

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP
AKURASI DIMENSI**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini ditulis dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
kelulusan Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri
Bangka Belitung



Ditulis Oleh:

Mawar Lesari

NIRM : 1001840

**POLITEKNIK MANUFAKTUR
NEGERI BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022**

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TER-
HADAP AKURASI DIMENSI**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh:

Mawar Lestari NIRM 1041844

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021/2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP AKURASI
DIMENSI

Oleh:

Mawar Lestari /NIRM 1041844

Laporan ini telah diajukan dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



Pristiansyah, S. ST., M.Eng.

Pembimbing 2



Subkhan, S. T., M. T.,

Penguji 1



()

Penguji 2



PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Mawar Lestari NIRM 1041844

Dengan Judul : Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi

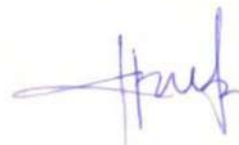
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata di kemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat,20.....

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Mawar Lestari



ABSTRAK

3D *printing* adalah salah satu teknologi proses manufaktur yang dikembangkan untuk pembuatan prototipee cepat dari desain yang diinginkan, salah satunya adalah teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*). Teknologi FDM adalah teknik pencetakan yang digunakan untuk mencetak produk dengan menggunakan bahan berserat. Jenis filamen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu filamen PETG (*Polyethylene terephthalate Gylacol*) dan menggunakan metode taguchi L₂₇OA. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter yang paling berpengaruh terhadap hasil cetak mesin 3D *printing* FDM. Parameter yang digunakan yaitu *Nozzel Temperature*, *Bed Temperature*, *Flowrate*, *Print Speed*, *Layer Thiknes*, *Infill Overlap*, *Infill Density*, dan *Infill Speed*. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa parameter proses yang paling berpengaruh untuk diameter luar spesimen yaitu *Nozel Temperature* (235°C), *Bed Temperature* (95°C), *Flowrate* (100%), *Printing Speed* (45mm/s), *Layer Thickness* (30mm), *Infill Overlap* (10%), *Infill Density* (25%), *Infill Speed* (40mm/s) pada penelitian nomor 18 dengan nilai rata-rata 19,73 mm. Sedangkan parameter proses yang paling berpengaruh untuk tinggi spesimen adalah *Nozzel Temperature* (235°C), *Bed Temperature* (100°C), *Infill Density* (25%), *Infill Overlap* (10%), *Layer Thickness* (30mm), *Printing Speed* (40mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Flowrate* (90%) pada penelitian nomor 26 dengan nilai 19,73 mm.

Kata Kunci: 3D Printing, PETG, Akurasi, Dimensi

ABSTRAK

3D printing is a manufacturing technology that is widely developed to make prototypes in accordance with the desired design, one of which is FDM (Fused Deposition Modeling). FDM technology is a printing technique used to print products using fibrous materials. The type of filament used in the study was a PETG filament (Polyethylene terephthalate Glycol) and used the taguchi L₂₇ OA method. This research aims to get the parameters that most affect the print of FDM 3D printing machines. The parameters used are Nozzel Temperature, Bed Temperature, Flowrate, Print Speed, Layer Thiknes, Infill Overlap, Infill Density, and Infill Speed. The results of research that have been done show that the most influential process parameters for the outer diameter of the specimen are Nozzle Temperature (235 °C), Bed Temperature (95 °C), Flowrate (100), Printing Speed (45mm /s), Layer Thickness (30mm), Infill Overlap (10% Infill Density (25%), Infill Speed (40mm/s) in the study number 18 with an average value of 19.73 mm. While the most influential process parameters for specimen height are Nozzel Temperature (235°C), Bed Temperature (100°C), Infill Density (25%), Infill Overlap (10%), Layer Thickness (30mm), Printing Speed (40mm/s), Infill Speed (40mm/s), Flowrate (90%) in research number 26 with a value of 19.73 mm.

Keywords: 3D Printing, PETG, Accuracy, Dimensions.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap akurasi Dimensi”. Tugas akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diplom IV di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sadar bahwa tanpa bantuan dari beberapa pihak penulis tidak akan bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua, kakak-kakak dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungannya selama penulis melaksanakan tugas akhir ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin serta pembimbing utama penulis yang telah menentukan, menyetujui serta telah banyak memberikan konsep pemikiran tentang pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Bapak Boy Rolastin, S.Tr., M.T, selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
5. Bapak Subkhan, S.T., M.T, selaku pembimbing kedua yang telah memberikan ide-idenya.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan Kelas B Teknik Mesin dan Manufaktur Angkatan 25 yang selalu mendukung dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir ini.

8. Sahabat, teman serta sanak saudara yang telah mendoakan dan mendukung penulis yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada masa yang akan datang. Amin.

Sungailiat, 18 Januari 2022



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I.....	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II.....	5
DASAR TEORI.....	5
2.1 Mesin 3D <i>Printing</i> FDM.....	5
2.1.1 Pengertian 3D <i>Printing</i>	5
2.1.2 Proses Kerja 3D <i>Printing</i>	6

2.1.3 Fused Deposition Modeling.....	7
2.1.4 Proses FDM	8
2.1.5 Parameter Proses FDM.....	8
2.2 Filament PETG (Polyethylene Terephthalate)	9
BAB III.....	11
METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Tahapan Penelitian.	11
3.2 Persiapan Eksperimen.....	13
3.2.1 Bahan penelitian.....	13
3.2.2 Peralatan Penelitian.....	14
3.3 Pelaksanaan Eksperimen.....	16
3.4 Pengambilan Data.....	17
3.5 Pengolahan Data.....	17
BAB IV	18
PEMBAHASAN.....	18
4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	18
4.2 Pengolahan Data Hasil Eksperimen	24
4.2.1. <i>Mean Plot</i> dan S/N Ratio dengan kualitas “ <i>smaller is batter</i> ” Diameter Luar Spesimen.....	25
4.2.2 Mean Plot dan S/N Ratio “ <i>Smaller is better</i> ” Tinggi Spesimen.....	28
4.3 Analisa Varian (ANAVA)	30
4.4 Uji Konfirmasi.....	33
BAB V.....	37
KESIMPULAN	37
5.1 Kesimpulan	37

5.2 Saran 37



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji.	12
Tabel 4. 1 Desain faktorial Penelitian L ²⁷ OA.....	18
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Diameter Luar Spesimen	22
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tinggi Spesimen	23
Tabel 4. 4 Diameter Luar dan Tinggi Spesimen.....	24
Tabel 4. 5 Hasil Mean Plot Diameter Luar Spesimen	26
Tabel 4. 6 Hasil S/N Ratio Diameter Luar Spesimen	27
Tabel 4. 7 Hasil Maen Plot Tinggi Spesimen.....	29
Tabel 4. 8 Hasil S/N Ratio Tinggi Spesimen	30
Tabel 4. 9 Analysis of variance Diameter Luar Spesimen.....	31
Tabel 4. 10 Keputusan Uji F	31
Tabel 4. 11 Analysis of variance Tinggi Spesimen	32
Tabel 4. 12 Keputusan Uji F	33
Tabel 4. 13 Hasil Uji Konfirmasi Diameter Luar Spesimen	34
Tabel 4. 14 Hasil Uji Konfirmasi Tinggi Spesimen	34
Tabel 4. 15 Perbandingan Penelitian	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-jenis Printer 3D Direct Printer 3D (Kumara Sadana Putra, 2018)	6
Gambar 2. 2 Proses Ekstrusi Filamen	8
Gambar 2. 3 Jenis-jenis Filament/bahan flexible PLA (a) dan PETG (Glycol-modified PET) (b).....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	11
Gambar 3. 2 Filament PETG.....	14
Gambar 3. 3 Mesin 3D Printing REXYZ A1	14
Gambar 3. 4 Jangka Sorong	15
Gambar 3. 5 Desain Spesimen.....	15
Gambar 3. 6 Penyetingan Parameter dan Level pada software slicer.....	16
Gambar 3. 7 Proses Pencetakan Spesimen.....	16
Gambar 4. 1 proses Pencetakan spesimen/benda uji.	20
Gambar 4. 2 Spesimen/benda uji yang dihasilkan.....	20
Gambar 4. 3 Pengukuran Diameter Luar Benda Uji/Spesimen.....	21
Gambar 4. 4 Pengukuran Tinggi Benda Uji/Spesimen	21
Gambar 4. 5 Grafik Mean Plot Diameter Luar Spesimen.....	25
Gambar 4. 6 Grafik S/N Ratio Diameter Luar Spesimen	27
Gambar 4. 7 Grafik S/N Ratio Tinggi Spesimen.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	41
Lampiran 2	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

3D *printing* adalah salah satu teknologi proses manufaktur yang dikembangkan untuk pembuatan *prototipe* cepat dari desain yang diinginkan, salah satunya adalah teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*) (Christiliana, et al., 2021). Teknologi FDM (*Fused Deposition Modeling*) dikenal sebagai teknologi untuk membuat objek 3D. *Fused Deposition Modeling* (FDM) yaitu teknik cetak 3D digunakan untuk mencetak produk menggunakan bahan filamen, produk yang dicetak memiliki karakteristik geometri yang ideal jika memiliki ukuran yang teliti dan bentuk yang tepat (Pristiansyah, et al., 2019). FDM juga merupakan salah satu metode dengan teknologi *solid base rapid prototyping* dengan proses ekstruksi. Umumnya material yang digunakan dalam FDM adalah filament plastic ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) dan PLA (*Poly Lactid Acid*). (Riza, et al., 2020; Setiawan, 2017) (Setiawan, 2017) 3D *Printing* mempunyai potensi yang sangat besar dalam dunia manufaktur saat ini, seperti kegunaannya yaitu pembuatan produk siap pakai seperti gelas, cangkir dan mangkok dengan bentuk yang unik dan memiliki nilai seni. Tetapi, pada saat proses pencetakan produk masih banyak sekali kekurangan yang berkaitan dengan keakurasian dari dimensinya (Hasdiansah, 2020). Pada proses pengerjaan 3D *printer* dengan teknik FDM, kekasaran permukaan, dimensi serta geometri menjadi faktor yang penting mempengaruhi kualitas hasil cetakan mesin 3D *printer*, faktor tersebut menjadi pertimbangan utama dalam mencetak komponen kritis sebab kekasaran permukaan komponen akan menimbulkan celah ketika komponen digabungkan dengan komponen lain. Selain itu, ketika hasil 3D *printer* digunakan sebagai benda akhir fungsional, maka perlu dihasilkan kualitas dengan dimensi serta geometri yang baik pada produk yang dicetak menggunakan mesin 3D *printer* (Pamasaria, et al., 2019).

Bahan utama yang biasa digunakan dalam pencetakan 3D adalah filament yang berfungsi sebagai bahan pengisi bentuk. Beberapa serat yang biasa

digunakan dalam pencetakan 3D termasuk *polylactic acid* (PLA), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *nylon*, *polyethylene terephthalate glycol* (PETG) dan *polycarbonat* (PC). PETG (*polyethylene terephthalate glycol*) merupakan polimer dengan densitas $1,38 \text{ g/cm}^3$ dan memiliki banyak keunggulan diantaranya tahan terhadap pelapukan, tidak rusak atau berubah warna saat terkena sinar UV, tidak berbau. daya rekat pada bantalan panas dan koefisien susut termal yang rendah, polimer ini umumnya digunakan dalam produksi produk cetak 3D menggunakan suhu pencetakan 230°C 265°C dan suhu tempat tidur di atas 60°C (Riza, et al., 2020). Filamen PETG adalah senyawa plastik yang satu keluarga dengan PET (Polyethylene terephthalate). Memiliki penggabungan keunggulan dari senyawa plastik ABS dan PLA, dengan warna bening/transparan dan mengkilat. (Kumara Sadana Putra, 2018)

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pembuatan objek menggunakan 3D *printing* DIY mengalami deviasi pada dimensi geometri dan posisi. Deviasi geometri bervariasi dari $-0,08 \text{ mm}$ hingga $+0,14 \text{ mm}$. Sedangkan deviasi posisi berada di rentang $-0,08 \text{ mm}$ hingga $+0,12 \text{ mm}$. Berdasarkan data deviasi yang dihasilkan dari perbandingan di atas, maka pembuatan objek 3D *printing* dapat disesuaikan dengan simpangan masing-masing (Deni Andriyansyah1, 2021)

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Pristiansyah, Dkk, mengenai pengaruh parameter proses 3D *Printing* FDM dengan menggunakan filamen *eflex* terhadap akurasi dimensi produk cetak, menunjukkan bahwa *layer thickness* memberikan pengaruh paling dominan. Dimana, kekuatan tarik tertinggi pada setiap temperatur yang ditentukan hasil yang diperoleh dominan pada *Infill type concentric* yaitu terdapat pada spesimen uji ke 22 yaitu $31,70 \text{ Mpa}$ dengan parameter *nozzle temperature* 205°C , *layer thickness* $0,2 \text{ mm}$, *Bed Temperature* 60°C , *travel speed* 100 mm/s , *printing speed* 50 mm/s dan *infill percentase* 100% . Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji ke 37 yaitu $19,70 \text{ Mpa}$ dengan parameter *nozzle temperature* 225°C , *layer Thickness* $0,2 \text{ mm}$,

Bed Temperature 60°C, travel speed 100 mm/s, printing speed 50 mm/s dan infill precentage 100%.V (Pristiansyah, et al., 2019).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yaitu analisa dengan menggunakan metode *Taguchi* dengan pemilihan SNR adalah *smaller is better*, menunjukkan bahwa parameter *printing temperature 260 °C, layer height 0,16 mm dan print speed 20 mm/s* merupakan parameter optimum untuk mesin 3D FDM dengan material plastik daur ulang PP, dalam mencetak produk dengan dimensi 20x20x20 mm (Herda Agus Pamasaria, 2020).

Optimalisasi parameter proses pencetakan 3D untuk bahan PETG dengan metode *Taguchi* telah diteleti, dengan hasil parameter yang berpengaruh adalah temperatur *nozzle*, lebar ekstrusi dan kecepatan *feed level*. Eksperimen validasi telah menunjukkan bahwa kombinasi level optimal, yaitu suhu *nozzle level (250°C)*, lebar ekstrusi level 2 (0,35mm) dan kecepatan level 2 (75%) ditemukan dapat meningkatkan kualitas produk dengan menungkatkan rata-rata nilai kuat lentur menjadi $52,98 \pm 0,65$ MPa (Eduar Iqbal Riza, 2020).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil parameter proses 3D *printing* yang paling berpengaruh terhadap parameter proses yang telah ditentukan yaitu *Nozel Temperature, Bed Temperature, Flowrate, Print Speed, Layer Thickness, Infill Overlap, Infill Desinity, Infill Speed*, dan juga dalam penelitian ini untuk mencetak benda uji menggunakan filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) terhadap akurasi dimensi dengan metode taguchi L₂₇ OA.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana pengaruh parameter proses mesin 3D *printing* FDM untuk mencetak produk dengan filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) terhadap akurasi dimensi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter proses yang berbeda dan optimal dari produk 3d *printing* FDM menggunakan *filament* PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) dengan parameter yang berbeda terhadap akurasi dimensi.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Mesin 3D Printing FDM

2.1.1 Pengertian 3D Printing

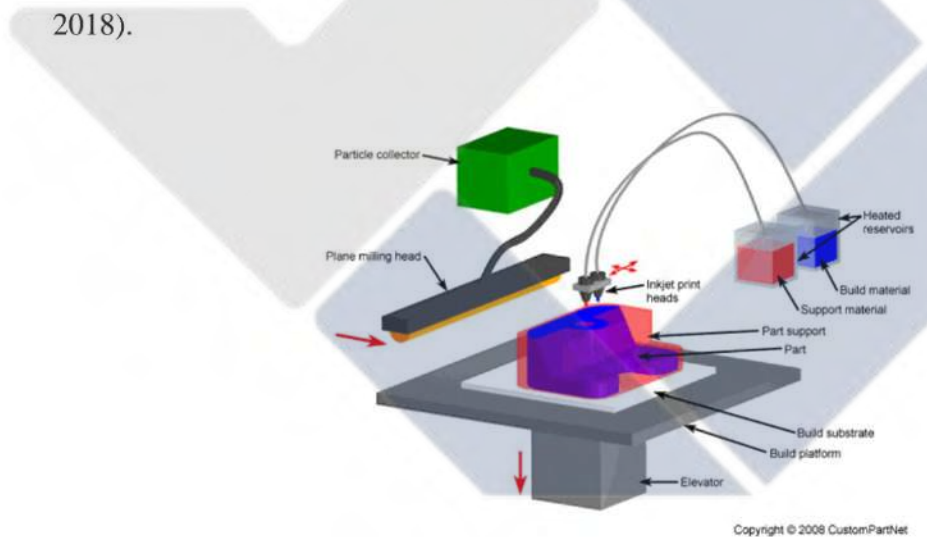
Printer 3D adalah *printer* yang menampilkan data dalam bentuk cetak. Dengan teknologi *printer* 3D, perusahaan dapat membuat *prototipe* tanpa harus menghabiskan bahan baku dan material. Karena setelah seseorang menggambar objek 3D, ia dapat langsung mencetak gambar tersebut dengan *printer* dan segera mengetahui kekurangan dari gambar yang dibuatnya. Melihat prospek masa depan *printer* 3D dan perkembangannya, aplikasi *printer* ini sudah merambah kesegala bidang. Saat ini, perkembangan bahan filamen yang berkelanjutan mencapai titik didih tinggi, dengan ketahanan yang kuat (Setiawan, 2019)

3D *Printing* juga dikenal sebagai pembuatan lapisan aditif menurut Excell, Jon (2013) adalah proses pembuatan objek 3D atau bentuk apapun dari model digital. Cara kerjanya hampir sama seperti *printer* laser dengan teknik membuat objek dari beberapa lapisan, yang setiap lapisan dicetak diatas lapisan yang lain. Teknologi *printing* sebenarnya sudah berkembang sejak sekitar 1980-an, namun belum begitu dikenal hingga tahun 2010-an ketika mesin cetak 3D ini dikenalkan secara komersial. Dalam sejarahnya *Printer* 3D pertama yang bekerja dengan baik dibuat oleh Chuck Hull dari 3D *System Corp* pada tahun 1984. Sejak saat itu teknologi 3d *printing* semakin berkembang dan digunakan dalam purwarupa (model) maupun industri secara luas seperti dalam arsitektur, otomotif, militer, industri medis, fashion, sistem informasi geografis sampai biotech (penggantian jaringan tubuh manusia) (Kumara Sadana Putra, 2018).

3D *Printing* adalah proses membuat objek konkrit 3D dalam bentuk apapun dari model digital yang ada. *Printer* memiliki kecanggihan khusus yang dapat mencetak objek, persis seperti gambar soft file, secara 3D (tidak lagi sebatas mencetak gambar diatas kertas). Karena hasil cetaknya tidak berupa gambar atau tulisan diatas kertas, maka *printer* 3D yang tidak memiliki tinta, melainkan bahan lain yang menjadi bahan dasar untuk menghasilkan produk tersebut.

Misalnya, untuk mencetak gantungan kunci, maka tinta di *printer* diganti dengan bahan plastik. (PUTRA, 2019)

Salah satu jenis dari *printer* 3D khususnya *Direct And Binder Printer* 3D *Printer* 3D jenis *direct* memiliki mekanisme kerja menggunakan teknologi *inkject*. Teknologi ini sudah ada sejak 1960 ketika digunakan pada *printer* 2D. Meskipun teknologi *inkject* digunakan pada *printer* 3D, cara kerjanya hampir sama seperti saat digunakan pada *printer* 2D. Dimana *inkject* bergerak maju mundur sambil mengeluarkan cairan. Dan yang membedakan keduanya adalah *printer* 2D *inkject* hanya bergerak maju mundur atau horizontal, sedangkan *printer* 3D *inkject* juga bisa bergerak vertikal ataupun diagonal sambil mengeluarkan cairan tetapi tidak tinta seperti *printer* 2D melainkan lilin dan polimer plastik (Kumara Sadana Putra, 2018).



Gambar 2. 1 Jenis-jenis Printer 3D Direct Printer 3D (Kumara Sadana Putra, 2018)

2.1.2 Proses Kerja 3D Printing

Proses kerja dari mesin 3D *printing* sebagai berikut ini (Setiawan, 2019) :

1. Model Objek 3D *Printing*

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 *printing*

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

3. Proses *Finishing*

Pada tahap ini dapat digunakan untuk menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang bisa jadi disebabkan oleh *over size* atau ukuran yang berbeda dari yang diinginkan. Teknik tambahan untuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan teknik multiple material atau kombinasi warna.

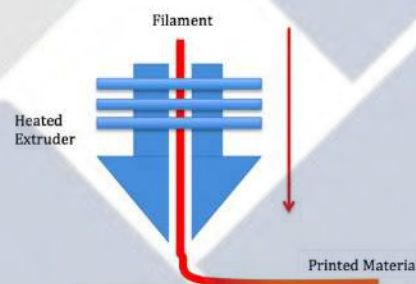
2.1.3 *Fused Deposition Modeling*

Fused Deposition Modeling (FDM) merupakan metode yang sangat populer di AM (*Additive Manufacturing*) dimana produk yang dihasilkan melalui proses ini berpotensi untuk dapat bersaing dengan metode manufaktur konvensional (*injection moulding*). Aplikasi FDM sangat luas meliputi bidang medis, desain cetakan, hingga otomotif dan *aeronautics*. Hingga saat ini, metode FDM telah banyak digunakan dalam pencetakan 3D *printing* karena penggunaannya yang mudah, biaya lebih rendah, ramah lingkungan dan memudahkan pengembangan produk, pembuatan *prototipe* dan manufaktur (Andriyansyah, et al., 2018).

Fused Deposition Modelling (FDM) adalah metode *Rapid Prototyping* yang proses fabrikasinya berbeda dengan metode yang lainnya, metode ini tidak menggunakan laser, namun dengan *nozzle* yang dipanaskan. Material filamen termoplastik yang digunakan dipanaskan pada *heater*. Temperatur diset lalu dipertahankan oleh *heater* dapat menciptakan material yang semi-solid agar dapat diekstrusi. Beberapa material yang seringkali digunakan menjadi bahan baku filamen adalah *polylactic acid* (PLA), *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *polycarbonate* (PC), *nylon*, dan *Investment Casting Wax*.

2.1.4 Proses FDM

Proses pembentukan benda tiga dimensi manufaktur FDM menggunakan teknik lapis demi lapis dapat dilihat pada Gambar 2.1. Material leleh diekstrusi melalui *nozzle* yang kemudian akan mengeras secara cepat membentuk lapisan. Ketika mesin *Rapid Prototyping* ini mulai beroperasi, material filament (*liquefier*) dilelehkan oleh *heating system*, selanjutnya material dikeluarkan melalui *nozzle* dengan pengaturan laju *feeder* oleh *drive wheel* dengan motor DC sebagai penggerakannya. Setelah mencapai temperatur yang sesuai, *drive wheel* akan berputar (saklar *feeder* akan *on* pada saat program *G-code* berjalan) dan *nozzle* akan menekan keluar material untuk diendapkan. Gerakan *nozzle* diarahkan sesuai dengan perintah program *G-code* yang sebelumnya telah dibuat. Setelah layer pertama terbentuk, *nozzle* bergerak ke atas untuk membentuk layer selanjutnya sampai membentuk benda tiga dimensi (Sumantri, 2012).



Gambar 2. 2 Proses Ekstrusi Filamen

<http://www.central-jogja.com/fused-deposition-method>

2.1.5 Parameter Proses FDM

Parameter adalah suatu acuan yang digunakan untuk mengatur suatu nilai pada mesin untuk dapat memberikan hasil yang diinginkan pada saat proses. Pada mesin 3D *printing* parameter yang dimasukkan melalui sebuah *software slice* untuk menghasilkan bahasa program yaitu *G-code*, yang kemudian akan dibaca oleh mesin sebagai perintah untuk proses mencetak. Parameter yang ada pada mesin *printer* 3D FDM adalah sebagai berikut :

1. *Nozzle temperature* adalah temperature pada saat filament diekstrusi.
2. *Layer thickness* adalah ketebalan setiap lapisan.
3. *Temperature based plate* adalah temperatur pada papan/plat dimana objek menempel saat dicetak.
4. *Print speed* adalah kecepatan gerak ketika sedang proses mencetak.
5. *Infill pattern* adalah pola pengisian pada bagian anti objek.
6. *Infill Density* adalah tingkat kerapatan pada bagian inti dari objek yang akan dicetak *Infill Density* berkisar 0% sampai 100%.
7. *Perimeter* adalah jumlah minimum *shell* vertikal (dinding) yang akan dicetak.
8. *Brim width* berfungsi untuk menambah perimeter lebih kelapisan pertama sebagai dasar, yang berguna untuk memberi area lebih banyak agar dapat menempel pada PETG (*polyethylene terephthalate glycol*) merupakan polimer dengan densitas $1,38 \text{ g/cm}^3$ dan memiliki banyak keunggulan, diantaranya tahan terhadap cuaca, tidak rusak dan berubah warna saat terkena sinar matahari, tidak berbau saat proses pencetakan, melekat dengan baik pada bantalan panas dan memiliki koefisien susut panas yang sangat rendah, polimer ini umumnya digunakan dalam produksi produk cetak 3D *Printing* menggunakan suhu pencetakan 230°C - 265°C dan suhu *bed* di atas 60°C *bed* dan mengurangi *warping*. (Riza, Budiyanoro, & Nugroho, 2020)
9. *Feed rate* adalah parameter untuk mengubah konfigurasi kecepatan pencetakan secara keseluruhan.
10. *Raft layers* adalah berfungsi lapisan tambahan dibawah model pada saat awal pencetakan yang berguna untuk menompang bagian layer yang mengambang.

2.2 Filament PETG (Polyethylene Terephthalate)

PETG (Polyethylene Terephthalate) juga salah satu polimer, yang paling umum digunakan saat ini adalah versi PET dengan modifikasi penambahan Glycol ke dalam komposisi material selama polimerisasi. Hasilnya filamen lebih jernih, tidak rapuh, dan lebih mudah digunakan, dengan *glass transition tempera-*

tur 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 yang lain, Seperti PETE, PETP, PET-P, GPET, dan PETT, namun yang paling cocok digunakan untuk aplikasi 3D *Printing* 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.

- Secara fungsional Filamen PETG mempunyai perpaduan antara kekuatan seperti ABS dan kemudahan proses *Printing* seperti PLA.
- Lebih awet dibanding PLA dan ABS, tahan terhadap benturan.
- Daya rekat antar layer yang sangat baik daripada ABS.
- Potensi *warping* atau penyusutan hasil cetak yang lebih kecil dibanding ABS.
- Lebih tahan terhadap panas dan sinar matahari karena *Glass Transition* temperturnya 88°C, lebih tinggi dari pada PLA.
- Pada saat, senyawa glikol yang ditambahkan mampu mencegah bahan mengkristal dan mudah pecah.

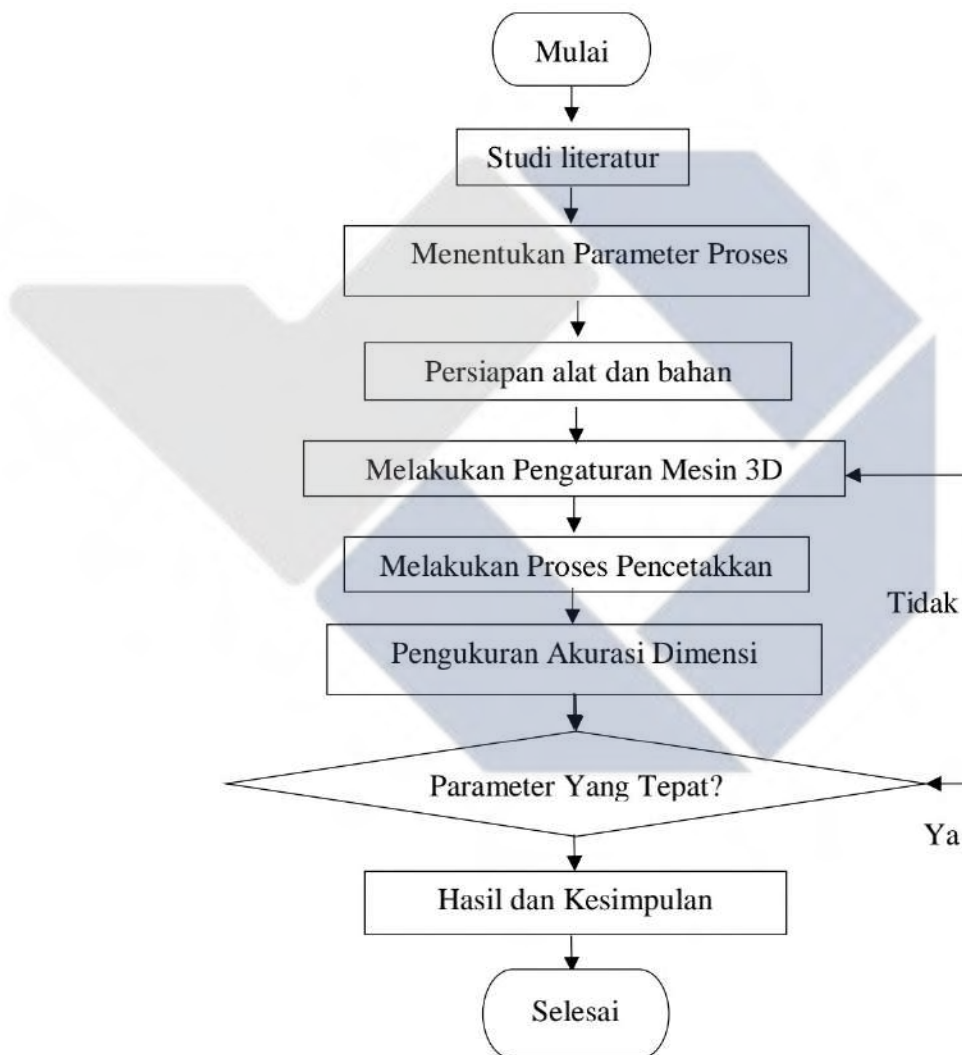


Gambar 2. 3 Jenis-jenis Filament/bahan *flexible* PLA (a) dan PETG (*Glycol-modified* PET) (b)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian.

Tahapan untuk penelitian ini dimulai dengan membaca literatur agar dapat lebih terarah dan terkontrol seperti yang ada pada gambar diagram alir yaitu:



Gambar 3. 1 Diagram Alir

Berdasarkan Gambar 3.1 diagram alir tersebut tahapan pertama yang akan dilakukan yaitu:

1. Studi Literatur.

Mengumpulkan dan membaca dari beberapa sumber penelitian, seperti membaca literatur (jurnal, tesis, buku, dll) yang berkaitan dengan pengaruh parameter proses 3D *printing* FDM akurasi dimensi dengan filament PETG dan metode *Taguchi*. Dan berkaitan dengan perancangan mesin 3D *printing* yang akan digunakan untuk mencetak benda diuji akurasi dimensinya.

2. Menentukan Parameter Proses.

Pada tahapan ini parameter proses yang digunakan ada 8 parameter proses, yang dilakukan dalam proses penelitian mengidentifikasi masalah yang sering terjadi pada saat pencetakan benda uji menggunakan mesin 3D terhadap filamen PETG. Dari masalah tersebut akan ditentukan parameter-parameter yang akan digunakan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji.

PARAMETER	LEVEL		
	1	2	3
<i>Layer Thickness (mm)</i>	0.2	0,28	0.3
<i>Printing Speed (mm/s)</i>	40	45	50
<i>Infill Speed (mm/s)</i>	40	45	50
<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	235	240	260
<i>Bed Temperature (°C)</i>	90	95	100
<i>Flowrate (%)</i>	90	95	100
<i>Infill Overlap (%)</i>	10	15	20
<i>Infill Density (%)</i>	20	25	30

3. Persiapan Alat dan Bahan.

Dalam tahapan ini kita mempersiapkan alat dan bahan apa saja yang nantinya akan kita gunakan dalam penelitian.

4. Melakukan pengaturan pada mesin 3D.

Sebelum melakukan penelitian dan pengujian, akan dilakukan *setting* mesin sesuai dengan parameter yang akan diuji dan alat yang akan digunakan pada saat penelitian. Guna proses pengujian berjalan dengan baik sesuai rencana penelitian.

5. Melakukan proses pencetakan.

Pencetakan yang akan dilakukan sesuai dengan parameter proses yang telah dipilih sebelumnya dan parameter yang akan digunakan di proses menggunakan *software slicing 3D Printing*. Setelah dislice file akan disimpan dengan format *G-Code* dengan menyimpan data ke kartu mikro SD yang kemudian akan dilakukan pencetakan menggunakan mesin *3D Printing FDM*.

6. Pengukuran Akurasi Dimensi

Apabila benda uji telah dicetak, maka selanjutnya benda uji akan diukur menggunakan alat ukur jangka sorong untuk mengukur akurasi dimensinya.

7. Parameter yang Tepat

Pada tahap ini akan ditentukan parameter yang tepat berdasarkan hasil pengukuran akurasi dimensi hasil cetak menggunakan jangka sorong dengan hasil yang paling baik.

8. Hasil dan Kesimpulan.

Tahap terakhir adalah hasil dan kesimpulan. hasil data yang didapatkan dianalisa berdasarkan parameter proses yang di tentukan. Sehingga mendapatkan nilai yang optimal dari pengaruh parameter proses *3D Printing* akurasi dimensi dan dapat ditarik kesimpulan dari eksperimen atau penelitian.

3.2 Persiapan Eksperimen

3.2.1 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah filament PETG (*Polyethylene Terephthalate*) dengan diameter 1,75 mm warna putih ditunjukkan pada Gambar 3.2.



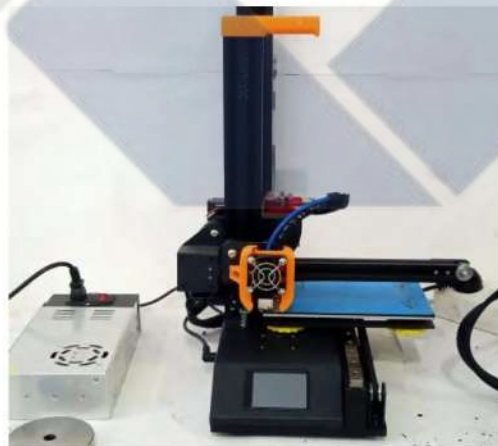
Gambar 3. 2 Filament PETG

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin 3D *Printing* FDM

Mesin 3D *printing* FDM (*Fused Deposition Modeling*) REXYZ A1, dengan build size 180 mm x 180 mm x 180 mm dan *single nozzle* ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Mesin 3D *Printing* REXYZ A1

2. Laptop.

Laptop yang digunakan dalam penelitian ini untuk menjalankan software CAD dengan format STL, untuk menganalisa hasil data, untuk membuat pengaturan atau *setting* parameter proses pada *software Ultimaker Cura*.

3. Jangka Sorong.

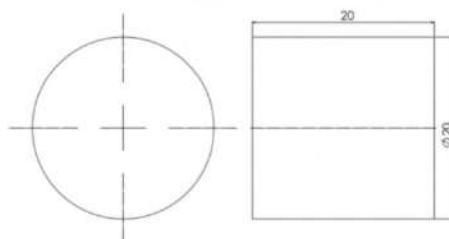
Jangka sorong adalah alat ukur yang mampu mengukur jarak, kedalaman, maupun diameter dalam dan luar suatu objek dengan tingkat akurasi dan presisi yang sangat baik. Jangka sorong yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3. 4 Jangka Sorong

4. Desain penelitian.

Desain penelitian yang akan dilakukan pencetakan menggunakan mesin 3D *printing* FDM dengan dimensi $\text{Ø}20 \times 20$ mm. Desain penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.5

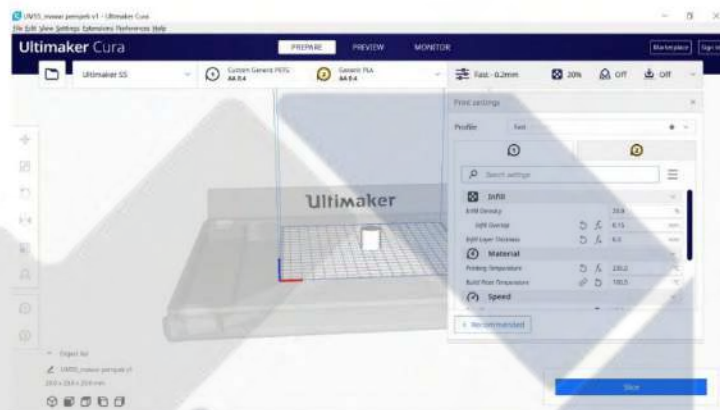


Gambar 3. 5 Desain Spesimen

3.3 Pelaksanaan Eksperimen

Langkah-langkah pelaksanaan Eksperimen sebagai berikut:

1. Membuat spesimen dalam bentuk tabung di software CAD dalam format file STL.
2. Format CAD dimasukkan ke dalam *software slicer* untuk penyetingan parameter dan level yang telah ditentukan untuk mendapatkan *G-code* ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Penyetingan Parameter dan Level pada software slicer.

3. Setelah mendapatkan *G-code* selanjutnya pencetakan spesimen menggunakan filament PETG dengan parameter proses dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3. 7 Proses Pencetakan Spesimen.

4. Setelah spesimen semuanya selesai dicetak, maka selanjutnya yaitu pengukuran akurasi dimensinya.
5. pengambilan data yang telah kita ambil dari pengujian akurasi dimensi.
6. Pengelolaan data dari hasil pengujian akurasi dimensi.

3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan di Kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung di ruangan QC. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur spesimen, data hasil pengukuran spesimen yang dicetak tersebut dicatat untuk dilakukan proses pengolahan data.

3.5 Pengolahan Data

Setelah pengambilan data dari hasil pengukuran akurasi dimensi spesimen yang dicetak, langkah selanjutnya yaitu memasukan data kedalam *software* analisa untuk diolah. Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan nilai yang paling berpengaruh dan optimal dari produk 3d *printing* FDM terhadap akurasi dimensi, maka setelah itu ditarik kesimpulannya.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan cara mencetak spesi-
men/benda uji dengan berbagai kombinasi parameter yang telah digunakan pada
mesin 3D *printing* FDM. Adapun parameter yang telah dipilih untuk dikombinasi
yaitu *Nozel Temperature* ($^{\circ}\text{C}$), *Bed Temperature* ($^{\circ}\text{C}$), *Flowrate* (%), *Printing*
Speed (mm/s), *Layer Thickness* (mm), *Infill Overlap* (%), *Infill Density* (%), *Infill*
Speed (mm/s). Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil desain faktorial *Taguchi L²⁷ OA*.
Hasil dari data pengujian tersebut kemudian diproses menggunakan *software* ana-
lisis agar mendapatkan parameter yang berpengaruh terhadap akurasi dimensi.

Tabel 4. 1 Desain faktorial Penelitian *L²⁷ OA*

No.	<i>Nozel Temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$)	<i>Bed Temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$)	<i>Flowrate</i> (%)	<i>Print Speed</i> (mm/s)	<i>Layer Thickness</i> (mm)	<i>Infill Overlap</i> (%)	<i>Infill Density</i> (%)	<i>Infill Speed</i> (mm/s)
1	250	90	90	40	20	10	20	40
2	250	90	90	40	28	15	25	45
3	250	90	90	40	30	20	30	50
4	250	95	95	45	20	10	20	45
5	250	95	95	45	28	15	25	50
6	250	95	95	45	30	20	30	40
7	250	100	100	50	20	10	20	50
8	250	100	100	50	28	15	25	40
9	250	100	100	50	30	20	30	45
10	240	90	95	50	20	15	30	40
11	240	90	95	50	28	20	20	45

No.	Nozel Temperature (°C)	Bed Temperature (°C)	Flowrate (%)	Print Speed (mm/s)	Layer Thickness (mm)	Infill Overlap (%)	Infill Density (%)	Infill Speed (mm/s)
12	240	90	95	50	30	10	25	50
13	240	95	100	40	20	15	30	45
14	240	95	100	40	28	20	20	50
15	240	95	100	40	30	10	25	40
16	240	100	90	45	20	15	30	50
17	240	100	90	45	28	20	20	40
18	240	100	90	45	30	10	25	45
19	235	90	100	45	20	20	25	40
20	235	90	100	45	28	10	30	45
21	235	90	100	45	30	15	20	50
22	235	95	90	50	20	20	25	45
23	235	95	90	50	28	10	30	50
24	235	95	90	50	30	15	20	40
25	235	100	95	40	20	20	25	50
26	235	100	95	40	28	10	30	40
27	235	100	95	40	30	15	20	45

Tabel 4.1 di atas digunakan untuk mencetak spesimen/benda uji akurasi dimensi. Selanjutnya spesimen dicetak guna mendapatkan data awal 1 (satu) kali dan 2 (dua) dua kali replikasi setiap eksperimennya. Data level setiap parameter dimasukkan kedalam *software slicing* agar mendapatkan *G-code* untuk proses pencetakan. *G-code* tersebut dimasukkan ke mesin 3D *printing* untuk proses pencetakan. Proses pencetakan benda uji di trunjukan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Proses pencetakan spesimen/benda uji.

Spesimen/benda uji yang dihasilkan dari proses pencetakan yang telah dilakukan dengan setiap eksperimennya 3 (tiga) kali replikasi ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Spesimen/benda uji yang dihasilkan

Spesimen yang dihasilkan dari pencetakan tersebut akan dilakukan pengukuran akurasi dimensi dengan ukuran diameter luar (20 mm), dengan tinggi (20 mm). Untuk pengukuran akurasi dimensi ini sendiri ditunjukkan pada Gambar 4.3 untuk pengukuran Diameter luar benda uji/spesimen dan Gambar 4.4 untuk pengukuran tinggi spesimen.



Gambar 4. 3 Pengukuran Diameter Luar Benda Uji/Spesimen



Gambar 4. 4 Pengukuran Tinggi Benda Uji/Spesimen

Jika pengukuran benda uji/spesimen tersebut selesai dan telah mendapatkan hasil data pengukuran akurasi dimensi, dan tinggi benda uji/spesimen. Maka hasil data yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Diameter Luar Spesimen

No	Diameter Luar			
	Data awal Spesimen	Replikasi 1 Spesimen	Replikasi 2 Spesimen	Rata-rata
1	20,01	20,04	20,03	20,03
2	20,09	20,26	20,23	20,19
3	19,99	20,06	20,03	20,03
4	20,02	20,01	20,05	20,03
5	19,88	19,98	19,96	19,94
6	20,05	20,04	20,04	20,04
7	20,02	20,05	20,05	20,04
8	19,95	20,06	20,06	20,02
9	19,76	19,93	19,87	19,85
10	20,1	20,1	20,1	20,1
11	19,85	19,99	19,97	19,94
12	19,86	19,95	20,06	19,96
13	19,96	19,99	19,98	19,98
14	19,83	19,95	19,95	19,91
15	19,8	19,85	19,84	19,83
16	20,16	20,15	20,11	20,14
17	20	19,98	19,97	19,98
18	19,69	19,75	19,76	19,73
19	19,82	19,85	19,83	19,83
20	19,86	20,02	20,03	19,97
21	19,95	19,94	19,93	19,94
22	20,02	20,01	20,01	20,01
23	19,83	19,87	19,86	19,85
24	19,74	19,77	20,04	19,85
25	20,03	20,05	19,87	19,98
26	19,83	19,84	19,83	19,83
27	19,98	19,98	19,97	19,98

Berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan nilai tertinggi pada penelitian ke dua dengan nilai rata-rata 20,19 mm, dan nilai terendah didapatkan pada penelitian ke delapan belas dengan nilai 19,73 mm.

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Tinggi Spesimen

No	Data Awal Spesimen	Tinggi		Rata-rata
		Replikasi 1 Spesimen	Replikasi 2 Spesimen	
1	19,97	19,94	19,96	19,96
2	19,95	19,97	19,95	19,96
3	20	19,96	19,97	19,98
4	19,99	19,99	19,98	19,99
5	19,96	19,95	19,94	19,95
6	19,98	19,96	19,97	19,97
7	19,95	19,91	19,93	19,93
8	19,90	19,94	19,95	19,93
9	19,84	19,88	19,96	19,90
10	19,96	19,95	19,94	19,95
11	20,11	19,94	19,90	19,99
12	19,91	19,95	19,93	19,93
13	19,97	19,94	19,95	19,96
14	20,06	19,96	19,88	19,97
15	19,80	19,86	19,87	19,84
16	19,75	19,86	19,85	19,82
17	19,96	19,96	19,85	19,92
18	19,85	19,84	19,86	19,85
19	19,78	19,86	19,83	19,82
20	19,79	19,85	19,86	19,83
21	19,90	19,88	19,87	19,88
22	19,79	19,85	19,85	19,83
23	19,84	19,85	19,86	19,85
24	19,8	19,79	19,84	19,81
25	19,75	19,77	19,78	19,76
26	19,71	19,74	19,74	19,73
27	19,75	19,76	19,74	19,75

Tabel 4. 4 Diameter Luar dan Tinggi Spesimen

No	Diameter Luar dan Tinggi			Rata-rata
	Diameter awal Spesimen	Replikasi 1 Spesimen	Replikasi 2 Specimen	
1	19.99	19.99	20.00	19.99
2	20.02	20.12	20.09	20.08
3	20.00	20.01	20.01	20.00
4	20.01	20.00	20.02	20.01
5	19.92	19.97	19.96	19.95
6	20.02	20.00	20.01	20.01
7	19.99	19.98	19.99	19.99
8	19.93	20.00	20.01	19.98
9	19.80	19.91	19.92	19.88
10	20.03	20.03	20.02	20.03
11	19.99	19.97	19.94	19.96
12	19.89	19.95	20.00	19.95
13	19.97	19.97	19.97	19.97
14	19.95	19.96	19.92	19.94
15	19.80	19.86	19.86	19.84
16	19.96	20.01	19.98	19.98
17	19.98	19.97	19.92	19.96
18	19.77	19.80	19.82	19.79
19	19.80	19.86	19.84	19.83
20	19.83	19.94	19.95	19.91
21	19.93	19.91	19.90	19.91
22	19.90	19.93	19.94	19.92
23	19.84	19.86	19.86	19.85
24	19.77	19.78	19.94	19.83
25	19.89	19.91	19.83	19.87
26	19.77	19.79	19.79	19.78
27	19.86	19.87	19.86	19.86

Nilai rata-rata yang ditunjukkan pada tabel diatas selanjutnya akan diproses dan data tersebut akan dimasukan kedalam *software* analisa.

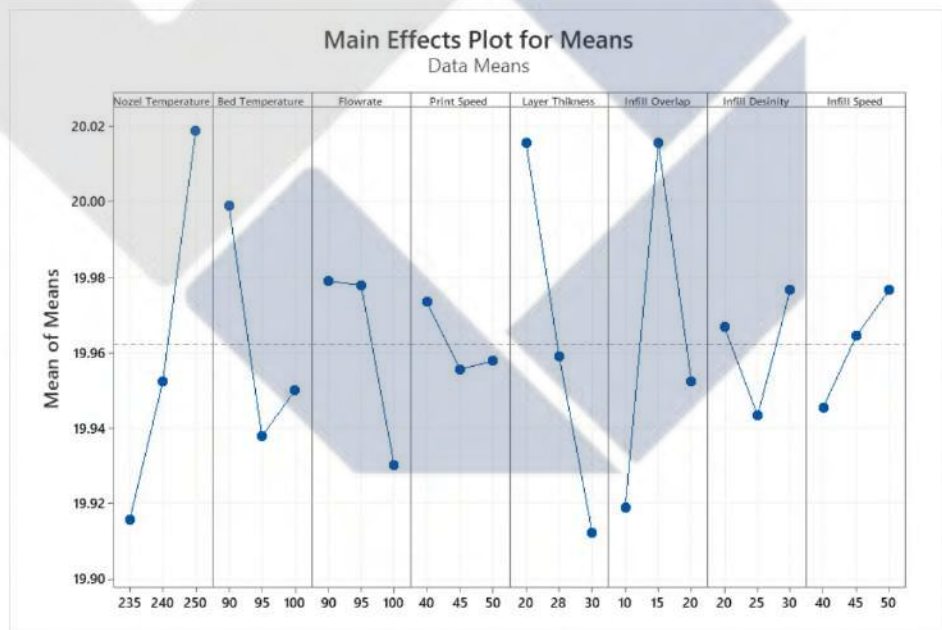
4.2 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Hasil data yang telah di olah tersebut guna mendapatkan parameter proses yang paling berpengaruh terhadap hasil uji akurasi dimensi dengan menggunakan

metode *taguchi*. Proses pengolahan data di atas menggunakan *software* analisis, dimana hasil dari data pengukuran pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 dimasukkan kedalam *software* analisa guna mendapatkan hasil data *Mean Plot* dan *S/N Ratio* dengan kualitas “*smaller is batter*” karena semakin kecil semakin baik, karena nilai yang mempunyai selisih paling kecil pada ukuran spesimen maaka kurasi yang dihasilkan semakin baik.

4.2.1. *Mean Plot* dan *S/N Ratio* dengan kualitas “*smaller is batter*” Diameter Luar Spesimen

Hasil data respon *Mean Plot* dari *software* analisis ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.5. Hasil dari *S/N* “*smaller is batter*” ditunjukkan pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.6

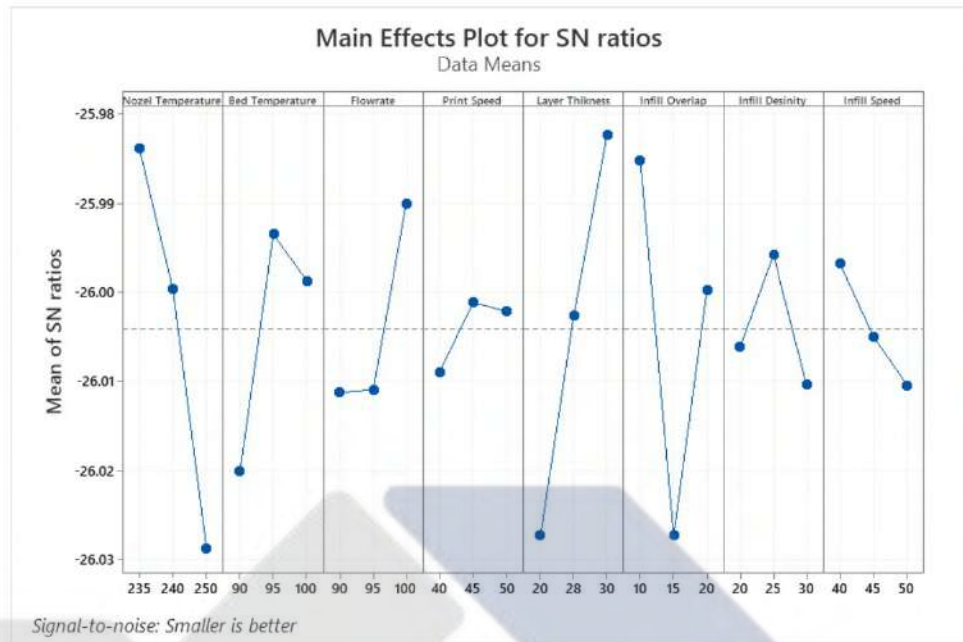


Gambar 4. 5 Grafik *Mean Plot* Diameter Luar Spesimen

Tabel 4. 5 Hasil *Mean Plot* Diameter Luar Spesimen

<i>Level</i>	<i>Nozel Temperature</i>	<i>Bed Temperature</i>	<i>Flow rate</i>	<i>Print Speed</i>	<i>Layer Thickness</i>	<i>Infill Overlap</i>	<i>Infill Density</i>	<i>Infill Speed</i>
1	20	19.98	19.97	20.02	19.92	19.97	19.95	
2	19.95	19.94	19.98	19.96	19.96	20.02	19.94	19.96
3	20.02	19.95	19.93	19.96	19.91	19.95	19.98	19.98
Delta	0.1	0.06	0.05	0.02	0.1	0.1	0.03	0.03
Rank	1	4	5	8	2	3	6	7

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa parameter proses yang berpengaruh adalah *Nozel Temperature*. Dan parameter proses yang berpengaruh secara berturut-turut sesuai dengan kualitas “*smaller is better*” yaitu *Nozel Temperature* level tiga (250°C), *Layer Thickness* level satu (20mm), *Infill Overlap* level dua (15%), *Bed Temperature* level satu (90°C), *Flowrate* level dua (95%), *Infill Density* level tiga (30%), *Infill Speed* level tiga (50mm/s), *Printing Speed* level satu (40mm/s).



Gambar 4. 6 Grafik S/N Ratio Diameter Luar Spesimen

Berdasarkan Gambar 4.5 parameter yang berpengaruh terhadap akurasi dimensi diameter luar spesimen yaitu *Nozel Temperature* (235°C), *Bed Temperature* (95°C), *Flowrate* (100%), *Printing Speed* (45mm/s), *Layer Thickness* (30mm), *Infill Overlap* (10%), *Infill Density* (25%), *Infill Speed* (40mm/s).

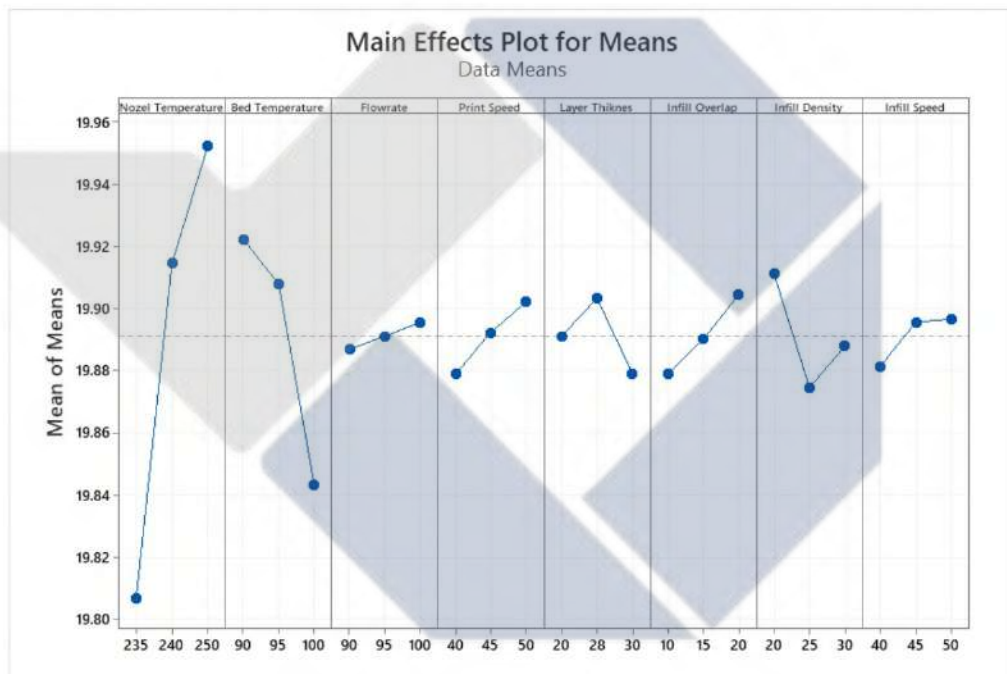
Tabel 4. 6 Hasil S/N Ratio Diameter Luar Spesimen

Level	Nozel Temperature	Bed Temperature	Flow rate	Print Speed	Layer Thickness	Infill Overlap	Infill Desinity	Infill Speed
1	-25.98	-26.02	-26.01	-26.01	-26.03	-25.99	-26.01	-26
2	-26	-25.99	-26.01	-26	-26	-26.03	-26	-26
3	-26.03	-26	-25.99	-26	-25.98	-26	-26.01	-26.01
Delta	0.04	0.03	0.02	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01
Rank	2	4	5	8	1	3	6	7

Berdasarkan Tabel 4.6 parameter proses yang memiliki pengaruh paling besar terhadap keakuratan dimensi diameter luar spesimen secara berturut-turut yaitu *Layer Thickness*, *Nozel Temperature*, *Infill Overlap*, *Bed Temperature*, *Flowrate*, *Infill Density*, *Infill Speed*, *Printing Speed*.

4.2.2 Mean Plot dan S/N Ratio “*Smaller is better*” Tinggi Spesimen

Hasil dari *Mean Plot* tinggi spesimen dari data *software* analisis ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.7 Kemudian hasil dari S/N Ratio “*Smaller is better*” ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Tabel 4.8

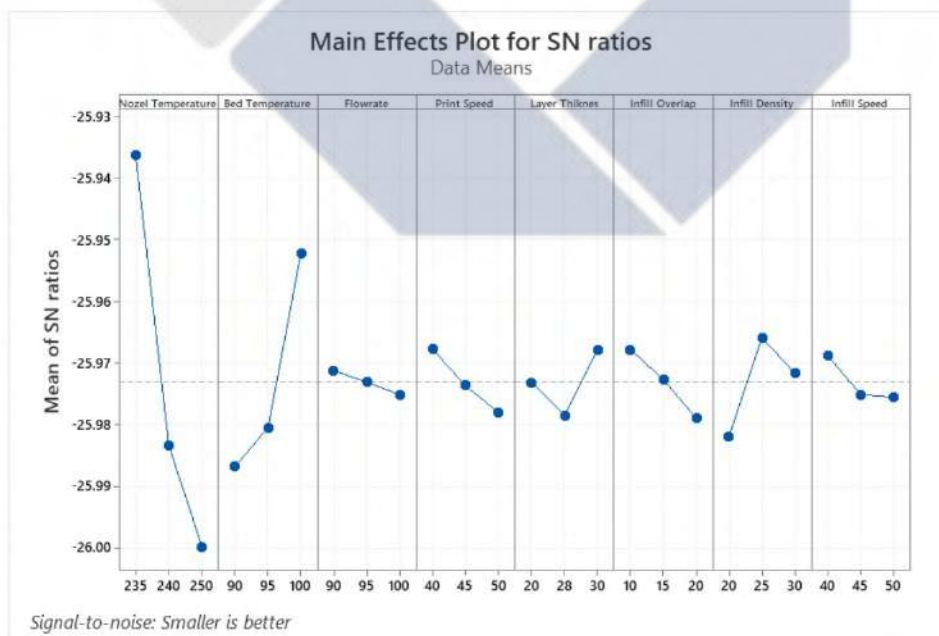


Gambar 4.6 Grafik Mean Plot Tinggi Spesimen

Tabel 4. 7 Hasil *Maen Plot* Tinggi Spesimen

Level	Nozel Temperature	Bed Temperature	Flow rate	Print Speed	Layer Thickness	Infill Overlap	Infill Density	Infill Speed
1	19.92	20	19.98	19.97	20.02	19.92	19.97	19.95
2	19.95	19.94	19.98	19.96	19.96	20.02	19.94	19.96
3	20.02	19.95	19.93	19.96	19.91	19.95	19.98	19.98
Delta	0.1	0.06	0.05	0.02	0.1	0.1	0.03	0.03
Rank	1	4	5	8	2	3	6	7

Berdasarkan Gambar 4.6 dan tabel 4.7 di atas bahwa dapat disimpulkan parameter proses yang memiliki pengaruh terbesar terhadap akurasi dimensi tinggi spesimen yaitu *Nozel Temperature* ($^{\circ}\text{C}$). Dan pengaruh parameter proses secara berutan adalah *Nozel Temperature* level tiga (250°C), *Bed Temperature* level satu (90°C), *Infill Density* level satu (20%), *Infill Overlap* level tiga (20%), *Layer Thickness* level dua (28mm), *Printing Speed* level tiga (50mm/s), *Flowrate* level tiga (100%), *Infill Speed* level tiga (50mm/s).



Gambar 4. 7 Grafik S/N Ratio Tinggi Spesimen

Berdasarkan Gambar 4.7 parameter proses yang berpengaruh terhadap akurasi dimensi tinggi spesimen yaitu *Nozel Temperature* (235°C), *Bed Temperature* (100°C), *Flowrate* (90%), *Printing Speed* (40mm/s), *Layer Thickness* (30mm), *Infill Overlap* (10%), *Infill Density* (25%), *Infill Speed* (40mm/s).

Tabel 4. 8 Hasil S/N Ratio Tinggi Spesimen

<i>Level</i>	<i>Nozel Temperature</i>	<i>Bed Temperature</i>	<i>Flow rate</i>	<i>Print Speed</i>	<i>Layer Thickness</i>	<i>Infill Overlap</i>	<i>Infill Desinity</i>	<i>Infill Speed</i>
1	-25.94	-25.99	-25.97	-25.97	-25.97	-25.97	-25.98	-25.97
2	-25.98	-25.98	-25.97	-25.97	-25.98	-25.97	-25.97	-25.98
3	-26	-25.95	-25.98	-25.98	-25.97	-25.98	-25.97	-25.98
Delta	0.06	0.03	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Rank	1	2	8	6	5	4	3	7

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas bahwa parameter proses yang memiliki pengaruh besar terhadap akurasi dimensi tinggi spesimen yaitu *Nozel Temperature*. Dan parameter proses yang berpengaruh secara berurutan yaitu *Nozel Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Layer Thickness*, *Printing Speed*, *Infill Overlap*, *Infill Speed*, *Flowrate*.

4. 3 Analisa Varian (ANAVA)

Sebagaimana parameter proses yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata Akurasi Dimensi maka, untuk mengetahui parameter yang berpengaruh pada *software* minitab secara signifikan terhadap nilai S/N Ratio dapat dilakukan *Analysis of variance* dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 *Analysis of variance* Diameter Luar Spesimen

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	% Contribution
Nozel Temperature	2	0.009245	0.004622	2,47	0,135	17,38%
<i>Bed Temperature</i>	2	0.003385	0.001693	0,90	0,436	6,37%
<i>Flowrate</i>	2	0.002583	0.001296	0,69	0.546	4,86%
Print Speed	2	0.000267	0.000133	0,07	0.932	0,50%
<i>Layer Thickness</i>	2	0.009174	0.004587	2,45	0.136	17,25%
<i>Infill Overlap</i>	2	0.008099	0.004051	2,16	0.166	15,23%
Infill Desinity	2	0.000909	0.000455	0,24	0.789	1,71%
<i>Infill Speed</i>	2	0.000769	0.000385	0,21	0.818	1,45%
Error	10	0,018747	0.001875			35,25%
Total	26	0.053178				100,00%

Berdasarkan Tabel 4.9 hasil anava didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi *F-test* dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4. 10 Keputusan Uji F

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F-Tabel (0,05;2;54)	Keputusan Uji
<i>Nozel Temperature</i>	2,47		H1 diterima
<i>Bed Temperature</i>	0,90		H1 diterima
<i>Flowrate,</i>	0,69		H1 diterima
<i>Printing Speed</i>	0,07	2,54	H1 diterima
<i>Layer Thickness</i>	2,45		H1 diterima
<i>Infill Overlap</i>	2,16		H1 diterima
<i>Infill Density</i>	0,24		H1 diterima
<i>Infill Speed</i>	0,21		H1 diterima

Dari Tabel 4.10 dapat disimpulkan bahwa dari delapan parameter *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Flowrate*, *Printing Speed*, *Layer Thickness*, *Infill Overlap*, *Infill Density*, *Infill Speed*, faktor kontrol yang paling berpengaruh hasil

F-test lebih besar dari pada Ftabel maka H0 ditolak tidak ada, sedangkan untuk *Nozel Temperature*, *Bed Temperature*, *Flowrate*, *Printing Speed*, *Layer Thickness*, *Infill Overlap*, *Infill Density*, *Infill Speed*, nilai F-test lebih kecil dibandingkan Ftabel sehingga H1 diterima yang berarti faktor kontrol tersebut tidak memiliki pengaruh terhadap akurasi dimensi.

Tabel 4. 11 *Analysis of variance* Tinggi Spesimen

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	% Contribution
Nozel Temperature	2	0.018788	0.009394	48,96	0.000	63,65%
<i>Bed Temperature</i>	2	0.005869	0.002934	15,29	0.001	19,88%
<i>Flowrate</i>	2	0.000080	0.000040	0,21	0.814	0,27%
Print Speed	2	0.000498	0.000498	1,30	0,315	1,69%
<i>Layer Thiknes</i>	2	0.000535	0.000535	1,39	0.292	1,81%
<i>Infill Overlap</i>	2	0.000534	0.000534	1.39	0.293	1,81%
<i>Infill Density</i>	2	0.001082	0.001082	2,82	0.107	3,67%
<i>Infill Speed</i>	2	0.000215	0.000215	0,56	0.588	0,73%
Error	10	0.001919	0.001919			6,50%
Total	26	0.02952				100,00%

Berdasarkan Tabel 4.11 hasil anava didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F-test dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4. 12 Keputusan Uji F

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F-Tabel (0,05;2;54)	Keputusan Uji
<i>Nozzle Temperature</i>	48,96		H0 ditolak
<i>Bed Temperature</i>	15,29		H0 ditolak
<i>Flowrate,</i>	0,21		H1 diterima
<i>Printing Speed</i>	1,30	2,54	H1 diterima
<i>Layer Thickness</i>	1,39		H1 diterima
<i>Infill Overlap</i>	1,39		H1 diterima
<i>Infill Density</i>	2,82		H0 ditolak
<i>Infill Speed</i>	0,56		H1 diterima

Dari Tabel 4.12 dapat disimpulkan bahwa dari delapan faktor kontrol *Nozel Temperature*, *Bed Temperature*, *Flowrate*, *Printing Speed*, *Layer Thickness*, *Infill Overlap*, *Infill Density*, *Infill Speed*, faktor kontrol yang paling berpengaruh adalah adalah *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, dan *Infill Density* karena hasil *F-test* lebih besar dari pada *Ftabel* maka H0 ditolak sedangkan untuk *Flowrate*, *Printing Speed*, *Layer Thickness*, *Infill Overlap*, dan *Infill Speed* nilai *F-test* lebih kecil dibandingkan *Ftabel* sehingga H1 diterima yang berarti faktor kontrol tersebut tidak memiliki pengaruh terhadap akurasi dimensi.

4.4 Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi ini dilakukan guna mengetahui hasil yang paling *valid*. Hal ini dilakukan dengan membandingkan hasil rata-rata nilai akurasi dimensi (di-*amater*, dan tinggi) awal dengan rata-rata hasil akurasi dimensi uji konfirmasi optimum. Uji konfirmasi ini dilakukan dengan *setting* parameter yang paling berpengaruh sesuai dengan pengukurannya. Penelitian ini membandingkan respon kombinasi awal dan kombinasi optimum yang tertera pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil Uji Konfirmasi Diameter Luar Spesimen

No	1	2	3	Rata-rata
Kombinasi Awal	20,05	20,04	20,04	20,04
Kombinasi Optimum	20,02	20,05	20,04	20,03

Tabel 4. 14 Hasil Uji Konfirmasi Tinggi Spesimen

No	1	2	3	Rata-rata
Kombinasi Awal	19,75	19,76	19,74	19,75
Kombinasi Optimum	19,72	19,73	19,76	19,73

Dari hasil uji konfirmasi di atas dapat disimpulkan bahwa nilai diameter luar spesimen dari data awal dengan data optimum memiliki diviasi sebesar 0,01 mm, Dan pada nilai tinggi spesimen dari data awal dengan data optimum memiliki deviasi sebesar 0,02 mm.

4.5 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian ini dilakukan guna untuk membandingkan hasil penelitian terdahulu dengan hasil penelitian penulis yang dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4. 15 Perbandingan Penelitian

No	Peneliti	Parameter yang Berpengaruh pada Peneliti Terdahulu	Parameter yang Berpengaruh pada Penelitian Penulis
1	Pristiansyah, dkk.	Dimensi X : <i>Flowrate (100%), Layer Thickness (0,10mm), Nozzle Temperature (210°C), Print Speed (40 mm/s), Overlap (75%), Fan Speed (50%).</i>	Diameter luar spesimen : <i>Nozel Temperature (235°C), Bed Temperature (95°C), Flowrate (100%), Printing Speed (45mm/s), Layer Thickness (30mm), Infill Overlap (10%), Infill Density (25%), Infill Speed (40mm/s).</i>
		Dimensi Y : <i>Flowrate (120%), Layer Thickness (0,20mm), Nozzle Temperature (230°C), Print Speed (30 mm/s), Overlap (75%), Fan Speed (100%).</i>	Tinggi Spesimen : <i>Nozzle Temperature (235°C), Bed Temperature (100°C), Infill Density (25%), Infill Overlap (10%), Layer Thickness (30mm), Printing Speed (40mm/s), Infill Speed (40mm/s), Flowrate (90%).</i>
		Dimensi Z : <i>Flowrate (120%), Layer Thickness (0,30mm), Nozzle Temperature (210°C), Print Speed (30 mm/s), Overlap (50%), Fan Speed (100%).</i>	

Dari Tabel 4.15 perbandingan penelitian diketahui terdapat perbedaan antara hasil parameter yang paling berpengaruh dari penelitian terdahulu dan penulis. Karna penelitian terdahulu menggunakan filamen eflex dengan 6

parameter proses dan bentuk kubus dengan dimensi 20x20x20mm menggunakan *methode taghuci* L^{27} OA, sedangkan penelitian penulis menggunakan filamen PETG, 8 parameter proses, berbentuk tabung diameter 20x20mm menggunakan *methode taghuci* L^{27} OA.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi” dapat disimpulkan bahwa, nilai tertinggi ada pada penelitian ke 2 dengan nilai rata-rata 20,19 mm, dan nilai terendah didapatkan pada penelitian ke 18 dengan nilai rata-rata 19,73 mm. Parameter yang berpengaruh terhadap akurasi dimensi diameter luar spesimen yaitu *Nozel Temperature* (235°C), *Bed Temperature* (95°C), *Flowrate* (100%), *Printing Speed* (45mm/s), *Layer Thickness* (30mm), *Infill Overlap* (10%), *Infill Density* (25%), *Infill Speed* (40mm/s).

Dan untuk pengukuran tinggi spesimen akurasi dimensi tertinggi berada pada penelitian ke 4 dan 11 dengan nilai 19,99 mm sementara nilai terendah berada pada ke` 26 dengan nilai 19,73 mm. Dan parameter proses yang paling berpengaruh berturut-turut adalah *Nozzle Temperature level satu* (235°C), *Bed Temperature level tiga* (100°C), *Infill Density level dua* (25%), *Infill Overlap level satu* (10%), *Layer Thickness level tiga* (30mm), *Printing Speed level satu* (40mm/s), *Infill Speed level satu* (40mm/s), *Flowrate level satu* (90%).

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi” penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat lebih baik dari proses hingga hasil yang diperoleh nantinya yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya menggunakan parameter proses yang berbeda untuk mengetahui parameter paling berpengaruh dengan hasil yang berbeda dari penelitian yang telah dilakukan menggunakan filamen PETG, dan mesin 3D *printing* FDM DIY XYZ A1 180×180×180.
2. Untuk penelitian selanjutnya menggunakan metode yang berbeda dari penelitian ini agar bisa lebih dikembangkan.

3. Pastikan saat proses pencetakan listrik yang kalian gunakan stabil, supaya hasil pencetakan tidak cacat dan tidak melakukan pengulangan pencetakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Andriyansyah , D., H. & P., 2018. Optimasi Parameter Proses 3d *Printing* Terhadap Kuat Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi.
- Christiliana, M., Pristiyansyah & Oktriadi, Y., 2021. Optimasi Parameter Proses Pada 3d *Printing* Fdm Terhadap. *Jurnal Manutek*, 13(01), P. 1.
- Deni Andriyansyah1, S. A. J. I. T., 2021. Evaluasi Akurasi Dimensi Pada Objek Hasil 3d *Printing*. *Jurnal Of Mechanical Egenering*, P. 20.
- Eduar Iqbal Riza, C. B. A. W. N., 2020. Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3d *Printing* Material Petg Dengan Optimasi Parameter Proses Menggunakan Metode Taguchi. *Majalah Teknik Mesin*, P. 9.
- Hasdiansah, M. I. F. P., 2020. Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi Pla Food Grade Menggunakan Metode Taguchi. *Nciet*, P. 2.
- Herda Agus Pamasaria, T. H. S. A. S. H. C. B., 2020. Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3d. *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur*, P. 19.
- Kumara Sadana Putra, S. M. U. R. S. S., 2018. Pemanfaatan Teknologi 3d *Printing* Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. *Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi*, P. 4.
- Pamasaria, H. A., Herianto & Saputra, T. H., 2019. Pengaruh Parameter Proses 3d *Printing* Tipe Fdm Terhadap Kualitas Hasil Produk. *Seminar Nasional Ienaco*, 2337(4349), P. 201.
- Pristiansyah, Hasdiansyah & Sugiarto, 2019. Optimasi Parameter Proses 3d *Printing* Fdm Terhadap Akurasi. *Jurnal Manutech;Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), P. 2.
- Putra, K. E., 2019. Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Bahan Di 3d *Printer*.
- Riza, E. I., Budiyanoro, C. & Nugroho, A. W., 2020. Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3d *Printing* Berbahan Petg Dengan Optimasi Parameter Proses

Menggunakan Metode Taguchi. *Media Mesin : Majalah Teknik Mesin*, Volume 21, P. 67.

Setiawan, A., 2017. Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3d *Printer* Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament Pla (Poly Lactide Acide). *Jurnal Teknik Sttkd*, 4(2), P. 21.

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



Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Mawar Lestari
TTL : Mabat, 20 Juni 2000
Alamat rumah : Jl. Raya Simpang Bakam – Desa Mabat, Kecamatan Bakam , RT 07/RW01, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
Hp : 083170036595
Email : mawar.lestari.2017@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 1 Bakam	2006 - 2012
SMP Negeri 1 Bakam	2012 - 2015
SMA Negeri 1 Bakam	2015 - 2018

Sungailiat, 16 Februari 2022

Mawar Lestari

Lampiran 2

Tabel 1. Uji F

df	v1																								
v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	30	40	50		
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248	250	251	252		
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5		
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70	8,69	8,68	8,67	8,67	8,66	8,62	8,59	8,58		
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,75	5,72	5,70		
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,59	4,58	4,57	4,56	4,50	4,46	4,44		
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94	3,92	3,91	3,90	3,88	3,87	3,81	3,77	3,75		
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51	3,49	3,48	3,47	3,46	3,44	3,38	3,34	3,32		
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22	3,20	3,19	3,17	3,16	3,15	3,08	3,04	3,02		
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01	2,99	2,97	2,96	2,95	2,94	2,86	2,83	2,80		
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85	2,83	2,81	2,80	2,79	2,77	2,70	2,66	2,64		
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72	2,70	2,69	2,67	2,66	2,65	2,57	2,53	2,51		
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,57	2,56	2,54	2,47	2,43	2,40		
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,50	2,48	2,47	2,46	2,38	2,34	2,31		
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,31	2,27	2,24		
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40	2,38	2,37	2,35	2,34	2,33	2,25	2,21	2,18		
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35	2,33	2,32	2,30	2,29	2,28	2,19	2,15	2,12		
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,24	2,23	2,15	2,10	2,08		
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27	2,25	2,23	2,22	2,20	2,19	2,11	2,06	2,04		
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23	2,21	2,20	2,18	2,17	2,16	2,07	2,03	2,00		
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,17	2,15	2,14	2,12	2,04	1,99	1,97		
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,16	2,14	2,12	2,11	2,10	2,01	1,96	1,94		
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	1,98	1,94	1,91		
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,24	2,20	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,08	2,06	2,05	1,96	1,91	1,88		
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,22	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,03	1,94	1,89	1,86		
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,14	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,02	2,01	1,92	1,87	1,84		

SURAT PERNYATAAN

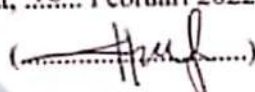
Saya/Kami yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul: PENGARUH PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP AKURASI DIMENSI

Oleh :

1. MAWAR LESTARI /NPM 1041844

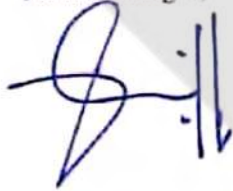
Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan hardcopy.
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 16 Februari 2022

1. Mawar Lestari (..........)

Mengetahui,

Pembimbing 1,





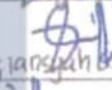

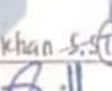
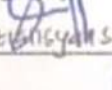
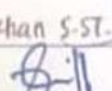
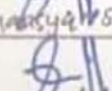
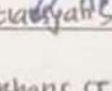
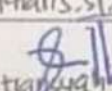
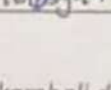
(Pristiansyah, S.S.T., M.Eng)

Pembimbing 2,



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



FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 <p style="text-align: center;">FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022</p>			
JUDUL		Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Akurasi Dimensi.	
Nama Mahasiswa		Mawar Lestari NIRM: 1041844	
Nama Pembimbing		1. Pristiansyah S.ST., M.Eng 2. Subkhan S.ST., M.T 3.	
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	15/April 2021	Membahas masalah Judul TA	 Pristiansyah S.ST., M.Eng
2	4/Juni 2021	Membahas bab 1 - bab 3.	 Pristiansyah S.ST., M.Eng
3	24/Juni 2021	Membahas cara menggunakan mesin dan cara mencetak	 Pristiansyah S.ST., M.Eng
4	23/Juli 2021	Membahas progres bab 1 - bab 3	 Subkhan S.ST., M.T
5	22/Okto 2021	Monitoring 1 dan pemantapan bab 1 - bab 3	 Pristiansyah S.ST., M.Eng
6	22/Okto 2021	Monitoring 1 dan pemantapan bab 1 - bab 3	 Subkhan S.ST., M.T
7	25/Novem 2021	Membahas masalah ngeprint Filament dan kendala ngeprint.	 Pristiansyah S.ST., M.Eng
8	16/Desem 2021	Monitoring 2 dan Progres TA	 Pristiansyah S.ST., M.Eng
9	16/Des 2021	Monitoring 2 dan Pengecekan Progres TA.	 Subkhan S.ST., M.T
10	6/Jan 2022	Membahas masalah jurnal SMITT.	 Pristiansyah S.ST., M.Eng

Catatan:

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

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022	
JUDUL		Pengaruh Parameter Proses 3D Printing akurasi dimensi	
Nama Mahasiswa		1. Mawar Lestari /NIRM: 1041844 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	22/10/2021	- Makalah 70% - Proses cetak 20% ↳ masih menunggu antaran mesin	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ / BELUM (coret salah satu) * 55%.

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....) Priatiansyah, S.S.T.M. eng	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)

* Mulai Bab. IV
 * setting parameter
 u'ujicoba.



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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2021/2022</u>	
JUDUL		Pengaruh parameter proses 3D Printing terhadap akurasi Dimensi	
Nama Mahasiswa		1. <u>Mawar Lestari</u> /NIRM: <u>1041844</u> 2. _____/NIRM: _____ 3. _____/NIRM: _____ 4. _____/NIRM: _____ 5. _____/NIRM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	14 / Des 2021	Telah menyelesaikan Cetakan dan mengola data, melanjutkan penulisan bab IV.	
	15 / 12	— — — — —	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ / BELUM (coret salah satu) (85%)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....) Priatiansyah S.ST., M.Eng	Pembimbing 2  (.....) Subkhan S.ST., M.T.	Pembimbing 3 (.....)

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHAP AKADEMIK <u>2021 / 2022</u>	
JUDUL		PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP AKURASI DIMENSI.	
Nama Mahasiswa		1. <u>Mawar Lestari</u> /NIRM: <u>1041844</u> 2. _____ /NIRM: _____ 3. _____ /NIRM: _____ 4. _____ /NIRM: _____ 5. _____ /NIRM: _____	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
21 / Jan / 2022	21 / Jan / 2021	100% Selesai. Siap Sidang. Iny. alat.	

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

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....) Pristiansyah S.T. M.Eng	Pembimbing 2  (.....) Subhan S.T. M.T.	Pembimbing 3 (.....)

cek2

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES





1	core.ac.uk Internet Source	3%
2	www.rajawali3d.com Internet Source	3%
3	journals.ums.ac.id Internet Source	2%
4	Repository.umy.ac.id Internet Source	2%
5	Submitted to Sastruyati Chao Test Account Student Paper	2%
6	jurnal.polines.ac.id Internet Source	1%
7	proceeding.unpkediri.ac.id Internet Source	1%
8	eprints.akprind.ac.id Internet Source	1%
9	eproceedings.umpwr.ac.id Internet Source	1%

10	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%
11	123dok.com Internet Source	1%
12	www.polman-babel.ac.id Internet Source	1%
13	www.sciencegate.app Internet Source	1%
14	ahqurmembangun.blogspot.com Internet Source	1%
15	lib.ui.ac.id Internet Source	1%


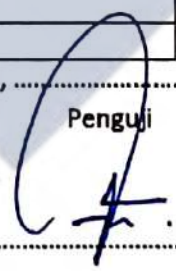

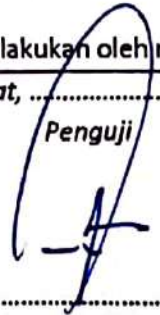
Exclude quotes Off
 Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%

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

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2021 / 2022</u>	
	JUDUL : <u>PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP AKURASI DIMENSI</u>	
Nama Mahasiswa :	1. <u>MAWAR LESTARI</u>	NIRM: <u>1041844</u>
	2. _____	NIRM: _____
	3. _____	NIRM: _____
	4. _____	NIRM: _____
	5. _____	NIRM: _____
Bagian yang direvisi		Halaman
- Typo pada penulisan, tabel jangan dipisah 2, Header tabel diperbaiki.		26, 37 dst, 19
- Anava untuk uji F diperhatikan apakah mmus (-) ada pengaruh.		32
- tampilkan "state of the art" pada bab 4 atau bab 2 dan perbedakan dgn penelitian 2 sebelumnya.		
Sungailiat,		
Penguji  (... PRISTIANSYAH ...)		
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa		
Mengetahui, Pembimbing  (.....)	Sungailiat, Penguji  (.....)	

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

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK /...../.....</p>																				
JUDUL :	<u>Pengaruh Parameter Proses 3D Print</u>																				
Nama Mahasiswa :	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 5%;">1.</td> <td style="width: 55%;"><u>Mawar L</u></td> <td style="width: 15%;">NIRM:</td> <td style="width: 25%;"><u>1041844</u></td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>_____</td> <td>NIRM:</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>_____</td> <td>NIRM:</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>_____</td> <td>NIRM:</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>_____</td> <td>NIRM:</td> <td>_____</td> </tr> </table>	1.	<u>Mawar L</u>	NIRM:	<u>1041844</u>	2.	_____	NIRM:	_____	3.	_____	NIRM:	_____	4.	_____	NIRM:	_____	5.	_____	NIRM:	_____
1.	<u>Mawar L</u>	NIRM:	<u>1041844</u>																		
2.	_____	NIRM:	_____																		
3.	_____	NIRM:	_____																		
4.	_____	NIRM:	_____																		
5.	_____	NIRM:	_____																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 75%;">Bagian yang direvisi</th> <th style="width: 25%;">Halaman</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>- Perbaiki semua tulisan.</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td><u>- Flow chart ganti luas</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Selengkapnya</u></td> </tr> <tr> <td><u>-</u></td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Bagian yang direvisi	Halaman	<u>- Perbaiki semua tulisan.</u>		<u>- Flow chart ganti luas</u>	<u>Selengkapnya</u>	<u>-</u>													
Bagian yang direvisi	Halaman																				
<u>- Perbaiki semua tulisan.</u>																					
<u>- Flow chart ganti luas</u>	<u>Selengkapnya</u>																				
<u>-</u>																					
Sungailiat, Penguji  (.....)																					
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa																					
Mengetahui, Pembimbing  (.....)	Sungailiat, Penguji  (.....)																				

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR

TAHUN AKADEMIK

2021 / 2022

JUDUL :

Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Akurasi Dimensi

Nama

Mahasiswa :

1. Mawar Lestari NIRM: 1041 841
2. _____ NIRM: _____
3. _____ NIRM: _____
4. _____ NIRM: _____
5. _____ NIRM: _____

Bagian yang direvisi

Halaman

cek dimahasiswa Bab 4, 5
perubahan tabel,
Metode penelitian.

Sunggailiat, - 01 - 2022

Penguji

Zaldy Kurniawan

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing

[Signature]
(.....)

Sunggailiat,

Penguji

Zaldy Kurniawan