adalah PETG. PETG bersifat higroskopik, yang artinya, PETG aktif menyerap uap air dari udara. Dengan kata lain, PETG harus disimpan di tempat yang sejuk dan kering, Selain itu harus dikeringkan jika terkena udara lembab terlalu lama.

Berikut adalah kelebihan dari PETG :

1. Secara fungsional *Filament* PETG mempunyai perpaduan antara Kekuatan Seperti ABS dan Kemudahan Proses Printing Seperti PLA.
2. Lebih awet dibanding PLA dan ABS, tahan terhadap benturan.
3. Daya rekat antar layer yang sangat baik dari pada ABS
4. Potensi warping atau penyusutan hasil cetak yang lebih kecil dibanding ABS. Lebih tahan terhadap panas dan sinar matahari karena *Glass Transition* Temperaturnya 88°C, lebih tinggi daripada PLA.
5. Pada saat *overheating*, senyawa glikol yg ditambahkan mampu mencegah bahan mengkristal dan mudah pecah.
6. Setting umum untuk printing adalah sebagai berikut :

Temperatur *Nozzle* : 230-260 °C (Rajawali,2021).

Berdasarkan uraian diatas peneliti mengambil judul “Analisis Pengaruh Kecepatan serta Perbedaan Suhu Antara Filament PLA Dengan Filament PETG Menggunakan 3D Printer Ender 5 Pro”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

2. Apa pengaruh suhu serta kecepatan ideal agar mendapatkan layer yang terbaik pada *Filament* PLA dan Filament PETG?
3. Bagaimana pengaruh perbedaan suhu dan kecepatan terhadap hasil cetak *Filament* PLA pada 3D Printer?

1.3 Batasan Masalah

Agar tujuan pembahasan masalah lebih berfokus dan terarah, maka perlu diberikan batasan-batasan. Adapun batasan masalah dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *3D print* yang digunakan tipe *Ender 5 Pro*
2. *Filament* yang digunakan PLA dan PETG
3. Pengukuran suhu menggunakan sensor dan pengukuran kecepatan dibantu sensor pada mesin *3D Print*

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang diperoleh dari Proposal Tugas Akhir ini yaitu mendapatkan data hasil analisis pengaruh perbedaan suhu dan kecepatan terhadap mesin *3D Printer Ender 5 Pro* beserta hasilnya..

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari Laporan Tugas Akhir ini dapat mengetahui hasil mendapatkan data hasil analisis pengaruh perbedaan suhu dan kecepatan terhadap mesin *3D Printer Ender 5 Pro* beserta hasilnya, dan menambah wawasan kepada pembaca.

1.6 Tinjauan Pustaka

Rohman, 2020. Beberapa penelitian mengkaji dan memperoleh wawasan bahwa teknologi AM memiliki kemanfaatan potensi yang tinggi (Berman, 2012).

Potensi keuntungannya antara lain berkurangnya biaya tooling, mengurangi scrap permesinan dan mengurangi dampak kerusakan lingkungan dengan asumsi bahwa penerapan AM tidak hanya untuk pembuatan *prototype* namun juga untuk produk konsumsi masyarakat (Schniederjans dan Yalcin, 2018). Keuntungan dalam penggunaan teknologi AM lainnya adalah peningkatan keragaman produk dan jumlah produksi yang rendah dengan kecepatan produksi yang tinggi dan pelayanan konsumen yang tinggi. Aplikasi dari AM sudah diterapkan dalam berbagai bidang antara lain pendidikan, *mekanik, otomotif, aerospace, robotic, kelautan, arsitek, medis* dan *industri farmasi*. Dalam industri farmasi sudah dimulai pembuatan obat oral menggunakan *3D printing* dengan *variasi geometrik*, dimensi dan warna. Airbus memproduksi lebih dari 1.000 komponen menggunakan mesin *fused deposition modelling* (FDM) dengan material resin ULTEMTM 9085 untuk dipasang pada pesawat A 350 XWB karena memiliki keunggulan dalam akurasi/ketelitian dimensi dan kestabilan material. Produk medis *intra-uterine device* (IUD) juga diproduksi menggunakan mesin *3D printing* FDM. (Sadia dkk, 2017). Kelebihan pada AM ternyata tidak selaras dengan ketelitian produk AM (Dimitrov dkk, 2006). Selain itu faktor lain yang masih menjadi kendala pada produk ALM adalah kualitas dimensi seperti ketelitian *geometrik*, mampu ulang dan kehalusan permukaan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian 3D Print

3D *Printing* adalah merupakan salah satu bagian dari additive manufacturing. Mesin 3D *printer* merupakan alat untuk membuat benda tiga dimensi dari file digital. Penciptaan objek cetak 3D dicapai menggunakan proses aditif. Dalam proses pembuatan secara *aditif*, sebuah objek dibuat dengan meletakkan lapisan tipis secara berurutan sampai objek terbentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Masing-masing lapisan ini dapat dilihat sebagai potongan melintang *horizontal* yang diiris tipis tipis dari objek yang akhirnya membentuk suatu benda 3 dimensi (Central Lab, 2020).



Gambar 2. 1 3D Print logo

(Rvector,2021).

2.2 Jenis-jenis filament pada 3D printer

2.2.1 ABS (*Acetonitrile Butadiene Styrene*)

Acetonitrile Butadiene Styrene atau ABS adalah salah satu bahan yang banyak digunakan untuk *filamen* mesin printer 3D. Pemilihan bahan ini bukan

tanpa alasan, pertama karena stabil dengan suhu dan paparan kimia. Selanjutnya sangat kuat dan mudah dirapikan dengan penguapan aseton.

Kekurangan dari bahan ABS ini adalah tidak bisa diuraikan secara alami karena merupakan plastik sintetis. Selanjutnya saat printing dilakukan akan ada asap berbahaya yang digunakan. ABS butuh suhu tinggi sehingga daya yang dipakai juga besar (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 2 filament ABS

(Stage Ever,2021).

2.2.2 PLA (*Polylactic acid*)

Bahan PLA termasuk yang mulai naik daun dan digunakan oleh banyak pelaku dan penggiat *3D print*. Alasan penggunaan PLA adalah bahan bakunya yang alami sehingga akan terurai kalau dibuang ke tanah. Secara harga produk ini cenderung murah dan membutuhkan daya rendah untuk pencairan.

Karena tidak membutuhkan suhu tinggi, bantalan untuk mesin tidak diperlukan lagi. Kemungkinan membakar benda di sekitarnya juga rendah. Kekurangan dari bahan PLA hanyalah mudah meleleh, apalagi di suhu yang sangat

tinggi. Hindari terkena sinar matahari agar bentuk model tidak berantakan (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 3 Filament PLA

(Plas 3D,2021).

2.2.3 HIPS (*High Impact Polystyrene*)

HIPS juga cukup bisa diandalkan karena memiliki beberapa kelebihan seperti kekuatan bahan yang sangat tinggi. Selain itu bahan HIPS ini juga *fleksibel* meski sangat kuat dibandingkan jenis lainnya. Bahan HIPS ini juga merupakan alternatif dari ABS yang memiliki kekurangan pada asap berbahaya yang dikeluarkan.

Suhu yang digunakan untuk melakukan pencetakan atau printing cukup tinggi dan butuh bantalan di bawahnya. Serat yang digunakan sebagai *filamen* juga rawan patah dan juga ruwet kalau tidak ditata dengan baik. Terakhir, kalau mendapatkan suhu tinggi, model 3D yang dihasilkan akan mudah lembek (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 4 Filament HIPS

(Mpik,2018).

2.2.4 Nylon

Bahan nylon juga sangat diandalkan untuk membuat model 3D. Alasan penggunaan bahan nylon tidak lain dan tidak bukan adalah masalah kekuatan. Selama ini nylon banyak digunakan untuk tekstil karena kekuatannya yang sempurna. Kalau diaplikasikan pada model 3D, kemungkinan cepat leleh akan rendah.

Selain itu stabilitas pada suhu panas juga cukup stabil dan mudah diwarnai sesuai dengan kebutuhan. Barangkali kekurangan dari bahan nylon adalah butuh suhu tinggi untuk melelehkannya sebelum diaplikasikan menjadi bentuk tertentu. Selain itu nylon juga mudah bengkok dan rawan ruwet sehingga proses cetak jadi terhambat (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 5 Filament NYLON

(7day promo,2012).

2.2.5 PVA (Polyvinyl Alcohol)

Filamen yang terbuat dari bahan PVA merupakan bahan organik dan bisa diuraikan dengan mudah. Kalau ada sisa atau residu bisa dibuang ke tanah tanpa memicu pencemaran seperti plastik. Meski bahannya organik, model 3D yang dihasilkan tahan dengan berbagai pelarut dan juga minyak.

Bahan PVA juga mudah sekali larut dalam air sehingga tidak merugikan atau meracuni penggunaannya. Kalau Anda ingin menggunakan bahan PVA ada baiknya menjauhkan bahan ini dari panah yang berlebihan dan kelembaban tinggi. Selain itu pertimbangkan masalah biaya meningkat produk ini cukup mahal (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 6 Filament PVA

(Yasin,2012).

2.2.6 PETG (*Glycol-modified Polyethylene Terephthalate*)

Menggunakan bahan PETG akan memberikan cukup banyak kelebihan. Beberapa kelebihan itu adalah kekuatannya yang sangat tinggi dan stabil dengan suhu tinggi. Produk ini juga tahan dengan paparan bahan kimia tertentu. Singkatnya model 3D yang dihasilkan dari produk ni akan awet digunakan.

Sayangnya bahan PETG ini tidak user friendly alias susah digunakan. Jangan gunakan bahan ini kalau beberapa produk sebelumnya masih ada. Selanjutnya kalau berada di bawah sinar ultraviolet, produk yang dihasilkan akan mudah rusak meski tahan pada suhu yang tinggi (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 7 Filament PETG

(Ali,2021).

2.2.7 TPU (*Thermoplastic Polyurethane*)

Bahan TPU memiliki fleksibilitas seperti karet sehingga tidak mudah patah. *Filamen* dengan bahan ini juga cocok untuk membuat lapisan-lapisan tertentu pada model 3D yang sedang dihasilkan. Produk juga tahan dengan minyak.

TPU mudah sekali menggumpal meski masih dalam bentuk *filamen*. Karena mudah menggumpal, kemungkinan terjadi masalah pengoperasian akan besar. Terakhir bahan TPU ini sulit sekali dipoles kalau tidak sempurna karena secara tekstur seperti karet (Fomu Studio, 2019).



Gambar 2. 8 *Filament* TPU

(Ali,2021).

2.2.8 ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*)

Filamen dengan bahan ASA sama halnya dengan ABS yang terbuat dari plastik. Bahan ini memiliki kelebihan berupa resistensi dengan suhu tinggi, sinar ultraviolet, hingga paparan zat kimia. Proses penguapan aseton juga bisa digunakan untuk proses *finishing* agar permukaan tidak kasar.

Hal yang disayangkan dari bahan ASA ini adalah kekuatannya yang rendah, butuh printer dengan suhu tinggi, dan mudah menggumpal. Selain itu, bahan isian *print* 3D ini juga mahal (Fomu Studio, 2019).



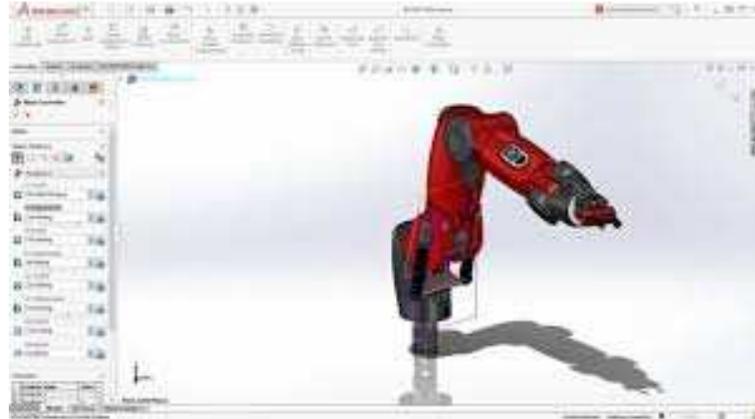
Gambar 2. 9 Filament ASA

(Ali,2021).

2.3 Langkah Proses Dan Prinsip Kerja Mesin 3D Print.

1. Membuat model 3D melalui *software* komputer (CAD).

Software ini dapat memberikan petunjuk struktural kepada produk jadi, serta memberikan data ilmiah tentang bahan-bahan tertentu untuk membuat simulasi virtual bagaimana objek akan berperilaku dalam kondisi tertentu (Asfar Yusran, 2016).

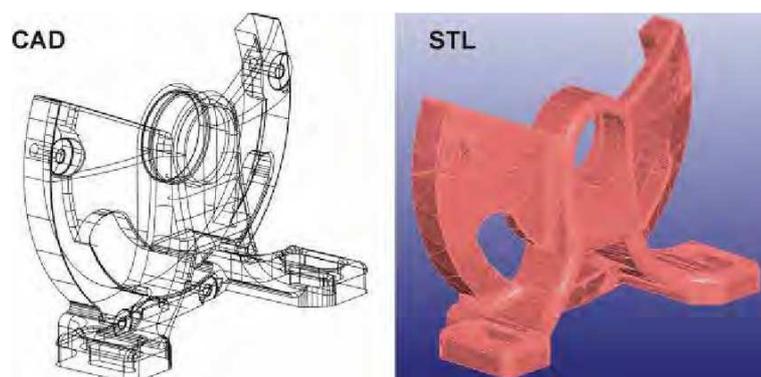


Gambar 2. 10 Proses disain CAD

(Agence,2016).

2. Mengkonversi gambar CAD gambar ke dalam format STL.

Format ini merupakan singkatan dari *tessellation stAndar* atau format file yang dikembangkan untuk Sistem 3D pada tahun 1987 yang digunakan oleh perusahaan *stereolithography aparat* (SLA). Kebanyakan *printer* 3D dapat menggunakan file STL disamping beberapa jenis file seperti ZPR oleh *Z Corporation* dan OBJDF oleh *geometri* Objet (Asfar Yusran, 2016).



Gambar 2. 11 Konversi desain ke format STL menggunakan software CAD

(Grzegorz budzik,2021).

3. Transfer ke dalam AM Mesin dan STL file Manipulasi.

Di sini adalah proses penyalinan pengguna file STL ke komputer yang mengendalikan *printer* 3D yang digunakan untuk menentukan ukuran dan orientasi cetakan. Hal ini sama dengan saat pembuatan *printer* 2D untuk mencetak secara landscape atau portrait (Asfar Yusran, 2016).



Gambar 2. 12 Komputer yang dihubungkan ke mesin 3D
(LuizBot,2021).

4. *Machine Setup.*

Setiap mesin memiliki persyaratan sendiri untuk melakukan persiapan. Tahap ini termasuk proses pengisian polimer, pengikat dan bahan habis pakai lainnya (Asfar Yusran, 2016).



Gambar 2. 13 Filament sebagai bahan untuk melakukan print 3D
(Ali,2021).

5. Pencetakan.

Biarkan mesin melakukan hal tersebut secara otomatis. Sebab setiap lapisan biasanya memiliki ketebalan sekitar 0,1 mm atau lebih tipis lagi. Karena sangat tipis proses ini bisa berlangsung berjam-jam atau bahkan berhari-hari. Pastikan untuk memeriksa mesin secara berkala untuk memastikan tidak ada kesalahan proses (Asfar Yusran, 2016).

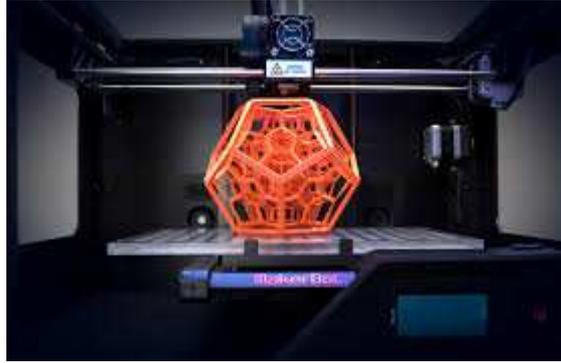


Gambar 2. 14 Proses 3D Print tipe FDM

(Angga Hermawan, 2021).

6. *Removal.*

Angkat objek dicetak dari mesin. Pastikan dalam proses ini menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) untuk menghindari cedera. Seperti sarung tangan untuk melindungi diri dari permukaan yang panas (Asfar Yusran, 2016).



Gambar 2. 15 Proses pengangkatan objek

(Lucky,2021).

7. *Post processing.*

Banyak printer 3D memerlukan *post processing* untuk objek dicetak. Seperti menyikat bubuk yang tersisa atau mencuci objek cetak dengan air. Dalam proses ini lebih berhati-hati sebab objek cetak masih rapuh, sehingga mudah pecah dan retak (Asfar Yusran, 2016).



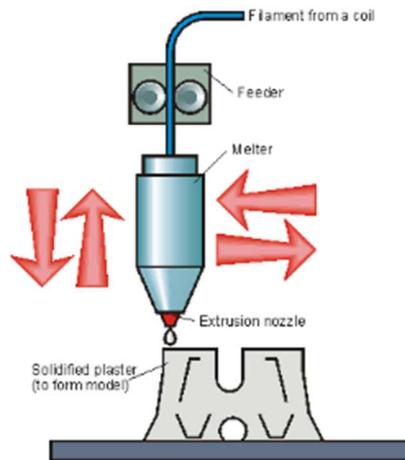
Gambar 2. 16 Proses pencucian objek 3D print (tidak wajib).

(Brian,2021).

2.4 Pengertian Rapid Prototyping

Rapid prototyping adalah teknologi yang mengkonversi langsung data CAD tiga dimensi menjadi prototipe fisik. *Rapid prototyping* ini memungkinkan secara otomatis untuk pembangunan model fisik dan telah digunakan secara signifikan untuk mengurangi waktu siklus pembangunan produk dan meningkatkan kualitas dari rancangan produk. Dalam proses *Rapid prototyping*, bagian tipis horizontal lintas digunakan untuk mengubah bahan menjadi prototipe fisik.

Fused Deposition modeling (FDM) adalah sebuah teknologi *additive manufacture* yang biasa digunakan untuk pemodelan, *prototyping*, dan produksi. Teknologi ini adalah salah satu teknik yang digunakan untuk *printer* 3D. Sebab sebuah *filamen* plastik yang dimasukkan ke nozzle ekstrusi. Nozzle dipanaskan untuk melelehkan plastik dan memiliki mekanisme yang memungkinkan aliran meleleh plastik. Nozzle dipasang ke tahap mekanik yang dapat dipindahkan dari kedua arah yaitu vertikal dan horizontal. Kemudian nozzle tersebut akan berjalan sampai diatas meja sesuai dengan potongan geometrinya, kemudian plastik diekstrusi tipis untuk membentuk setiap lapisannya, Setelah itu plastik akan mengeras dengan cepat setelah dikeluarkan dari nozzle. Proses ini dapat diilustrasikan pada gambar (Rohman, 2008).



Gambar 2. 17 . Rapid Prototyping

(Donny,2015).

2.5 Prinsip-Prinsip Teknologi Pada Printer 3D prinsip Teknologi Pada Printer 3D Terbagi Menjadi 2 Yaitu :

2.5.1 Teknik Cetak *Injection Molding/ Plastics Extrusion*(Injeksi plastik)

Teknik ini sering disebut juga teknik tradisional karena masih menggunakan teknologi lama seperti melelehkan plastik secara lapis demi lapis. Satu ciri khas dari teknik ini adalah membersihkan alas duduk yang melekat dibawah objek atau produk serta bekas plastiklainnya yang melekat. Pada teknik ini biasanya memakai bahan plastik yang berlabel 7, antara lain: *Styrene Acrylonitrile* (SAN), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Polycarbonate* (PC), dan Nylon.

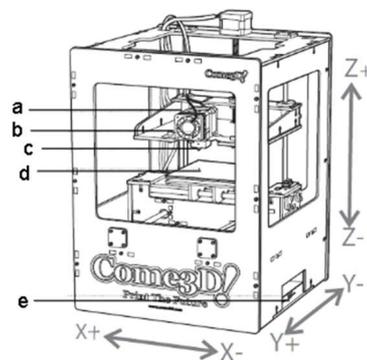
2.5.2 Teknik Cetak *Binder jetting/ Powder bed*(serbuk)

Teknik ini lebih modern dari teknik cetak injeksi plastik. Printer 3D dengan teknik powder bed ini adalah high end, teknik ini biasanya sering digunakan oleh

industri dan kalangan profesional. Tekniknya adalah menyemprotkan lem atau cairan ke permukaan tumpukan serbuk (*powder bed*) kemudian wadah tumpukan serbuk sedikit demi sedikit akan turun ke bawah, Sehingga lapis demi lapis objek akan tercetak dari bawah keatas, Selama proses mencetak kita tidak dapat melihat objek karena diselubungi gundukan serbuk kemudian objek dibersihkan dengan mudah dari serbuk dengan vacuum cleaner, Setelah itu dilapisi dengan cairan pengikat. Pada *printer 3D Z650* menggunakan vacuum chamber disamping mesin, sehingga mudah membersihkan sisa serbuk dan sisa serbuk tersebut dapat kembali digunakan. Kandungan serbuk ini mengandung selulosa, larutan penggumpal hingga pati kentang, dan terdapat kandungan lain yang tetap dirahasiakan oleh produsennya.

2.6 Komponen-komponen Pada Printer 3D

Printer 3D memiliki beberapa komponen dapat diilustrasikan pada



Gambar 2. 18 Komponen-komponen Pada *Printer 3D*

(Eprint,2021).

Keterangan :

a. *The feed apertures*

b. *Sprinkler head*

c. *Nozzle*

d. *Heating plate / bottom plate*

e. USB jack

2.7 Pengertian Heater Nozzle

Nozzle adalah satu komponen printer tiga dimensi (3D) yang berfungsi untuk melelehkan *filament* agar dapat memudahkan membentuk suatu produk atau objek, *Heater Nozzle* bekerja dengan cara mengerol *filament* yang masih berbentuk padat dan pada saat pengerolan maka suhu pada heater *nozzle* akan meningkat dan akhirnya akan melelehkan *filament* yang padat itu. *Heater Nozzle* melelehkan termoplastik dan alirandari menekan plastik pada lapisan tipis ke seberang satu dasar. Sebagai material mengeras dan lempeng bergerak ke lapisan berikutnya, bentuk printer 3D dengan cepat membentuk beberapa jenis termoplastik biasanya terpakai di berbagai desktop MPD devices (Ragan, 2013).

2.7.1 Jenis-Jenis Nozzle

Nozzle pada dasarnya dibagi menjadi 2 kelompok yaitu :

1. *External Threaded Nozzles*

Nozzle ini biasanya sering digunakan pada mesin makerbots, PP3D dan mesin Mbot. Contoh *External Threaded Nozzles* di ilustrasikan pada gambar



Gambar 2. 19 External Threaded Nozzles

(Donny,2015).

2. *Internal Threaded Nozzles*

Nozzle ini biasanya sering digunakan pada mesin *printer 3D*.

Dilustrasikan pada gambar



Gambar 2. 20 *External Threaded Nozzles*

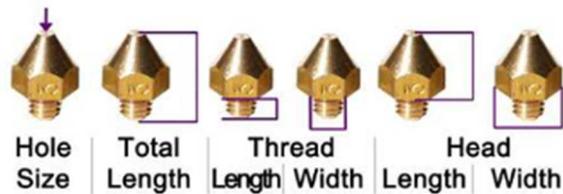
(Donny,2015).

2.7.2 *Ukuran-Ukuran Nozzle*

Nozzle memiliki berbagai ukuran yaitu :

1. *Hole Size • Head Length • Head Width*
2. *Thread width/size*

3. *Thread Length* Ukuran-ukuran nozzle dapat diilustrasikan pada gambar



Gambar 2. 21 Ukuran-Ukuran Nozzle

(Donny,2015).

2.8 Pengenalan Suhu Dan Kecepatan

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah thermometer. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat untuk mengukur suhu cenderung menggunakan indera peraba. Tetapi dengan adanya perkembangan teknologi maka diciptakanlah termometer untuk mengukur suhu dengan valid.

Pada abad 17 terdapat 30 jenis skala yang membuat para ilmuwan kebingungan. Hal ini memberikan inspirasi pada *Anders Celcius* (1701 – 1744) sehingga pada tahun 1742 dia memperkenalkan skala yang digunakan sebagai pedoman pengukuran suhu. Skala ini diberinama sesuai dengan namanya yaitu Skala Celcius. Apabila benda didinginkan terus maka suhunya akan semakin dingin dan partikelnya akan berhenti bergerak, kondisi ini disebut kondisi nol mutlak. Skala Celcius tidak bisa menjawab masalah ini maka *Lord Kelvin* (1842 – 1907) menawarkan skala baru yang diberi nama Kelvin. Skala kelvin dimulai dari 273 K ketika air membeku dan 373 K ketika air mendidih. Sehingga nol mutlak sama dengan 0 K atau -273°C . Selain skala tersebut ada juga skala Reamur dan

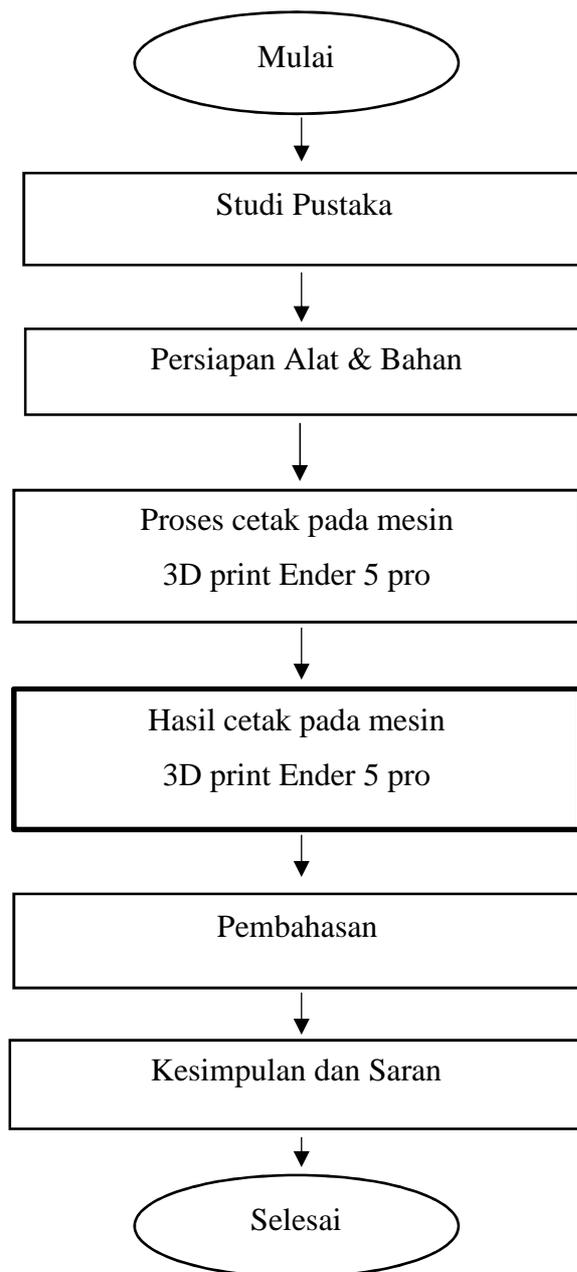
Fahrenheit. Untuk skala Reamur air membeku pada suhu 0°R dan mendidih pada suhu 80°R sedangkan pada skala Fahrenheit air membeku pada suhu 32°F dan mendidih pada suhu 212°F (Suhardi, Dkk,2009).

Speed & Temperature Speed (mm/s) menentukan kecepatan pergerakan mesin dalam mencetak. Kecepatan cetak harus menyesuaikan kualitas 3D printer yang digunakan.

Temperature (C) menentukan temperatur pada nozzle (ujung cetak) dan heatbed (alas cetak). Pengaturan ini menyesuaikan material cetak yang digunakan, biasanya manufaktur akan menampilkan informasi tentang hal ini (Hendrawan, 2019).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Pada saat akan melakukan pembuatan sebuah desain mesin *3D printer Ender 5 Pro*. Alat penunjang yang paling utama untuk proses pengerjaan produk ini adalah:

1. Mesin *3d print ender 5 pro*
2. Jangka sorong

3.2.2 Bahan

Pada saat mendesain mesin *3D Printer Ender 5 Pro* membutuhkan bahan sebagai berikut:

1. *Filamen PLA dan PETG*
2. *3D Printer ender 5 pro*

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari studi pustaka yaitu mengumpulkan data-data dari internet, buku referensi dan jurnal-jurnal yang relevan / terkait dengan topik penelitian.

3.4 Proses Langkah-Langkah Untuk Mencetak Pada 3D Printer

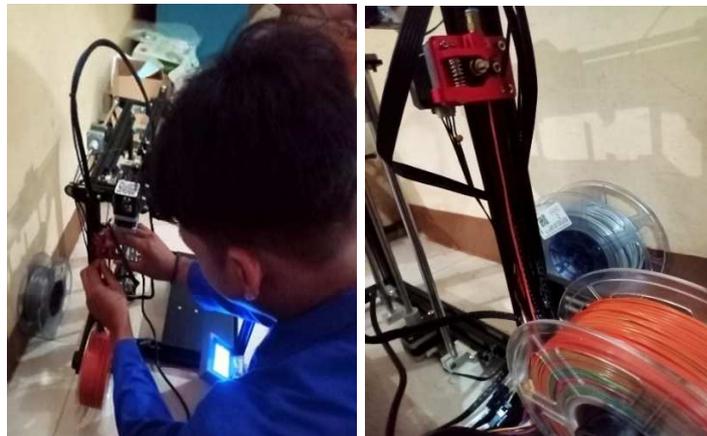
1. Mempersiapkan mesin *3D Printer Ender 5 Pro*.



Gambar 3. 2 Mempersiapkan mesin *3D Printer Ender 5 Pro*

(Dokumentasi,2021.)

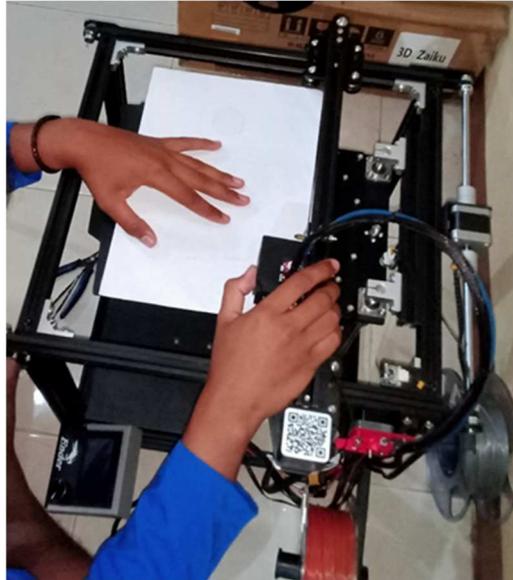
2. Siapkan *filament* dan masukkan ke jalur *noozle* melalui selang *extruder*.



Gambar 3. 3 Mempersiapkan filament ke selang extruder

(Dokumentasi,2021).

3. *Setting Bed Level* pada *3d Print ender 5 pro*



Gambar 3. 4 Seting bad level

(Dokumentasi,2021).

4. Siapkan file STL yang akan di cetak kemudian simpan pada *micro sd* yang akan di masukkan ke *3D Print Ender 5 Pro*
5. Lakukan pencetakan dengan cara pilih menu print from TF



Gambar 3. 5 print from TF

(Dokumentasi,2021).

3.5 Metode Analisi Data

Metode analisis data untuk menganalisa suhu dan kecepatan ideal antara *filamen* PLA dan PETG, variabel pengaruh suhu dan variabel kecepatan terhadap mesin 3D *printer ender 5 pro*. langkah pertama yang di lakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan, kemudian peneliti menjalankan mesin 3D *printer ender 5 pro* untuk mencetak objek. Hasil cetak 3D dianalisa pengaruh variasi suhu 185 untuk filament PLA dengan kecepatan 60 mm/s. Kemudian dianalisa kualitas hasil 3D printer pada setiap variasi suhu. Setelah ditemukan hasil pengaruh suhu terbaik kemudian lanjut pengujian ke 2 yaitu dengan menggunakan variasi kecepatan 40 mm/s, 60 mm/s dan 80mm/s. Hasil uji tersebut akan di analisa secara dimensi dan visual Indikator penilaian hasil 3D printer secara visual. Kemudian hasil cetak 3D pengaruh variasi suhu 230 untuk filament PETG dengan kecepatan 60 mm/s.

Kemudian dianalisis kualitas hasil cetak 3D printer terbaik kemudian lanjut pengujian ke 2 yaitu dengan menggunakan variasi kecepatan 40 mm/s, 60mm/s, 80mm/s. Hasil uji tersebut akan di analisis secara dimensi dan visual.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengaruh variasi Suhu Dan Kecepatan *Filament* PLA

4.1.1 Hasil Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Hasil Cetak 3D Printer

Dengan *Filament* PLA

Dengan melakukan pengujian menggunakan kotak bertingkat dengan jumlah kotak 8 tingkat ke atas, setiap kotak memiliki suhu berbeda-beda dan urut dari bawah 220°C, 215°C, 210°C, 205°C, 200°C, 195°C, 190°C, dan 185°C. Berikut hasil 3D print dari kotak bertingkat tersebut :



Gambar 4. 1 Kotak bertingkat dengan suhu yang berbeda

(Dokumentasi,2021).

Dari hasil di atas mendapatkan hasil di setiap kotak bertingkat berbeda-beda atau mendapatkan hasil berbeda di setiap suhunya, secara visual hasil di suhu 185°C adalah mendapatkan tingkat kehalusan yang merata, tingkat perekatan perlayer sangat rapat, tidak membutuhkan suhu yang tinggi dan tidak menimbulkan (serat yang mengelupas) jadi mendapatkan hasil print yang baik.

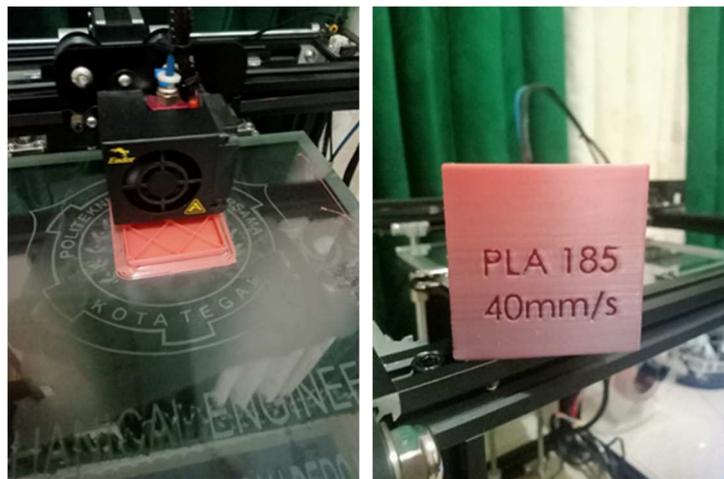
4.1.2 Hasil Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap Hasil Cetak 3D Printer

Dengan *Filament* PLA

Pengujian ini dilakukan setelah percetakan kotak bertingkat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui suhu yang terbaik dan dihasilkan suhu 185°C adalah suhu terbaik dalam proses printing. Selanjutnya uji pengaruh kecepatan putaran mesin terhadap hasil dan dimensi benda. Benda yang dicetak berdimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm. Berikut hasil pengujian tersebut:

4.1.3 Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s

Pengujian ini dilakukan pada suhu 185°C dengan kecepatan 40mm/s dan dengan kotak berdimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm menggunakan filament PLA. Berikut hasil percetakannya :



Gambar 4. 2 Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s

(Dokumentasi,2021).



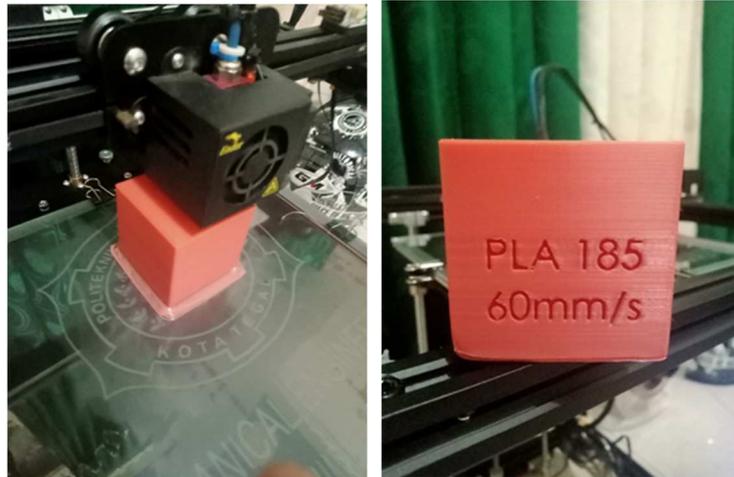
Gambar 4. 3 Dimensi ukuran dengan kecepatan 40mm/s

(Dokumentasi,2021).

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan pengaruh kecepatan 40 mm/s dengan suhu 185°C menggunakan *filament* PLA. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil cetak secara visual terlihat membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan yang sangat merata, kerekatan di setiap layer, proses pendinginan *filament* cepat dan tidak menimbulkan (serat yang mengelupas). Dari uji kesesuaian dimensi menunjukkan bahwa benda kotak yang sudah di cetak berdimensi tinggi 49,9mm, panjang 49,7mm dan lebar 49,8mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil cetak sudah dikatagotikan baik karena ukuran dan visual masuk dalam toleransi yang ditentukan.

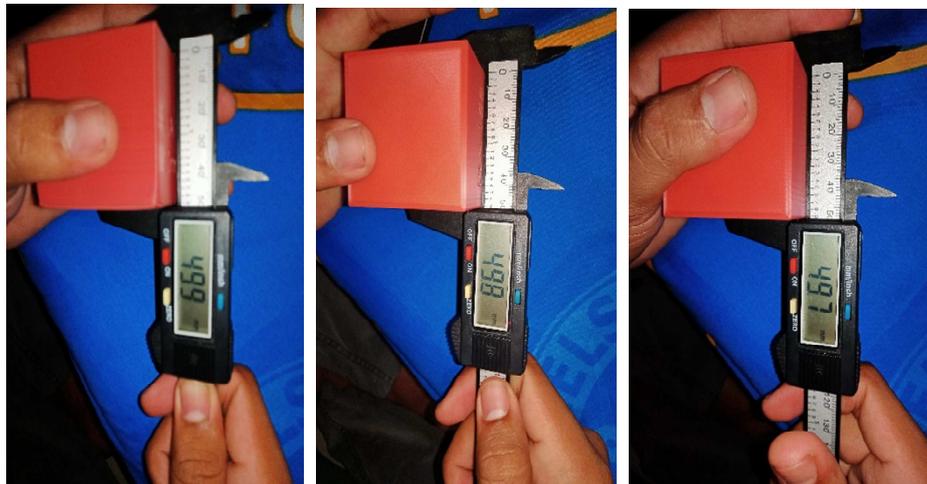
4.1.4 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s

Dilakukan dengan suhu 185°C dengan kecepatan 60mm/s dan dengan ukuran kotak tinggi 50mm, panjang 50mm, dan lebar 50mm menggunakan filament PLA. berikut hasil percetakannya :



Gambar 4. 4 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s

(Dokumentasi,2021).



Gambar 4. 5 Dimensi ukuran kecepatan 60mm/s

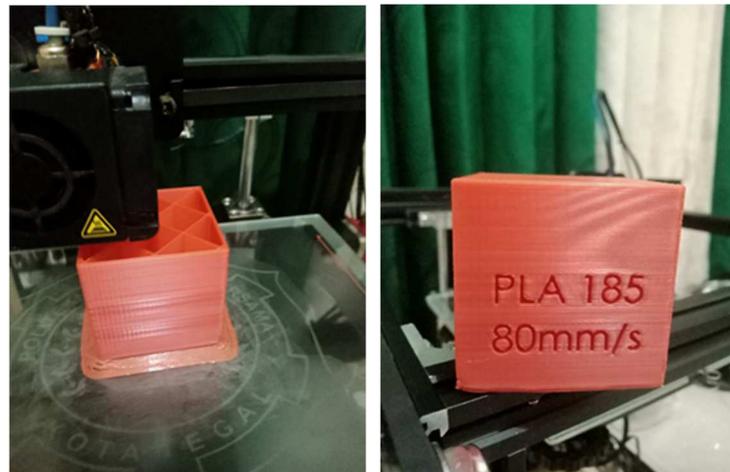
(Dokumentasi,2021).

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan pengaruh kecepatan 60 mm/s dengan suhu 185°C menggunakan *filament* PLA. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil cetak secara

visual terlihat membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan baik namun pada sisi bawah terlihat bahwa hasil print tidak merata dan kasar menandakan bahwa di setiap sudut bagian bawah filet yang dihasilkan tidak sempurna, kerekatan di setiap layer baik cukup erat. Dari uji kesesuaian dimensi menunjukkan bahwa benda kotak yang sudah di cetak berdimensi tinggi 49,9mm, panjang 49,8mm dan lebar 49,7mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil cetak sudah dikategorikan cukup baik karena ukuran dan visual kasar menandakan bahwa di setiap sudut bagian bawah filet yang dihasilkan tidak sempurna masuk dalam toleransi yang ditentukan.

4.1.5 Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s

Dilakukan dengan suhu 185°C dengan kecepatan 80mm/s dan dengan ukuran kotak tinggi 50mm, panjang 50mm, dan lebar 50mm menggunakan filament PLA berikut hasil percetakannya :



Gambar 4. 6 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s

(Dokumentasi,2021).



Gambar 4. 7 Dimensi ukuran kecepatan 80mm/s

(Dokumentasi,2021).

Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan pengaruh kecepatan 40 mm/s dengan suhu 185°C menggunakan *filament* PLA. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil cetak secara visual terlihat membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan yang cukup merata, terlihat juga di sisi sudut banyak layer yang tidak merata begitu pula pada bagian bawah layer yang kasar dan tidak merata yang menimpulkan fillet di setiap sudut bagian bawah yang kurang baik. Dari uji kesesuaian dimensi menunjukkan bahwa benda kotak yang sudah di cetak berdimensi tinggi 50mm, panjang 49,8mm dan lebar 49,6mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil cetak sudah dikatagotikan cukup baik karena ukuran dan visual kasar menandakan bahwa di setiap sudut bagian bawah fillet yang dihasilkan tidak sempurna masuk dalam toleransi yang ditentukan.

4.1.6 Hasil Cetak 3D Printer Dengan *Filament* PETG

Dengan melakukan pengujian menggunakan kotak bertingkat dengan jumlah kotak 7 tingkat ke atas, setiap kotak memiliki suhu berbeda-beda dan urut dari

bawah 260°C, 255°C, 250°C, 245°C, 240°C, 135°C, dan 235°C. Berikut hasil 3D print dari kotak bertingkat tersebut :



Gambar 4. 8 kotak bertingkat dengan suhu berbeda menggunakan *filament* PETG (Dokumentasi,2021).

Terlihat di kotak PETG bahwa di suhu 235°C sampai 260°C memiliki tingkat kehalusan yang kurang merata di karenakan suhu yang tinggi dan terdapat beberapa stringing yang menghasilkan visual kurang baik namun pada kotak bertingkat pada suhu 230°C mendapatkan tingkat kehalusan yang merata serta minim (serat yang mengelupas) sehingga dapat di simpulkan bahwa suhu yang terbaik pada *filament* PETG 230°C jadi mendapatkan hasil print yang baik.

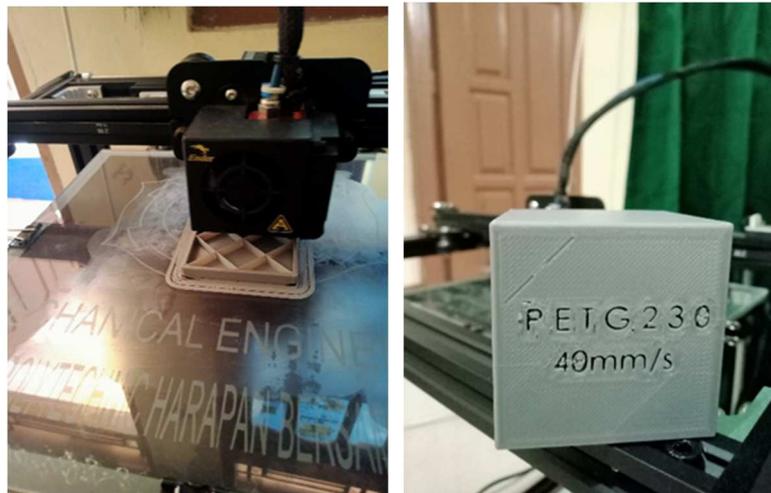
4.1.7 Hasil Pengaruh Variasi Kecepatan Terhadap Hasil Cetak 3D Printer

Dengan *Filament* PETG

Pengujian ini dilakukan setelah percetakan kotak bertingkat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui suhu yang terbaik dan dihasilkan suhu 230°C adalah suhu terbaik dalam proses printing. Selanjutnya uji pengaruh kecepatan putaran mesin terhadap hasil dan dimensi benda. Benda yang dicetak berdimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm. Berikut hasil pengujian tersebut:

4.1.8 Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s

Dilakukan dengan suhu 230°C dengan kecepatan 40mm/s dan dengan ukuran kotak tinggi 50mm, panjang 50mm, dan lebar 50mm menggunakan *filament* PETG berikut hasil percetakannya :



Gambar 4. 9 Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s

(Dokumentasi,2021).



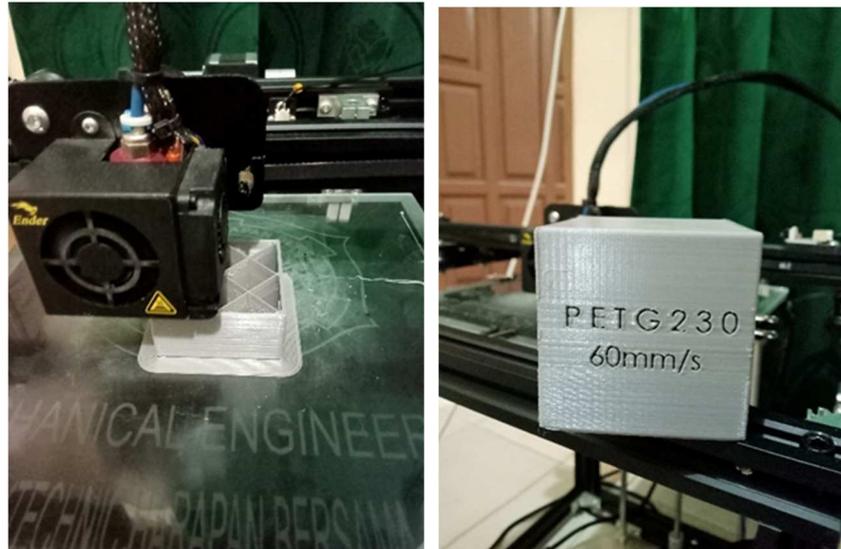
Gambar 4. 10 Dimensi ukuran kecepatan 40mm/s

(Dokumentasi,2021).

Gambar 4.9 dan 4.10 menunjukkan pengaruh kecepatan 40 mm/s dengan suhu 230°C menggunakan *filament* PETG. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil cetak secara visual terlihat kerekatar di setiap layer baik dan halus namun pada sisi bagian bawah dan atas layer yang di hasilkan kasar dan tidak merata sehingga menyebabkan sudut bagian bawah sedikit kurang sempurna kerekatar di setiap layer baik dan halus namun pada sisi bagian bawah dan atas layer yang di hasilkan kasar dan tidak merata sehingga menyebabkan sudut bagian bawah sedikit kurang sempurna. Dari uji kesesuaian dimensi menunjukkan bahwa benda kotak yang sudah di cetak berdimensi tinggi 49,6mm, panjang 49,6mm dan lebar 49,7mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil cetak sudah dikatagotikan baik karena ukuran dan visual kasar menandakan bahwa di setiap sudut bagian bawah filet yang dihasilkan tidak sempurna masuk dalam toleransi yang ditentukan.

4.1.9 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s

Dilakukan dengan suhu 230°C dengan kecepatan 60mm/s dan dengan ukuran kotak tinggi 50mm, panjang 50mm, dan lebar 50mm menggunakan filament PETG berikut hasil percetakannya :



Gambar 4. 11 Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s

(Dokumentasi,2021).



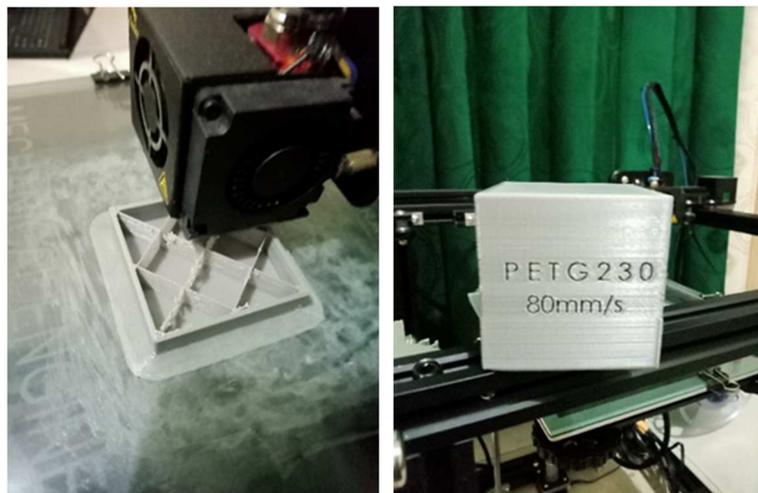
Gambar 4. 12 Dimensi ukuran dengan kecepatan 60mm/s

(Dokumentasi,2021).

Gambar 4.11 dan 4.12 menunjukkan pengaruh kecepatan 60 mm/s dengan suhu 230°C menggunakan *filament* PETG. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil cetak secara visual terlihat kerekatar di setiap layer cukup baik namun pada sisi bagian bawah dan layer yang di hasilkan sedikit kasar sehingga sudut yang di hasilkan kurang sempurna. Dari uji kesesuaian dimensi menunjukkan bahwa benda kotak yang sudah di cetak berdimensi tinggi 49,9mm, panjang 49,6mm dan lebar 49,7mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil cetak sudah dikatagorikan cukup baik karena ukuran dan visual kasar menandakan bahwa di setiap sudut bagian bawah filet yang dihasilkan tidak sempurna masuk dalam toleransi yang ditentukan.

4.1.10 Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s

Dilakukan dengan suhu 230°C dengan kecepatan 80mm/s dan dengan ukuran kotak tinggi 50mm, panjang 50mm, dan lebar 50mm menggunakan filament PETG berikut hasil percetakannya :



Gambar 4. 13 Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s

(Dokumentasi,2021).



Gambar 4. 14 Dimensi ukuran dengan kecepatan 80mm/s

(Dokumentasi,2021).

Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan pengaruh kecepatan 80 mm/s dengan suhu 230°C menggunakan *filament* PETG. Hasil uji menunjukkan bahwa hasil cetak secara visual terlihat kerekatar di setiap layer cukup baik dan tingkat kehalusannya cukup halus namun pada sisi bagian pojok yang di filet kurang merata atau kurang sempurna. Dari uji kesesuaian dimensi menunjukkan bahwa benda kotak yang sudah di cetak berdimensi tinggi 49,8mm, panjang 49,6mm dan lebar 49,7mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil cetak sudah dikatagorikan cukup baik karena ukuran dan visual tingkat kehalusannya cukup halus namun pada sisi bagian pojok yang di filet kurang merata atau kurang sempurna masuk dalam toleransi yang ditentukan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Variasi Suhu dan kecepatan Terhadap Hasil

Pengujian menggunakan variasi suhu 220°C, 215°C, 210°C, 205°C, 200°C, 195°C, 190°C, dan 185°C dengan menggunakan *filament* PLA Hasil pengujian didapatkan bahwa pada *filament* PLA suhu terbaik adalah suhu 185°C. Hal ini

karena hasil cetak menunjukkan mendapatkan tingkat kehalusan yang merata, tingkat kerekatan perlayer sangat rapat, tidak membutuhkan suhu yang tinggi dan tidak menimbulkan stringing (serat yang mengelupas) jadi mendapatkan hasil print yang baik. Sedangkan variasi suhu 260°C, 255°C, 250°C, 245°C, 240°C, dan 235°C pada penggunaan filament PETG suhu terbaik adalah pada suhu 235°C. Hal ini karena hasil cetak mendapatkan tingkat kehalusan yang merata serta minim (serat yang mengelupas) sehingga dapat di simpulkan bahwa suhu yang terbaik pada *filament* PETG 230°C jadi mendapatkan hasil print yang baik. Setelah mengobservasi pengaruh suhu cetak yang baik, dilanjut dengan menguji variasi kecepatan terhadap kesesuaian dimensi dan hasil cetak mesin 3D printer. Hasil uji dipaparkan pada tabel berikut:

4.1 Tabel Pengaruh Variasi kecepatan Terhadap Hasil menggunakan *filament*

PLA dan PETG :

Jenis Filament	Suhu dan Kecepatan	Uji Kesesuaian Dimensi (50 x 50 x 50 mm)			Uji Hasil Secara Visual	Kesimpulan
		Tinggi	Panjang	Lebar		
PLA	185°C - 40mm/s	49,9mm	49,7mm	49,8mm	Membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan yang sangat merata, kerekatan di setiap layer, proses pendinginan filament cepat dan tidak menimbulkan (serat yang mengelupas).	Baik
	185°C 60mm/s	49,9mm	49,8mm	49,7mm	Tingkat kehalusan yang kurang merata namun sedikit kasar	Cukup baik
	185°C 80mm/s	50mm	49.8	49.6	tingkat kehalusan yang cukup merata, terlihat juga di sisi sudut banyak layer yang tidak merata begitu pula pada	Cukup baik

					bagian bawah layer yang kasar dan tidak merata yang menimbulkan fillet di setiap sudut bagian bawah yang kurang baik	
PETG	230°C 40mm/s	49,6mm	49,6mm	49,7mm	kerekatar di setiap layer baik dan tingkat kehalusan yang merata.	Baik
	230°C 60mm/s	49,9mm	49,6mm	49,7mm	Tingkat kerekatar di setiap layer cukup baik dan menghasilkan kehalusan yang kurang merata atau sedikit kasar.	Cukup Baik
	230°C 80mm/s	49,8mm	49,6mm	49,7mm	Tingkat kerekatar di setiap layer cukup baik dan tingkat kehalusannya cukup halus namun pada sisi bagian pojok yang di filet kurang merata.	Cukup Baik

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa penggunaan filament PLA menunjukkan hasil terbaik pada suhu leleh 185°C dan kecepatan gerak mesin 40 mm/s. Sedangkan penggunaan filament PETG menunjukkan hasil terbaik pada suhu 230°C dan dengan kecepatan gerak 40 mm/s.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Setelah melakukan percetakan kotak bertingkat dari filament PLA dari suhu 185°C, 190°C, 195°C, 200°C, 205°C, 210°C, 215°C, dan 220°C mendapatkan hasil visual yang terbaik dan tidak menghasilkan masalah pada hasil cetak adalah suhu 185°C dan untuk
2. Untuk perbandingan dimensi pada filament PLA objek kotak dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm yang di cetak dengan suhu 185°C dan beberapa variabel kecepatan yang pertama 40mm/s mendapatkan hasil ukuran tinggi 49,9mm panjang 49,7mm lebar 49,8mm dengan visual membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan yang sangat merata, kerekatan di setiap layer, proses pendinginan filament cepat dan tidak menimbulkan *stringing*. Jadi mendapatkan hasil cetak yang halus atau baik. Yang kedua kecepatan 60mm/s mendapatkan hasil ukuran tinggi 49,9mm panjang 49,8mm lebar 49,7mm dengan hasil visual membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan baik namun pada sisi bawah terlihat bahwa hasil print tidak merata dan kasar menandakan bahwa di setiap sudut bagian bawah filet yang dihasilkan tidak sempurna, kerekatan di setiap layer baik cukup erat, jadi mendapatkan hasil print yang cukup baik. Yang ketiga kecepatan 80mm/s mendapatkan hasil dengan ukuran tinggi 50mm panjang 49,8mm lebar 49,6mm dengan hasil visual membutuhkan titik leleh yang rendah, tingkat kehalusan yang cukup merata, terlihat juga di sisi sudut banyak layer yang

tidak merata begitu pula pada bagian bawah layer yang kasar dan tidak merata yang menimbulkan fillet di setiap sudut bagian bawah yang kurang baik, jadi mendapatkan hasil print yang cukup baik.

Sedangkan untuk filament PETG dengan ukuran objek yang sama dengan suhu 230°C dan untuk variabel kecepatan yang pertama 40mm/s mendapatkan hasil ukuran tinggi 49,9mm lebar 49,7mm lebar 49,8mm dengan hasil visual dengan kerekatar di setiap layer baik dan halus namun pada sisi bagian bawah dan atas layer yang di hasilkan kasar dan tidak merata sehingga menyebabkan sudut bagian bawah sedikit kurang sempurna jadi mendapatkan hasil print yang baik. Yang ke dua 60mm/s mendapatkan hasil ukuran tinggi 49,9mm lebar 49,6mm lebar 49,7mm dengan hasil visual kerekatar di setiap layer cukup baik namun pada sisi bagian bawah dan layer yang di hasilkan sedikit kasar sehingga sudut yang di hasilkan kurang sempurna jadi mendapatkan hasil print yang cukup baik. Yang ke tiga 80mm/s mendapatkan hasil ukuran tinggi 49,9mm lebar 49,6mm lebar 49,7mm dengan hasil visual kerekatar di setiap layer cukup baik dan tingkat kehalusannya cukup halus namun pada sisi bagian pojok yang di filet kurang merata atau kurang sempurna jadi mendapatkan hasil print yang cukup baik

Dari uraian tersebut maka dapat di simpulkan bahwa perbedaan suhu dan kecepatan mempengaruhi dimensi objek yang di cetak antara 0,1mm sampai 0,4mm begitu juga dengan hasil visual dimensi yang dicetak.

5.2 Saran

Dari hasil proses percetakan ada beberapa hal yang perlu di perhatikan, di antaranya.

1. Pada saat mencetak objek lebih disarankan untuk menggunakan *enclosure* agar menghasilkan hasil *printer* yang sangat baik..
2. Menurut saya *filament* yang rekomendasi adalah *filament* PLA dan karena memiliki karakteristik yang kuat namun mudah di print.
3. Di sarankan saat melakukan pencetakan pada mesin 3D *printer* di tutup menggunakan kaca atau akrili

DAFTAR PUSTAKA

Analisi Pengaruh Faktor Minimum Thickness, Maximum Thickness, Dan Curves Pada Objek 3D Print Lithophane M. Radhinsyaputra, Dr. Eng, Herianto, S. T., M. Eng. (2019), 4–5.

Asfa Yusran, (2016).”Langkah Proses Dan Prinsip Kerja Mesin 3D print”

A. T. Rohman, H.S.B. Rochardjo*, H. (2008). Analisa Ketelitian Gerak Sumbu X Ekstruder Mesin Fused Deposition Modeling dan Kualitas Hasil 3D Printing Menggunakan Bahan Polylactic Acid (PLA) A. *Journal of Mechanical Design*, 130(April 2011), 40201.

Central Lab, (2020).”Pengertian 3D Print”

Dawoud dkk, (2015).”Teknologi Three Dimensional (3D) Print”

Fikri G.A,”Makalah 3D Printing” Universitas Gunadarma,(2015).

Fomu Studio,(2019).”Pla Termasuk Mulai Naik Daun Dan Di Gunakan Oleh Banyak Pelaku Dan Penggiat 3D Printing”

Hendrawan,(2019).”Speed Dan Temperatur”

Karmani, Ali.K Dan Nasr, Emad.A.(2006).”Rapid Prototyping”

Mpik,(2017). ”kelebihan dan kekurangan Polylactic Acid (PLA) Sebagai Filament Favorit Printer 3D”

Pristianyah, H. (2018). Pengaruh Parameter 3D Printing Terhadap Transparansi Produk yang Dihasilkan. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*.

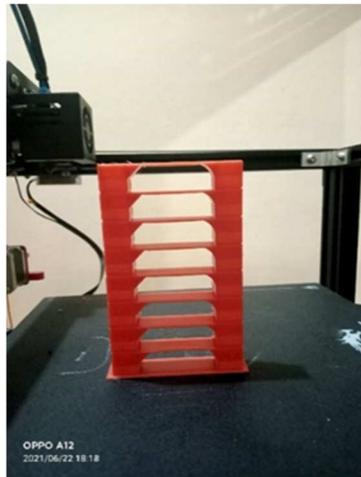
Ragan,(2013).Pengertian Heater Nozzle”

Rajawali,(2021).PETG (*Polyethylene Terephthalate*)

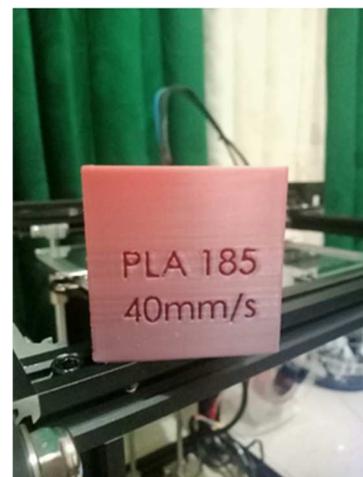
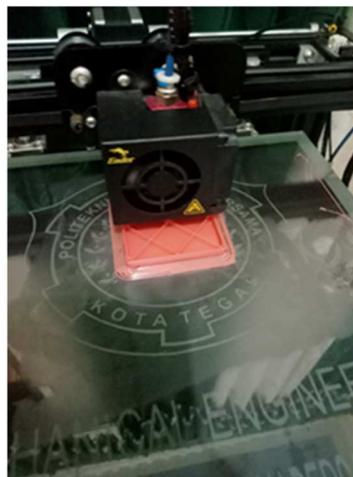
Suhardi, dkk,(2009),”Pengertian Suhu”

LAMPIRAN

1. Hasil Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Hasil Cetak 3D Printer Dengan Filament PLA

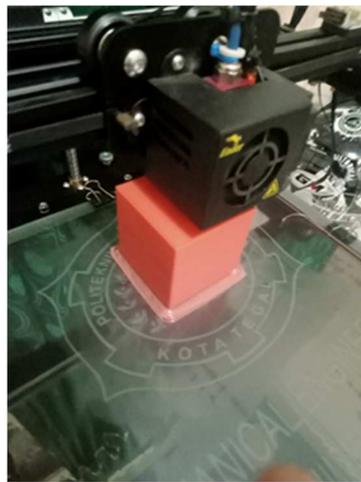


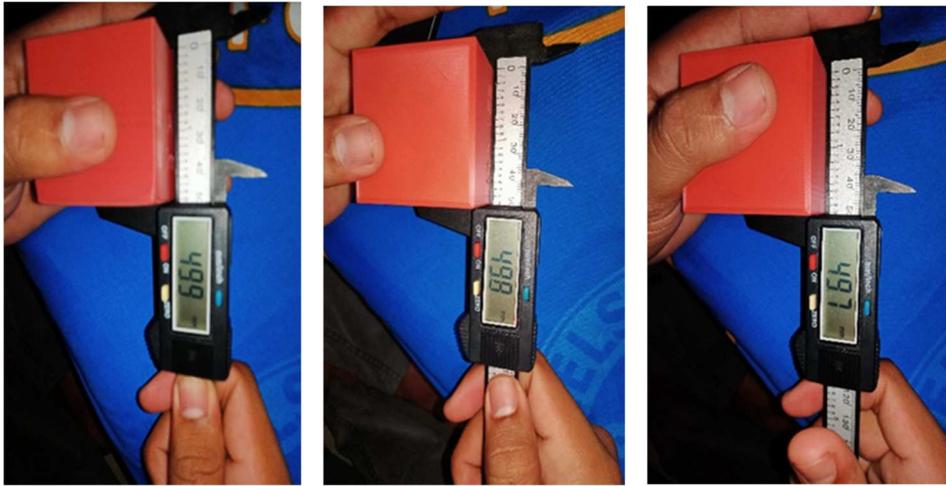
2. Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s



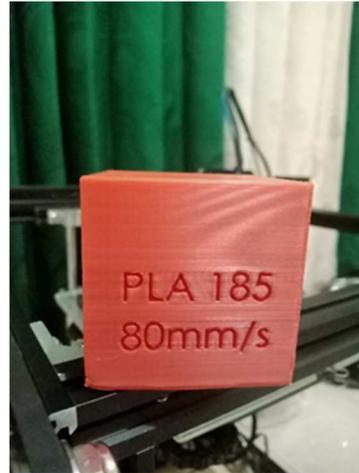
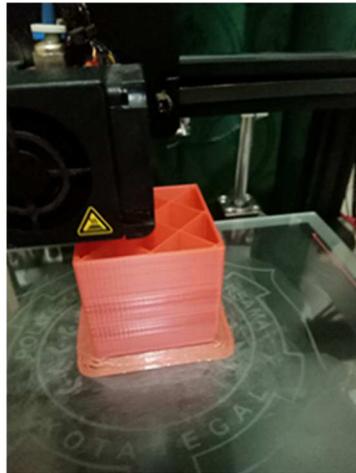


3. Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s

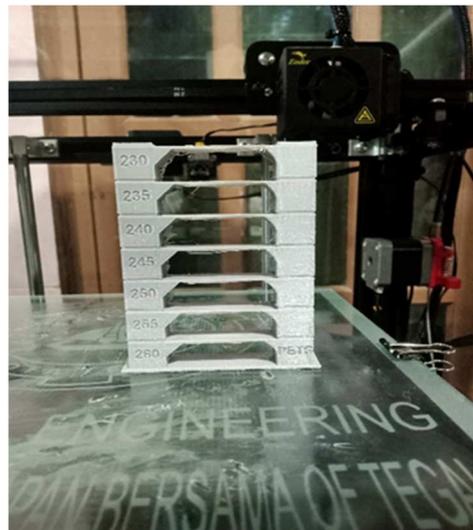




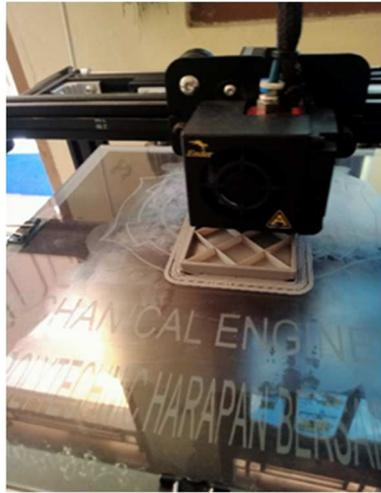
4. Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s



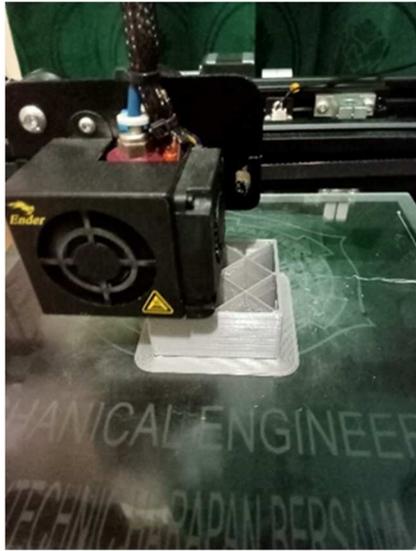
5. Hasil Cetak 3D Printer Dengan Filament PETG



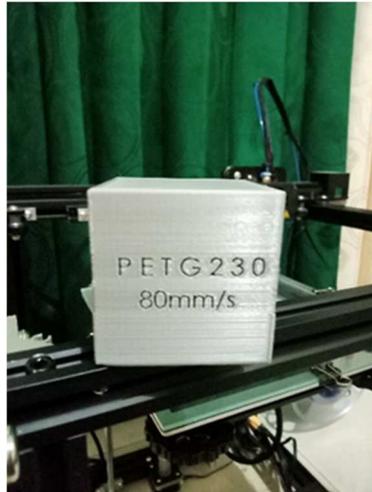
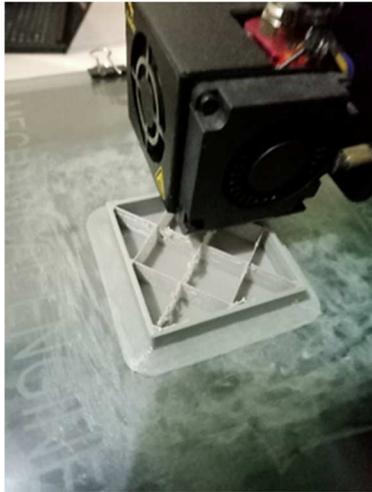
6. Pengujian Pada Kecepatan 40 mm/s



7. Pengujian Pada Kecepatan 60 mm/s



8. Pengujian Pada Kecepatan 80 mm/s





PENGAJUAN KESEDIAAN PEMBIMBING DAN JUDUL TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

No	NIDN/NUPN	Nama (lengkap dengan gelar)	Keterangan
1	0622048302	Amin Nur Akhmadi, M.T	Pembimbing I
2	0621028701	M. Taufik Qurohman, M.Pd	Pembimbing II

Menyatakan **BERSEDIA** / ~~TIDAK BERSEDIA~~ membimbing Tugas Akhir mahasiswa berikut :

NAMA	: Didit Ardiyanto
NIM	: 18020047
Produk Tugas Akhir	: 3D Printer Ender 5 Pro
Judul Tugas Akhir	: Uji Pengaruh dan Kecepatan Suhu Antara Filament PLA Dengan Filament PETG Pada 3D Printer Ender 5 Pro

Sesuai dengan waktu yang telah disepakati, Tugas Akhir dilaksanakan mulai bulan November tahun 2020 sampai dengan pelaksanaan Sidang Tugas Akhir bulan Juli tahun 2021

Tegal, 29 Januari 2021

Pembimbing I

(Amin Nur Akhmadi, M.T)
NUPN. 0622048302

Pembimbing II

(M. Taufik Qurohman, M.Pd)
NIDN. 0621028701

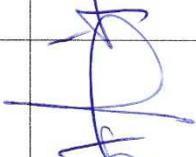
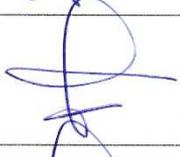
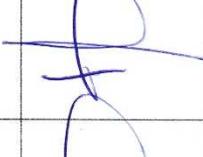
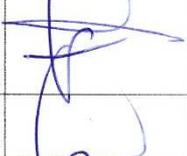
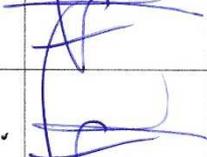
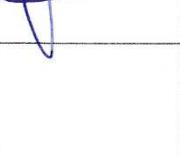
LEMBAR PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR



NAMA : Didit ardiyanto
NIM : 18020047
Produk Tugas Akhir : 3D printer ender 5 pro
Judul Tugas Akhir : Uji pengaruh kecepatan dan perbedaan suhu filament PLA
Dengadan filament PETG pada 3D printer ender 5 pro

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA
2021**

Rekap Pembimbingan Penyusunan Laporan Tugas Akhir				
PEMBIMBING I			Nama :	Amin Nur Akhmadi, M.T
			NUPN :	0622048302
No	Hari	Tanggal	Uraian	Tanda tangan
1	Jenin	31/5/2021	Revisi Bab I	
2	Jumat	4/6/2021	Revisi Bab II	
3	Jumat	11/6/2021	Revisi Bab III	
4	Selasa	22/6/2021	Revisi Bab IV	
5	Jumat	9/7/2021	Revisi Bab V	
6	Senin	12/7/2021	Revisi kesimpulan	
7	Kamis	15/7/2021	Acc laporan Tugas Akhir	
8				
9				
10				

Rekap Pembimbingan Penyusunan Laporan Tugas Akhir				
PEMBIMBING <u>II</u>			Nama :	M. Taufik Qurohman, M.Pd
			NUPN :	0621028701
No	Hari	Tanggal	Uraian	Tanda tangan
1	Senin	31/5/2021	Revisi Bab <u>I</u>	
2	Jumat	9/6/2021	Revisi Bab <u>II</u>	
3	Jumat	11/6/2021	Revisi Bab <u>III</u>	
4	Selasa	22/7/2021	Revisi Bab <u>IV</u>	
5	Jumat	9/7/2021	Revisi Bab <u>V</u>	
6	Senin	12/7/2021	Revisi <u>Besimpulan</u>	
7	Kamis	15/7/2021	Acc laporan Tugas Akhir.	
8				
9				
10				