

**OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP
AKURASI DIMENSI MENGGUNAKAN FILAMEN ABS
DENGAN METODE TAGUCHI**

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 :

Reza Dwi Putra NPM : 1041822

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2011/2012

**OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP
AKURASI DIMENSI MENGGUNAKAN FILAMEN ABS
DENGAN METODE TAGUCHI**

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 :

Reza Dwi Putra NPM : 1041822

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021/2022

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP
AKURASI DIMENSI MENGGUNAKAN FILAMEN ABS DENGAN
METODE TAGUCHI**

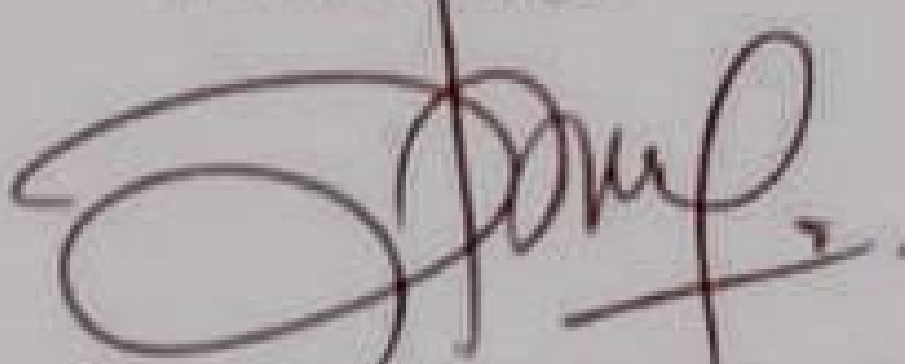
Oleh :

Reza Dwi Putra NPM : 1041822


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

Menyetujui,


Pembimbing 1


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

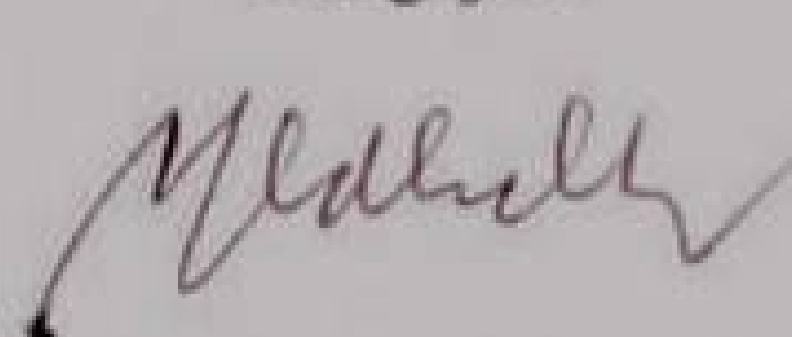
Pembimbing 2


Hasdiansah, S. S. T., M. Eng

Penguji 1


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

Penguji 2


(Yuli Dharta, S.S.T., M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reza Dwi Putra NPM : 1041822

Dengan judul : Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filamen ABS Dengan Metode Taguchi

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



Sungailiat, 24 Januari 2022

Nama Mahasiswa
1. Reza Dwi Putra

Tanda Tangan

ABSTRAK

Prinsip kerja 3D printing adalah dengan cara menggunakan metode penambahan material dalam membuat produk yang sering disebut proses Additive manufacturing. Salah satu teknologi 3D printing yang paling banyak digunakan adalah Fused Deposition Modelling (FDM), yang diharapkan agar dapat menggantikan bahan logam pada umumnya untuk pembuatan spare part mesin ataupun peralatan yang membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan bahan logam. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk Mendapatkan setting parameter proses yang optimal dalam menghasilkan objek 3D model dengan akurasi dimensi yang paling akurat menggunakan filament ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene). Penelitian ini menggunakan metode Taguchi dengan desain eksperimen yang digunakan L27 OA. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian yaitu Layer Height(mm), Infill Speed(mm/s), Speed Perimeters(mm/s), Nozzle temperature (°C), Bed temperature(°C), Infill Density (%), Fan Speed (%), Flow Rate (%), Infill Overlap(%). nilai parameter proses yang optimal untuk akurasi dimensi diameter luar spesimen yaitu Speed Perimeters (40mm/s), Infill Speed (40mm/s), Layer Height (0,28mm), Fan Speed (10%), Flow Rate (90%), Bed Temperature (95°C), Infill Density (25%), Infill Overlap (10%), Nozzle Temperature (240°C) dengan nilai uji 9,983 mm. Nilai parameter optimal tinggi spesimen yaitu Layer Height (0,28mm), Speed Perimeters (40mm/s), Infill Speed (40mm/s), Bed Temperature (100°C), Nozzle Temperature (240°C), Flow Rate (100%), Infill Overlap (5%), Infill Density (25%), Fan Speed (5%) dengan nilai uji 9,972 mm. Nilai parameter proses yang optimal diameter dalam yaitu Layer Height (0,20mm), Nozzle Temperature (250°C), Speed Perimeters (45mm/s), Infill Speed (40mm/s), Infill Overlap (15%), Flow Rate (100%), Bed Temperature (100°C), Infill Density (30%), Fan Speed (5%) dengan nilai uji 7,798 mm.

Kata kunci : 3D Printing, FDM, ABS, Akurasi Dimensi

ABSTRAK

The working principle of 3D printing is by using the method of adding materials in making products which is often called the Additive manufacturing process. One of the most widely used 3D printing technologies is Fused Deposition Modeling (FDM), which is expected to be able to replace metal materials in general for the manufacture of machine spare parts or equipment that require lower costs compared to metal materials. The purpose of this research is to obtain optimal process parameter settings in producing 3D model objects with the most accurate dimensional accuracy using ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) filament. This study uses the Taguchi method with an experimental design used L27 OA. The process parameters used in this research are Layer Height(mm), Infill Speed(mm/s), Speed Perimeters(mm/s), Nozzle temperature (°C), Bed temperature(°C), Infil Density (%), Fan Speed (%), Flow Rate (%), Infill Overlap(%). The optimal process parameter values for the accuracy of the dimensions of the outside diameter of the specimen are Speed Perimeters (40mm/s), Infill Speed (40mm/s), Layer Height (0.28mm), Fan Speed (10%), Flow Rate (90%), Bed Temperature (95°C), Infill Density (25%), Infill Overlap (10%), Nozzle Temperature (240°C) with a test value of 9.983 mm. The optimal parameter values for specimen height are Layer Height (0.28mm), Speed Perimeters (40mm/s), Infill Speed (40mm/s), Bed Temperature (100°C), Nozzle Temperature (240°C), Flow Rate (100 %), Infill Overlap (5%), Infill Density (25%), Fan Speed (5%) with a test value of 9.972 mm. The optimal process parameter values for inner diameter are Layer Height (0.20mm), Nozzle Temperature (250°C), Speed Perimeters (45mm/s), Infill Speed (40mm/s), Infill Overlap (15%), Flow Rate (100%), Bed Temperature (100°C), Infill Density (30%), Fan Speed (5%) with a test value of 7,798 mm.

Keywords : 3D Printing, FDM, ABS, Dimensional Accuracy

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dan atas karunianya pebulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi Filamen ABS Dengan Menggunakan Metode Taguchi”. Penulisan Proyek Akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat kelulusan DIV di jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penulisan proyek akhir ini penulis menyadari tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak penulis tidak akan dapat menyelesaikan proyek akhir ini. Sehingga penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada Orang Tua dan Kakak penulis yang selalu memberikan doa dan dukungannya selama penulis mengerjakan proyek akhir ini.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M. Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T,M.T selaku Pembimbing utama penulis yang telah menentukan, menyetujui serta telah banyak memberikan konsep pemikiran tentang pelaksanaan proyek akhir ini.
4. Bapak Hasdiansah, S.S.T., M.Eng., selaku Pembimbing kedua yang telah memberikan masukan-masukan pada proyek akhir ini.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng., selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T., selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
7. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam pelaksanaan proyek akhir ini.
8. Teman-teman Kelas A Teknik Mesin Angkatan 25 yang sudah memberikan dukungan dan membantu.

Akhir kata penulis berharap Tuhan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan proyek akhir ini. Semoga proyek akhir ini dapat

memberikan manfaat bagi peneliti di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada masa yang akan datang. Aamiin.

Sungailiat, Januari 2021

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Tujuan penelitian	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Mesin 3D Printer	4
2.2 Mekanisme Proses 3D <i>Printing</i>	5
2.3 Filamen ABS (<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>).....	5
2.4 Metode Taguchi.....	6
2.5 Analisis Variansi (ANAVA)	11
BAB III METODELOGI PENELITIAN	12
3.1 Diagram Alir.....	12
3.2 Objek Penelitian	13
3.3 Tempat Penelitian dan Pengujian.....	13
3.4 Bahan dan Alat yang Digunakan Dalam Penelitian	13
3.4.1 Bahan Penelitian	13
3.4.2 Alat Penelitian.....	14
3.5 Proses Penelitian.....	17
3.5.1 Mengidentifikasi Masalah.....	17
3.5.2 Studi Literatur	18
3.5.3 Menentukan parameter	18
3.5.4 Pemilihan Matrik Ortogonal	18

3.5.5 Desain Objek.....	19
3.5.6 <i>Slicing</i> STL Spesimen dan Masukan SD Card ke Mesin 3D <i>printing</i> ..	19
3.5.7 Desain Taguchi L27 OA	19
3.5.8 Pembentukan Spesimen	21
3.5.9 Pengolahan data	21
3.5.10 Analisis Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	22
4.2 Pengolahan Data Hasil Eksperimen	27
4.2.1 <i>Mean Plot</i> dan <i>S/N Ratio</i> “ <i>Smaller is better</i> ” Diameter Luar Spesimen	27
4.2.2 <i>Mean Plot</i> dan <i>S/N Ratio</i> “ <i>Smaller is better</i> ” Tinggi Spesimen.....	30
4.2.3 <i>Mean Plot</i> dan <i>S/N Ratio</i> “ <i>Smaller is better</i> ” Diameter Dalam Spesimen	33
4.3 Analisis Varian <i>Rasio S/N</i>	36
4.4 Uji Konfirmasi.....	54
BAB V KESIMPULAN	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
Lampiran 1	61
Lampiran 2	62
Lampiran 3	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir	12
Gambar 3.2 <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> (ABS).....	13
Gambar 3.3 Mesin 3D <i>Printing</i> Anet ET4	15
Gambar 3.4 MicroSD Sandisk Ultra Gen10	16
Gambar 3.5 Autodesk Fusion 360.....	16
Gambar 3.0.6 Prusaslicer	16
Gambar 3.7 Micrometer Digital.....	17
Gambar 3.8 Jangka Sorong Digital	17
Gambar 3.9 Desain Dimensi Objek Cetak	19
Gambar 3.10 Pembentukan Spesimen.....	21
Gambar 4.1 proses pencetakan spesimen.....	23
Gambar 4.2 Spesimen Hasil Pencetakan.....	24
Gambar 4.3Proses Pengukuran Spesimen.....	24
Gambar 4.4 Grafik <i>Mean Plot</i> Diameter Luar Spesimen.....	28
Gambar 4.5 Grafik <i>S/N Ratio</i> Diameter Luar Spesimen	29
Gambar 4.6 Grafik <i>Mean Plot</i> Tinggi Spesimen	31
Gambar 4.7 Grafik <i>S/N Ratio</i> Tinggi Spesimen	32
Gambar 4.8 Grafik <i>Mean Plot</i> Diameter Dalam Spesimen.....	34
Gambar 4.9 Grafik <i>S/N Ratio</i> Diameter dalam Spesimen	35
Gambar 4.10 Spesimen Uji Konfirmasi Diameter Luar.....	54
Gambar 4.11 Spesimen Uji Konfirmasi Tinggi Spesimen.....	55
Gambar 4.12 Spesimen Uji Konfirmasi Diameter Dalam	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin 3D Printer Anet ET4.....	14
Tabel 3.2 Nilai Parameter proses pencetakan filamen ABS	18
Tabel 3.3 Total Derajat Kebebasan Faktor dan Level.....	18
Tabel 3.4 Desain Faktorial L27.....	20
Tabel 4.1 Desain Faktorial penelitian L27 OA	22
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Diameter Luar.....	24
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Tinggi	25
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Diameter Dalam.....	26
Tabel 4.5 Hasil <i>Mean Plot</i> Diameter Luar Spesimen	28
Tabel 4.6 Hasil <i>S/N Ratio</i> Diameter Luar Spesimen	30
Tabel 4.7 Hasil <i>Mean Plot</i> Tinggi Spesimen	31
Tabel 4.8 Hasil <i>S/N Ratio</i> Tinggi Spesimen.....	32
Tabel 4.9 Hasil <i>Mean Plot</i> Diameter Dalam Spesimen	34
Tabel 4.10 Hasil <i>S/N Ratio</i> Diameter dalam Spesimen.....	36
Tabel 4.11 <i>Analysis of variance</i> Diameter Luar.....	37
Tabel 4.12 Keputusan Uji Diameter Luar	37
Tabel 4.13 Perbandingan level dari <i>Layer Height</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	38
Tabel 4.14 Perbandingan level dari <i>Infill Speed</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	38
Tabel 4.15 Perbandingan level dari <i>Speed Perimeters</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	39
Tabel 4.16 Perbandingan level dari <i>Nozzle Temperature</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	39
Tabel 4.17 Perbandingan level dari <i>Bed Temperature</i> terhadap respon S/N	40
Tabel 4.18 perbandingan level dari <i>Infill Density</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	40

Tabel 4.19 Perbandingan level dari <i>Fan Speed</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	41
Tabel 4.20 perbandingan level dari <i>Flow Rate</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	41
Tabel 4.21 perbandingan level dari <i>Infill Overlap</i> terhadap respon S/N Diameter Luar	42
Tabel 4.22 <i>Analysis of variance</i> Tinggi	42
Tabel 4.23 Keputusan Uji Tinggi.....	43
Tabel 4.24 Perbandingan level dari <i>Layer Height</i> terhadap respon S/N Tinggi ...	44
Tabel 4.25 Perbandingan level dari <i>Infill Speed</i> terhadap respon S/N Tinggi	44
Tabel 4.26 Perbandingan level dari <i>Speed Perimeters</i> terhadap respon S/N Tinggi	45
Tabel 4.27 Perbandingan level dari <i>Nozzle Temperature</i> terhadap respon S/N Tinggi	45
Tabel 4.28 Perbandingan level dari <i>Bed Temperature</i> terhadap respon S/N Tinggi	46
Tabel 4.29 Perbandingan level dari <i>Infill Density</i> terhadap respon S/N Tinggi ...	46
Tabel 4.30 Perbandingan level dari <i>Fan Speed</i> terhadap respon S/N Tinggi	47
Tabel 4.31 Perbandingan level dari <i>flow Rate</i> terhadap respon S/N Tinggi	47
Tabel 4.32 Perbandingan level dari <i>Infill Overlap</i> terhadap respon S/N Tinggi .	48
Tabel 4.33 <i>Analysis of variance</i> Diameter Dalam	48
Tabel 4.34 Keputusan Uji Diameter Dalam.....	49
Tabel 4.35 Perbandingan level dari <i>Layer Height</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam.....	50
Tabel 4.36 Perbandingan level dari <i>Infill Speed</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam.....	50
Tabel 4.37 Perbandingan level dari <i>Speed Perimeters</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	51
Tabel 4.38 Perbandingan level dari <i>Nozzle Temperature</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	51

Tabel 4.39 Perbandingan level dari <i>Bed Temperature</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	52
Tabel 4.40 Perbandingan level dari <i>Infill Density</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	52
Tabel 4.41 Perbandingan level dari <i>Fan speed</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	53
Tabel 4.42 Perbandingan level dari <i>Flow Rate</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	53
Tabel 4.43 Perbandingan level dari <i>Infill Overlap</i> terhadap respon S/N Diameter Dalam	54
Tabel 4.44 Hasil Uji Konfirmasi Diameter Luar	55
Tabel 4.45 Hasil Uji Konfirmasi Tinggi Spesimen.....	55
Tabel 4.46 Hasil Uji Konfirmasi Diameter Dalam	56
Tabel 4.47 Perbandingan Bentuk Pejal Dan Pipa Dengan Toleransi $\pm 0,5$ mm ...	57
Tabel 4.48 Perbandingan Bentuk Pejal Dan Pipa Dengan Toleransi $\pm 0,5$ mm ...	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dunia industri saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat diantaranya teknologi *3D printing* yang mampu membawa perubahan besar pada dunia. Teknologi ini juga lebih dikenal dengan sebutan *additive layer manufacturing*. *3D printing* merupakan salah satu terobosan baru dalam dunia teknologi. Terobosan ini sangat populer di seluruh belahan dunia, terutama dikalangan akademisi dan industri. Munculnya teknologi *3D printing* sangat berpengaruh pada beberapa bidang industri, terutama dari segi ekonomi. Prinsip kerja *3D printing* adalah dengan cara menggunakan metode penambahan material dalam membuat produk yang sering disebut proses *Additive manufacturing*. Dimana *Additive Manufacturing* telah banyak digunakan diberbagai bidang industri, termasuk konstruksi, kesehatan, *prototyping* dan biomekanik. Produk *3D printing* inilah yang diupayakan agar dapat menggantikan bahan logam pada umumnya untuk pembuatan *spare part* mesin ataupun peralatan yang membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan bahan logam. salah satu teknologi *3D printing* yang paling banyak digunakan adalah *Fused Deposition Modelling* (FDM).

Fused Deposition Modelling (FDM) merupakan teknik *3D printing* yang digunakan untuk mencetak produk menggunakan filamen sebagai material. Ada Dua material yang paling umum digunakan adalah ABS dan PLA sehingga sangat penting mengetahui akurasi dimensi produk. Teknologi *3D Printing FDM* mampu membuat produk duplikat dengan akurat material ABS. ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) adalah polimer dari hasil minyak bumi yang bersifat *thermoplastic*, penggunaan material ini juga tidak kalah populer dari filamen PLA karena filamen ABS ini tersedia dalam berbagai macam warna yang membuatnya populer dikalangan pengguna *printer 3D* sehingga objek atau model benda yang

dihasilkan akan lebih menarik, secara mekanis filamen ini sangat kuat dan memiliki resistansi terhadap suhu tinggi sehingga model yang dibuat akan menjadi tahan lama (Mpik, 2017).

(Hasdiansah, et al., 2020) telah melakukan penelitian terhadap filamen PLA *food grade* pengaturan parameter proses yang terbaik menggunakan suhu *nozzle* 90°C, suhu *bed* 55°C, dan tebal *layer* 0,2 mm. (Pristiansyah, et al., 2019) telah meneliti bahwa parameter proses yang paling berpengaruh pada 3D Printing FDM dengan menggunakan filamen eflex terhadap akurasi dimensi produk cetak, menunjukkan bahwa *flowrate* 110 %, *layer thickness* 0,10 mm, *nozzle temperature* 210 °C, *print speed* 40 mm/s, *overlap* 75 %, dan *fan speed* 50% adalah nilai parameter proses optimal untuk keakuratan dimensi X. Parameter proses dengan nilai *flowrate* 120 %, *layer thickness* 0,20 mm, *nozzle temperature* 230 °C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 75 %, dan *fan speed* 100% adalah untuk keakuratan dimensi Y. sedangkan untuk dimensi Z nilai parameter proses adalah *flowrate* 120 %, *layer thickness* 0,30 mm, *nozzle temperature* 210 °C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 50 %, dan *fan speed* 100%.

(Basavaraj, 2017) telah meneliti filamen ABS dan memperoleh pengaturan parameter terbaik terhadap akurasi dimensi menggunakan pengaturan *layer thickness* 0,3 mm, *orientation angle* 30°, dan *shell thickness* 0,8 mm. (Mantihal, 2017), menunjukkan bahwa *wall thickness* pada proses 3D Printing material coklat sangat berpengaruh terhadap dimensi produk cetak.

(Lanaro, 2017) telah meneliti bahwa parameter *cooling rates*, *movement rates*, dan *extrusion rates* pada proses 3D Printing material coklat memberikan dampak signifikan terhadap akurasi dimensi produk. (Tanoto, 2017) telah melakukan penelitian terhadap filamen ABS menunjukkan bahwa spesimen uji ASTM D638 type IV dicetak dengan orientasi tegak memiliki tingkat akurasi terbaik.

Berdasarkan latar belakang masalah dan penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari

masing-masing parameter proses terhadap kualitas produk hasil proses *3D Printing* dengan menggunakan filamen ABS. Optimasi pada pengaturan parameter proses mesin Anet ET4 dilakukan untuk memperoleh akurasi dimensi yang baik.

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan maka rumusan masalah yaitu bagaimana cara mengoptimalkan parameter proses mesin *3D Printing* dalam mencetak filamen ABS ?

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Jenis mesin *3D Printing* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *3D Printing* FDM XYZ Area 220 mm x 220 mm x 250 mm.
2. Parameter proses yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu yaitu *Layer Height* (mm), *Infil Speed* (mm/s), *Speed Perimeters* (mm/s), *Nozzle temperature* (°C), *Bed temperature* (°C), *Infil Density* (%), *FAN speed* (%), *flow rate* (%), dan *infill Overlap*(%).
3. Filamen yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah Filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*).
4. Subjek dalam penelitian ini adalah akurasi dimensi (diameter luar,tinggi dan diameter dalam) menggunakan filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*).

1.4 Tujuan penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendapatkan *setting* parameter proses yang optimal dalam menghasilkan objek 3D model dengan akurasi dimensi yang paling akurat menggunakan filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), terhadap diameter luar, tinggi dan diameter dalam.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Mesin 3D Printing

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. Prinsip kerja 3D *Printing* adalah dengan cara menggunakan metode penambahan material dalam membuat produk yang sering disebut proses *Additive manufacturing*. Material yang digunakan pada proses 3D *printing* ini di sebut dengan filamen, yang dimana filamen meleleh dan membentuk sebuah susunan benda 3D yang telah didesain.

Dengan teknologi dari printer 3D sebuah perusahaan dapat membuat sebuah *prototype* tanpa harus menghabiskan bahan baku ataupun material. Karena setelah seorang *designer* menggambar objek 3D mereka akan bisa langsung mencetak hasil *design* mereka dengan printer tersebut dan langsung mengetahui kira-kira apa saja kekurangan dari *design* yang telah dibuatnya. Melihat prospek ke depan printer 3D dan perkembangannya, aplikasi printer ini sudah mampu merambah ke segala lini. Saat ini terus dikembangkan bahan filamen yang mencapai titik didih tinggi, dengan kekuatan yang ekstra kuat. Kalau itu sudah tercapai, aplikasinya bisa lebih banyak lagi (Setiawan, 2019).

2.2 Mekanisme Proses 3D Printing

Mekanisme dari proses 3D *printing* secara umum terbagi menjadi 3 tahap proses yaitu :

1. Model Objek 3D

Model objek 3D dapat dibuat dengan menggunakan *software* khusus untuk model desain 3D yang printernya mendukung contohnya seperti *prusa slicer*, *solidwork*, *catia*, *delcam*. Aplikasi ini merupakan aplikasi pembuat sebuah code yang akan di masukan ke printer sehingga printer akan membaca code tersebut sehingga terbentuklah spesimen uji

2. Proses *Printing*

Setelah proses desain selesai maka sudah bisa langsung dicetak menggunakan mesin 3D *printing* dan proses pencetakan pun dimulai. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pencetakan itu tergantung dengan besarnya ukuran model yang akan dicetak. Semakin besar benda yang akan di cetak maka waktu akan semakin lama pula, sedangkan semakin kecil benda yang akan di cetak maka semakin cepat juga proses pengeprinan nya.

3. Finishing

Pada tahap ini anda dapat penyempurnaan bagian-bagian kompleks yang bisa jadi disebabkan oleh ukuran yang berbeda dengan yang diinginkan. Teknik tambahan untuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan teknik multiple material atau kombinasi warna. (Setiawan, 2019).

2.3 Filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

ABS atau *Acrylonitrile Butadiene Styrene* adalah *termoplastik* yang umum yang terbuat dari sumber daya berbasis minyak. Selain itu, memiliki sifat yang lebih keras dan kaku dibandingkan dengan PLA. ABS biasanya digunakan sebagai bumper mobil maupun helm. Salah satu keunggulan ABS adalah memiliki usia pemakaian yang panjang dan tahan temperatur yang tinggi dan kelemahannya adalah lebih sulit untuk digunakan dalam 3D *printing* karena sifatnya yang keras

dan kaku. ABS juga dibuat dari bahan dasar petroleum sehingga baunya sedikit mengganggu.

Perbedaan dari filamen ABS dan PLA adalah proses pencetakannya, filament ABS lebih mudah terpengaruh oleh banyak faktor yang ada disekitarnya seperti suhu, kecepatan dan juga bahan yang kurang baik akan menimbulkan kejadian *shrinkage*. *Shrinkage* umum terjadi di dalam proses print filament ABS, *shrinkage* membuat benda yang di print menjadi menyusut dan kemudian yang lebih parah lagi bisa membuat benda *printing* terlepas dari meja pembuatannya. Maka dari itu printer yang dibutuhkan untuk membuat filamen ABS biasanya berbentuk *close chamber* atau tertutup dari udara luar untuk mengurangi proses *shrinkage*.

2.4 Metode Taguchi

Tahun 1940 Metode Taguchi pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi. Teknik Taguchi adalah penelitian baru yang dimiliki bidang teknik dengan tujuan untuk mengelola Ketahanan sistem dan produk menjadi lebih baik serta tidak memakan biaya dan waktu yang lama. Untuk itu Metode Taguchi akan membuat produk dan sistem yang kuat sehingga tidak mudah terpengaruh oleh beberapa ancaman seperti kekurangan tenaga kerja, bahan baku, alat produksi dan kelemahan pada data. Dengan menggunakan Metode Taguchi sistem dan produk akan mempunyai sifat kokoh dan Tangguh untuk menghadapi gangguan yang buruk dengan itu Metode Taguchi dapat dikatakan sebagai Robust design. (Dian Ridlo Pamuji, 2015).

Metode Taguchi membuat uraian melalui kesimpulan pada sistem lalu memutuskan suatu populasi berlandaskan data yang di dapat dan membedakan nilai akhir perhitungan tersebut dengan penekanan/kekhususan keluaran yang memuaskan konsumen. Cara Taguchi menyampaikan poin penting pada pengumpulan contoh barang, pengecekan beserta kesimpulannya dan laporan pada data itu digunakan untuk mengarahkan dan mengoptimalkan ketika jalannya produksi. Memastikan kegiatan produksi dalam keadaan normal dan barang yang di keluarkan dalam daerah standar (Adherisma, 2018).

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk :

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitasnya kokoh terhadap kondisi lingkungan.
2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen.
3. Meminimalkan variasi di sekitar target.

Metode Taguchi mempunyai beberapa keunggulan yaitu desain eksperimen Taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor. Desain eksperimen Taguchi memiliki suatu proses yang menghasilkan produk konsisten dan kokoh terhadap faktor yang sulit dikontrol.

Metode Taguchi juga menghasilkan faktor yang mengenai respon yang optimal. Metode Taguchi juga mempunyai kekurangan dari metode yang lain diantaranya yaitu metode ini mempunyai struktur yang kompleks. Untuk mengatasi kekurangan itu diperlukan rancangan percobaan yang lebih hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Desain eksperimen yaitu serangkaian pengujian atau percobaan dengan mengendalikan beberapa faktor untuk menghasilkan percobaan/pengujian yang terukur. Desain eksperimen juga merupakan proses mengevaluasi dua faktor atau lebih secara serentak terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Demi memperoleh secara efisien, variabel dan level di bentuk beragam dan berikutnya nilai dari kumpulan percobaan khusus dilihat, lalu kumpulan hasil selengkapnya dapat dianalisis. Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan juga tindakan untuk membuat perbaikan lebih lanjut.

Pada umumnya desain eksperimen taguchi ini memiliki beberapa tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen. Tiga tahap utama tersebut adalah :

1. Tahap perencanaan

Tahap perencanaan adalah tahap terpenting yang ada pada eksperimen, peneliti dituntut untuk mempelajari eksperimen yang pernah diteliti sebelumnya. Ada beberapa langkah yang diusulkan pada tahapan untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu :

a. Menyatakan permasalahan atau Perumusan permasalahan

Mendefinisikan dengan jelas permasalahan yang akan dilakukan untuk kemudian dilakukan usaha untuk perbaikan kualitas.

b. Tujuan penelitian

Mengidentifikasi karakteristik kualitas dan tingkat performa dari eksperimen.

c. Menentukan metode

Menentukan parameter apa yang akan di pakai dan parameter apa yang ingin diteliti kemudian bagaimana cara mengukurnya dan alat ukur apa saja yang akan digunakan untuk pengukuran.

d. Identifikasi variabel tak bebas

Variabel respon memiliki nilai yang tergantung pada faktor lain yang disebut variabel bebas. Saat merencanakan eksperimen variabel respon yang akan diselidiki harus dipilih dan didefinisikan dengan jelas.

e. Identifikasi Faktor (variabel bebas)

Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada langkah ini, faktor-faktor yang akan dipelajari pengaruhnya terhadap respon yang bersangkutan. Dalam satu percobaan, tidak semua faktor yang dianggap mempengaruhi respon harus diselidiki. Berkat ini, eksperimen dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

f. Pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan

Faktor yang diamati dapat dibagi menjadi faktor pengontrol dan faktor pengganggu. Dalam eksperimen Taguchi, kedua faktor ini harus didefinisikan dengan jelas karena efek antara kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah nilai yang dapat dikontrol sedangkan faktor pengganggu adalah faktor yang tidak dapat mengontrol nilainya.

g. Penentuan jumlah dan nilai level faktor

Menentukan jumlah level sangat mempengaruhi ketelitian hasil dan biaya pelaksanaan eksperimen. Semakin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen yang diperoleh akan semakin akurat, tetapi biaya yang harus dikeluarkan akan semakin besar.

h. Perhitungan derajat kebebasan

Derajat kebebasan adalah sebuah rangkain untuk menggambarkan seberapa besar percobaan yang akan dilakukan dan seberapa banyak informasi yang dapat diberikan oleh percobaan tersebut. Derajat kebebasan dari faktor dan level (v_{fl}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v_{fl} = \text{Jumlah level faktor} - 1 \quad (1)$$

i. Pemilihan matrik orthogonal

Pemilihan matrik orthogonal yaitu untuk menentukan sebuah jumlah derajat kebebasan dari faktor dan jumlah level faktor. Matrik orthogonal memiliki kemampuan untuk mengevaluasi sejumlah faktor dengan jumlah eksperimen yang minimum.

Matrik oertogonal L_{27} adalah salah satu matrik orthogonal standar dengan 3 level dengan 26 derajat kebebasan.

2. Tahap pelaksanaan eksperimen

Dua hal tahapan pelaksanaan, yaitu penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

a. Jumlah replikasi

Replikasi yaitu pengulangan kembali dengan perlakuan sama persis dan pada posisi, kondisi yang sama dalam sebuah eksperimen untuk mendapatkan ketelitian lebih baik, meminimalkan tingkat kesalahan yang akan terjadi.

b. Randomisasi

Pengaruh terhadap faktor yang tidak diinginkan atau tidak dapat dikendalikan yang terdapat di eksperimen tersebut. Tujuan dilakukan Randomisasi ialah untuk menyebarkan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen, serta memberikan kesempatan

yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan, sehingga adak kehomogenan dari setiap perlakuan yang sama.

3. Tahap analisis

Pada tahap analisis pengambilan data dan pengolahan data akan dilakukan yang meliputi tahap pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu tampilan tertentu yang sesuai dengan rancangan yang di pakai. *S/N Ratio (Signal to Noise Ratio)* merupakan salah satu tahap analisis.

Signal to Noise Ratio (SNR) dalam metode taguchi digunakan untuk mengetahui nilai level factor yang berpengaruh dan optimal bagi karakteristik kualitas dari hasil eksperimen. Karakteristik kualitas pada SNR terdiri dari :

a. *Smaller is Better*

Smaller is Better atau semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai nol dan non-negatif, dimana nilai yang mendekati nol merupakan nilai yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2)$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

b. *Nominal is Best*

Nominal is Best atau tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai tidak nol dan terbatas, dimana suatu nilai yang mendekati nilai yang telah ditentukan adalah yang terbaik.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \right] \quad (3)$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

c. *Large is Better*

Large is Better atau semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai yang tak terbatas dan non-negatif, dimana nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(1/y_i^2)}{n} \right] \quad (4)$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

2.5 Analisis Variansi (ANOVA)

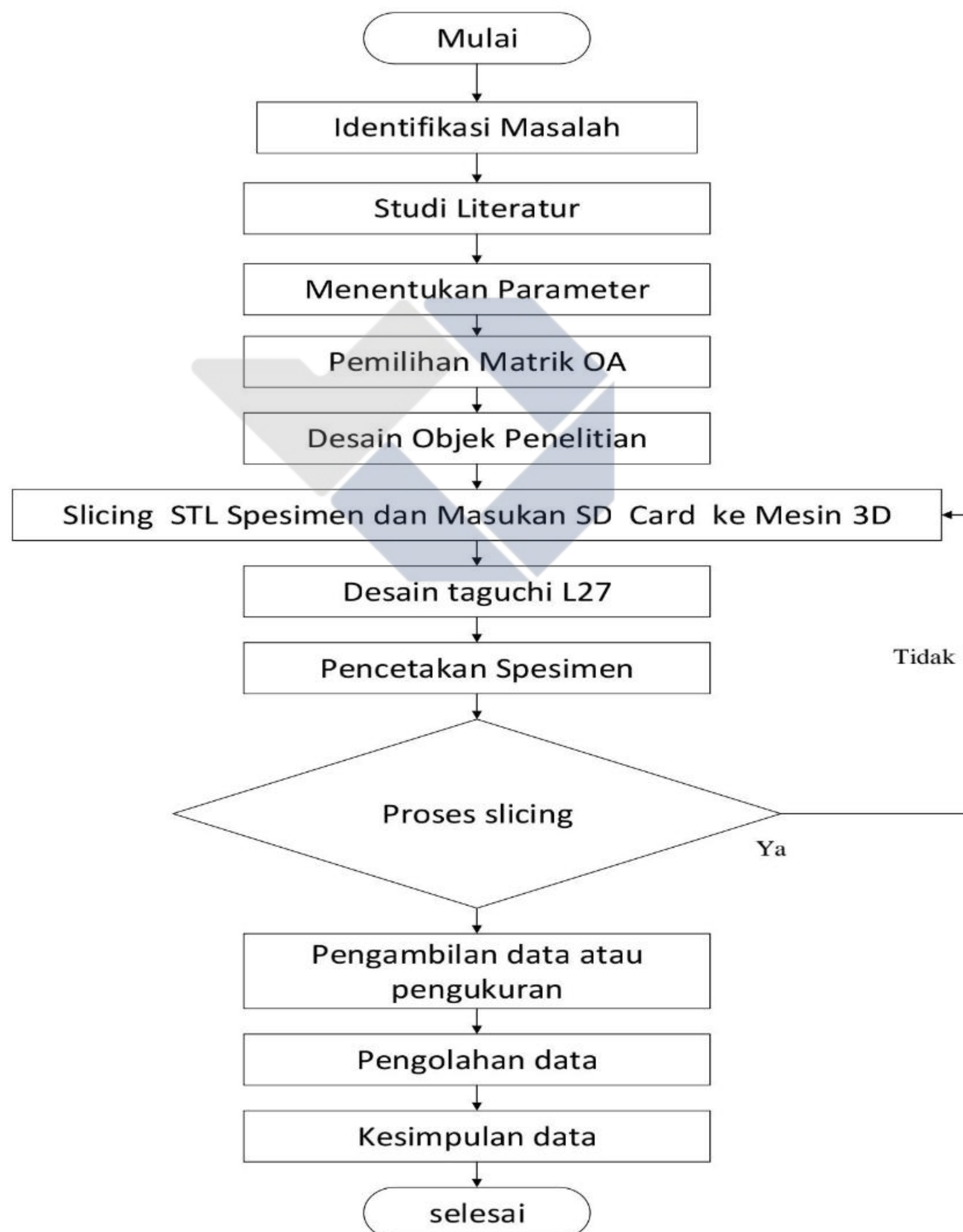
Analisis Variasi yaitu menerapkan sistem data yang telah di atur pada penelitian menurut Statistika dengan tujuan dapat menentukan keterlibatan faktor prediksi model. Kajian Variasi adalah teknik menganalisis melalui penjabaran segala macam bagian yang diteliti. Matriks Orthogonal dikerjakan melalui perhitungan jumlah kuadrat pada tiap kolom. Analisis Variansi Dua arah terbentuk karena beberapa Variabel dan tahapan atau lebih. (Dian Ridlo Pamuji, 2015).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada mesin 3D printer Anet Et4 dengan *printing* Area XYZ 220 mm x 220 mm x 250 mm dengan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan fillamen ABS dengan diameter 1,75 mm warna merah. Desain objek dibuat menggunakan software Autodesk fusion 360.

3.3 Tempat Penelitian dan Pengujian

Proses pengeprinan 3D *printing* pada filamen ABS menggunakan Mesin 3D printer merek Anet ET4 dilakukan di Laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

3.4 Bahan dan Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

3.4.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan material termoplastik yang berbentuk filamen. Adapun bahan yang digunakan pada filamen ini adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dengan diameter filamen sebesar 1,75 mm dengan temperatur pencetakan sebesar 230-250°C. Filamen ABS ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)

3.4.2 Alat Penelitian

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Mesin 3D Printer Anet ET4

Pada penelitian ini mesin yang digunakan untuk mencetak spesimen yaitu mesin 3D Printer Anet ET4 seperti yang ditunjukkan pada gambar Mesin 3D Printer Anet ET4 yang digunakan pada penelitian memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada table 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin 3D Printer Anet ET4

Product Specification	
<i>Product Dimension</i>	440*340*480 mm
<i>Screen</i>	2.8 inch Color Touch Screen
<i>Nozzle Diameter</i>	0.4 mm
<i>Power Supply</i>	110V/220V AC 240W
<i>Slicing Software</i>	Cura, Repetier, Simplify3D
<i>Data Input Format</i>	STL, OBJ, JPG
<i>Data Output Format</i>	Gcode
<i>Operating System</i>	Windows, MAC
<i>Language</i>	English/Chinese
<i>Connectors</i>	USB/TF Card
<i>Main Frame</i>	All Metal Frame
<i>Net Weight</i>	7.2±0.2kg
Printing Specification	
<i>Build Volume</i>	220*220*250mm
<i>Printing Precision</i>	±0.1mm
<i>Printing Speed</i>	≤150mm/s
<i>Layer Thickness</i>	0.1-0.3mm
Working Condition	
<i>Temperature ruangan</i>	0-40°C
<i>Humidity</i>	5-80%
Recommended Filament	
<i>Filament Diameter</i>	1.75mm
<i>Printing Material</i>	PLA, ABS, HIPS etc.



Gambar 3.3 Mesin 3D *Printer* Anet ET4

B. *Magnetic bed*

Magnetic Bed digunakan sebagai *bed 3D printing* dan berfungsi sebagai dasar tempat pencetakan spesimen, masking tape memiliki sifat tahan panas.

C. Laptop

Penelitian ini menggunakan laptop merk ACER Z476 yang digunakan untuk membuat model 3D benda uji, melakukan *slicing* model benda, dan mengubah data model menjadi G-code agar dapat dibaca oleh mesin 3D printer yang di gunakan dalam penelitian ini.

D. MicroSD merk sandisk ultra gen10

MicroSD digunakan untuk menyimpan data G-code yang didapatkan dari laptop yang nantinya G-code tersebut akan digunakan untuk menjalankan mesin sesuai dengan perintah. Pada penelitian ini merk MicroSD yang digunakan adalah Sandisk dengan varian Sandisk Ultra gen 10 dengan kapasitas sebesar 32 Gb.



Gambar 3.4 MicroSD Sandisk Ultra Gen10

E. *Software* Autodesk fusion 360

Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan model CAD pada mesin 3D Printing di penelitian ini adalah AutoDesk Fusion 360.



Gambar 3.5 Autodesk Fusion 360

F. *Software* Prusaslicer

Perangkat lunak Prusaslicer digunakan untuk melakukan *slicing* pada model yang telah dibuat dan digunakan G-Code pada mesin 3D printing



Gambar 3.6 Prusaslicer

G. Micrometer Digital

Alat ukur yang akan di gunakan dalam penelitian ini adalah Micrometer Digital untuk pengukuran Diameter luar.



Gambar 3.7 Micrometer Digital

H. Jangka Sorong Digital

Alat ukur yang akan digunakan yaitu Jangka Sorong Digital untuk Mengukur Diameter dalam dan tinggi spesimen.



Gambar 3.8 Jangka Sorong Digital

3.5 Proses Penelitian

3.5.1 Mengidentifikasi Masalah

Tahap ini merupakan tahap untuk mengidentifikasi masalah yang muncul pada peneliti terdahulu agar bisa mencari permasalahan peneliti tersebut dimana tahap ini merupakan langkah awal untuk memulai sebuah penelitian.

3.5.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan bagian dari kegiatan mengumpulkan berbagai teori yang mendukung kepada penelitian yang akan di lakukan.pengumpulan teori bisa dari jurnal dan buku.

3.5.3 Menentukan parameter

Setelah persiapan selesai dilakukan, kemudian akan dilanjutkan dengan menentukan parameter proses yang akan digunakan pada penelitian.

Tabel 3.2 Nilai Parameter proses pencetakan filamen ABS

Parameter	Level		
	1	2	3
(A) Layer Height(mm)	0,2	0,24	0,28
(B) Infill Speed(mm/s)	40	45	50
(C)Speed Perimeters(mm/s)	40	45	50
(D) Nozzle Temperature (°C)	240	245	250
(E) Bed Temperature(°C)	90	95	100
(F) Infill Density (%)	20	25	30
(G) FAN Speed (%)	5	10	15
(H) Flow Rate (%)	90	95	100
(I) Infill Overlap(%)	5	10	15

3.5.4 Pemilihan Matrik Ortogonal

Matriks ortogonal yang akan dilakukan harus mempunyai derajat kebebasan yang sama atau lebih besar dari pada total derajat kebebasan parameter proses dan level faktor yang telah ditetapkan dan ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Total Derajat Kebebasan Faktor dan Level

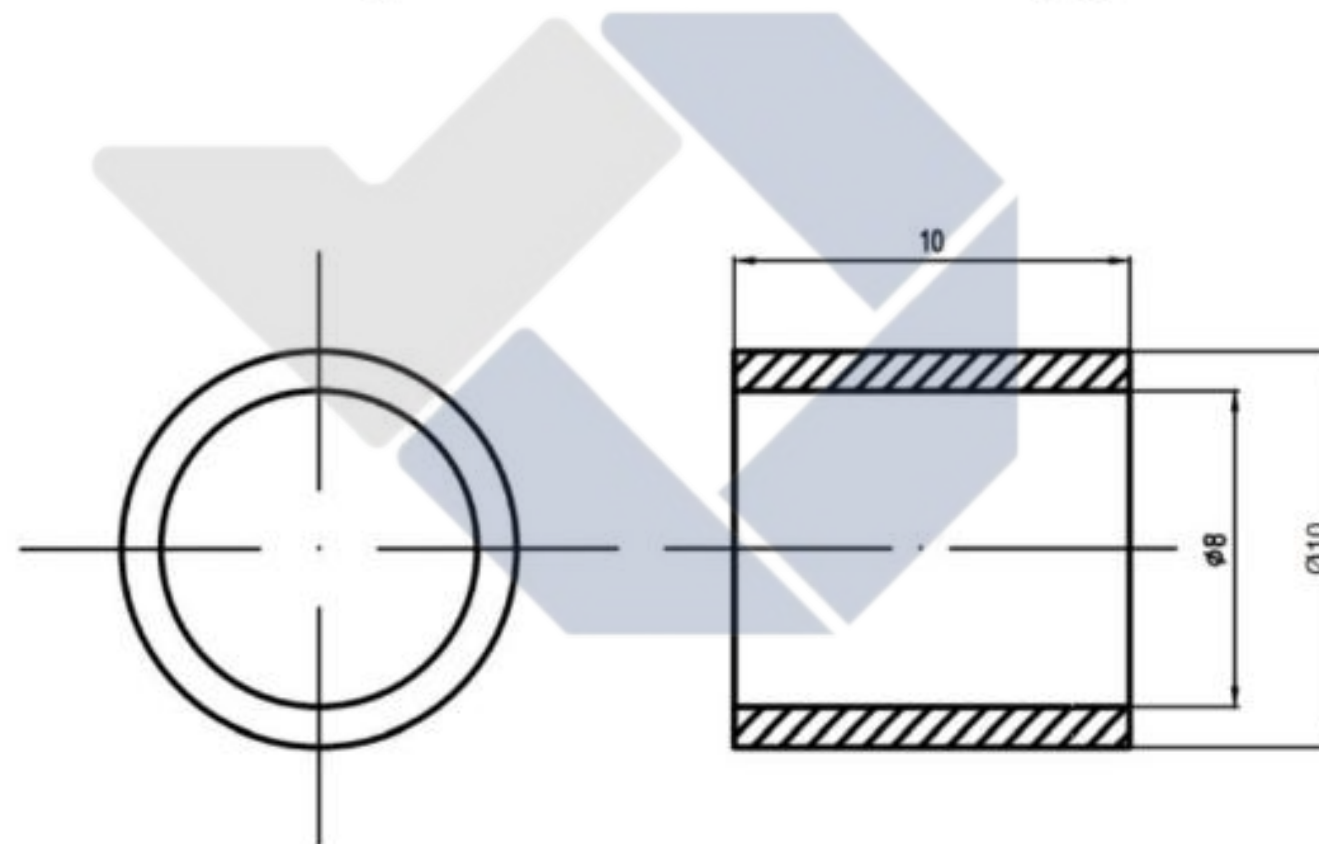
Parameter Proses	Jumlah Level (L)	$v_{fl} = (L - 1)$
Layer Height(mm)	3	2
Infill Speed(mm/s)	3	2
Speed Perimeters(mm/s)	3	2
NozzleTemperature(°C)	3	2
Bed Temperature(°C)	3	2

Parameter Proses	Jumlah Level (L)	$v_{fl} = (L - 1)$
<i>Infill Density (%)</i>	3	2
<i>FAN Speed (%)</i>	3	2
<i>Flow Rate (%)</i>	3	2
<i>Infill Overlap(%)</i>	3	2
Total derajat kebebasan		18

Pada Tabel 3.3 diketahui bahwa total derajat kebebasan dari parameter proses dan level faktor yang digunakan adalah 18 DOF. Maka dari itu pilihan yang tersedia untuk matrik ortogonal dengan derajat kebebasan 18 adalah $L_{27}(3^9)$ yang memenuhi syarat untuk dijadikan rancangan percobaan. Rancangan percobaan matrik orthogonal L_{27} memiliki 9 faktor, 3 level, dan 27 baris.

3.5.5 Desain Objek

Bentuk dan dimensi objek cetak di desain menggunakan *Software Autodesk Fusion 360*.



Gambar 3.9 Desain Dimensi Objek Cetak

3.5.6 Slicing STL Spesimen dan Masukan SD Card ke Mesin 3D printing

Selanjutnya file di olah pada software slicing prusaslicer dan masukan SD Card untuk mengambil *G Code*, dimana tujuan dari proses ini adalah agar desain yang sudah disiapkan dapat dibuat dan di proses oleh mesin *3D printing*.

3.5.7 Desain Taguchi L_{27} OA

Pada tahap ini akan dilakukan desain parameter cetak, bertujuan untuk mengetahui parameter mana yang lebih baik, parameter akan dicetak sesuai pada tabel 3.4.

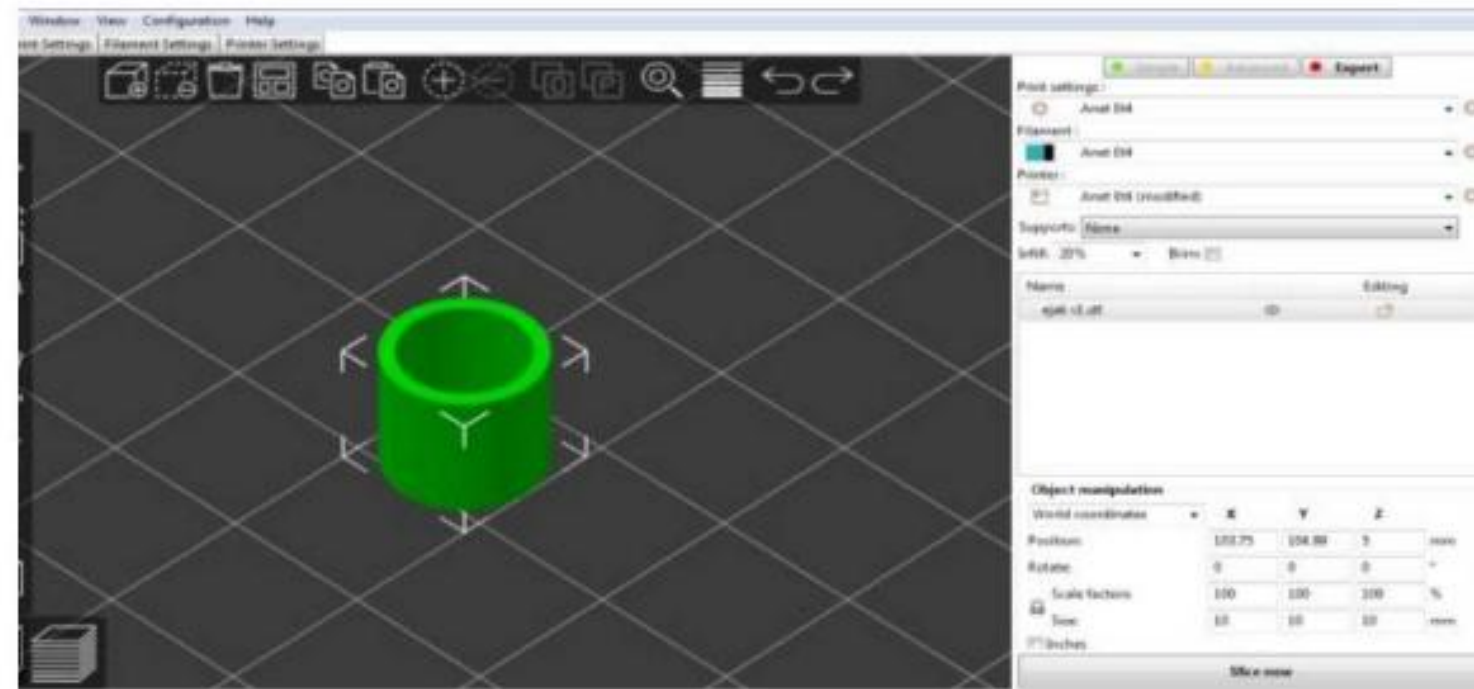
Tabel 3.4 Desain Faktorial L27

Exp	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1

Eksperimen akan dilakukan berdasarkan Tabel 3.4 kemudian akan diubah menjadi parameter proses dan nilai level akan di ambil pada tabel 3.2 nilai tiap parameter proses tersebut nantinya akan diinput ke *software slicing* untuk mendapatkan sebuah *G-code* proses pencetakan. Kemudian *G-code* ini akan dimasukan ke dalam kartu memori untuk menyimpan *G-code* setelah melakukan penyimpanan kemudian kartu memori tersebut dimasukan ke mesin *3D Printer*. lalu mulailah sebuah pencetakan dimana penyetakan dilakukan sebanyak dua puluh tujuh pencetakan dimana setiap eksperimen akan dilakukan tiga kali replikasi.

3.5.8 Pembentukan Spesimen

Pada tahap ini peneliti akan melakukan pencetakan spesimen yang telah di disain.



Gambar 3.10 Pembentukan Spesimen

Hasil cetakan akan dilakukan pengukuran menggunakan Micrometer Digital dan Jangka Sorong Digital, dimana untuk mengukur Diameter luar menggunakan Micrometer Digital dan untuk pengukuran Diameter dalam dan tinggi menggunakan Jangka Sorong Digital. nilai rata-rata hasil pengujian akan dimasukan ke *software* analisis data untuk diolah.

3.5.9 Pengolahan data

Tahapan terakhir pada penelitian ini yaitu Pengolahan data, dimana pada tahapan ini semua parameter yang telah diuji dan objek 3D yang dihasilkan akan disampaikan pada penelitian ini, untuk mengetahui parameter mana yang paling optimal untuk menghasikan produk yang paling baik.

3.5.10 Analisis Data

Analisis data menggunakan *Software* analisis dilakukan untuk mengetahui parameter mana yang paling optimal nilainya pengaruh parameter prosesnya. Data yang didapatkan ditampilkan dalam tabel respons untuk mempermudah pengolahan data. Tujuan dari mencari pengaruh parameter pada 3D *Printing* untuk mengetahui parameter mana yang paling optimal pada filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data Hasil Percobaan

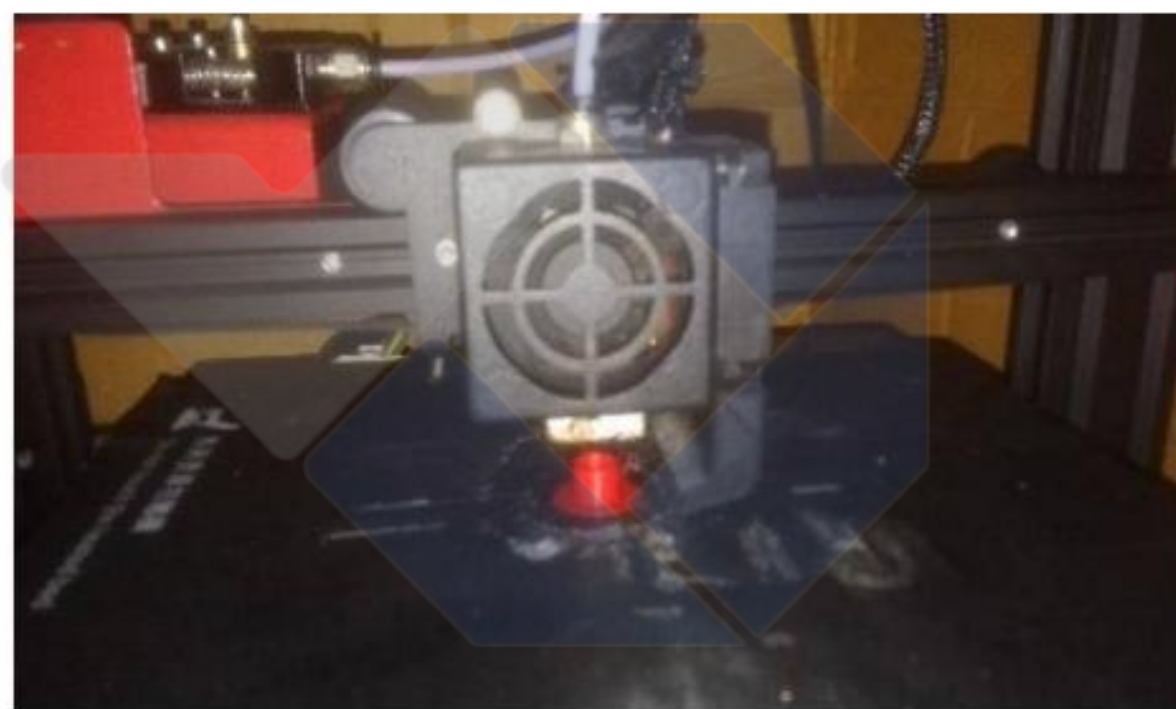
Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan cara mencetak objek yang akan di uji dengan mengkombinasikan parameter proses pada mesin 3D *printing* FDM. Adapun parameter yang akan di kombinasikan yaitu *Layer Height* (mm), *Infill Speed* (mm/s), *Speed Perimeters* (mm/s), *Nozzle Temperature* (°C), *Bed Temperature* (°C), *Infill Density* (%), *Fan Speed* (%), *Flow Rate* (%), dan *Infill Overlap*(%). Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil desain faktorial *Taguchi* L₂₇ OA. percobaan akan dilakukan sebanyak 27 (dua puluh tujuh) percobaan dengan 9 (sembilan) parameter dimana setiap percobaan akan dilakukan pengulangan atau replikasi sebanyak 3 kali pengulangan. Pada tahap ini, setelah memiliki hasil pengujian, data tersebut diolah menggunakan *software* analisis untuk memperoleh parameter yang optimal terhadap akurasi dimensi.

Tabel 4.1 Desain Faktorial penelitian L₂₇ OA

NO EXP	Layer Height (mm)	Infill Speed (mm/s)	Speed Perimeters (mm/s)	Noz zle (°C)	Bed (°C)	Infill Density (%)	FAN Speed (%)	Flow Rate (%)	Infill Overlap (%)
1	0,2	40	40	240	90	20	5	90	5
2	0,2	40	40	240	95	25	10	95	10
3	0,2	40	40	240	100	30	15	100	15
4	0,2	45	45	245	90	20	5	95	10
5	0,2	45	45	245	95	25	10	100	15
6	0,2	45	45	245	100	30	15	90	5
7	0,2	50	50	250	90	20	5	100	15
8	0,2	50	50	250	95	25	10	90	5
9	0,2	50	50	250	100	30	15	95	10
10	0,24	40	45	250	90	25	15	90	10
11	0,24	40	45	250	95	30	5	95	15
12	0,24	40	45	250	100	20	10	100	5
13	0,24	45	50	240	90	25	15	95	15
14	0,24	45	50	240	95	30	5	100	5
15	0,24	45	50	240	100	20	10	90	10
16	0,24	50	40	245	90	25	15	100	5
17	0,24	50	40	245	95	30	5	90	10

18	0,24	50	40	245	100	20	10	95	15
19	0,28	40	50	245	90	30	10	90	15
20	0,28	40	50	245	95	20	15	95	5
21	0,28	40	50	245	100	25	5	100	10
22	0,28	45	40	250	90	30	10	95	5
23	0,28	45	40	250	95	20	15	100	10
24	0,28	45	40	250	100	25	5	90	15
25	0,28	50	45	240	90	30	10	100	10
26	0,28	50	45	240	95	20	15	90	15
27	0,28	50	45	240	100	25	5	95	5

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai tiap parameter proses eksperimen diinput ke *software slicing* untuk mendapatkan *G-code* proses pencetakan. Kemudian *G-code* ini dimasukkan ke dalam mesin 3D printing untuk melakukan proses pencetakan. proses pencetakan spesimen ditunjukkan pada Gambar 4.1.



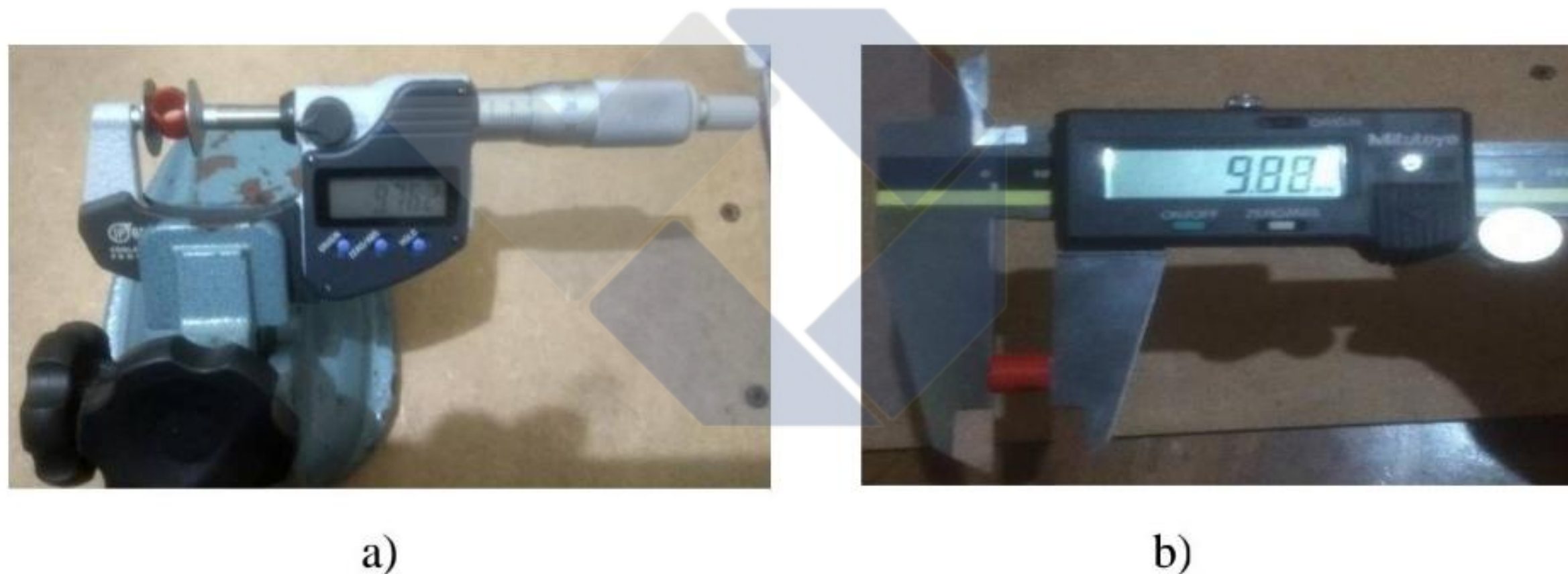
Gambar 4.1 proses pencetakan spesimen

Hasil dari proses pencetakan spesimen ini dapat di tunjukan pada gambar 4.2 dimana ada 27 (dua puluh tujuh) eksperimen dengan 3 (tiga) kali replikasi sehingga diperoleh 81 spesimen uji akuransi dimensi.



Gambar 4.2 Spesimen Hasil Pencetakan

Hasil dari pencetakan spesimen ini selanjutnya akan dilakukan proses pengukuran akuransi dimensi dengan diameter 10 mm, tinggi 10 mm, dan diameter dalam 8 mm. Proses pengukuran akuransi dimensi spesimen ini akan ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Pengukuran Spesimen

- a) Pengukuran diameter luar b) pengukuran diameter dalam dan tinggi

Setelah melakukan pengukuran pada spesimen sehingga mendapatkan nilai dari hasil pengukuran untuk diameter luar, tinggi dan diameter dalam spesimen yang akan di tunjukan pada tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Diameter Luar

DIAMETER LUAR					
No Exp	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-Rata (mm)	Deviasi Terhadap Ø10 (mm)
1	9,750	9,790	9,790	9,777	0,223
2	9,816	9,760	9,858	9,811	0,189
3	9,805	9,985	10,038	9,943	0,057

DIAMETER LUAR					
No Exp	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-Rata (mm)	Deviasi Terhadap Ø10 (mm)
4	10,073	10,035	10,033	10,047	-0,047
5	9,907	9,972	9,981	9,953	0,047
6	9,995	9,945	9,984	9,975	0,025
7	9,935	9,928	9,896	9,920	0,080
8	9,918	9,912	9,904	9,911	0,089
9	9,954	9,906	9,932	9,931	0,069
10	9,921	9,911	9,951	9,928	0,072
11	9,958	9,888	9,872	9,906	0,094
12	9,942	9,928	9,903	9,924	0,076
13	9,910	9,904	9,963	9,926	0,074
14	9,909	9,934	9,881	9,908	0,092
15	9,873	9,896	9,879	9,883	0,117
16	9,897	9,896	9,891	9,895	0,105
17	9,870	9,849	9,829	9,849	0,151
18	9,866	9,861	9,848	9,858	0,142
19	9,804	9,866	9,834	9,835	0,165
20	9,831	9,846	9,875	9,851	0,149
21	9,786	9,807	9,796	9,796	0,204
22	9,926	9,835	9,865	9,875	0,125
23	9,806	9,850	9,892	9,849	0,151
24	9,815	9,841	9,856	9,837	0,163
25	9,891	9,917	9,921	9,910	0,090
26	9,917	9,930	9,920	9,922	0,078
27	9,931	9,922	9,960	9,938	0,062

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Tinggi

Tinggi					
No Exp	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-Rata (mm)	Deviasi Terhadap Ø10 (mm)
1	9,953	9,953	9,913	9,940	0,060
2	9,920	9,900	9,957	9,926	0,074
3	9,880	9,917	9,953	9,917	0,083
4	9,957	10,000	10,003	9,987	0,013
5	9,967	9,960	9,967	9,964	0,036
6	9,940	9,957	9,997	9,964	0,036
7	9,967	9,987	9,977	9,977	0,023
8	10,010	9,957	9,973	9,980	0,020
9	9,960	9,953	10,013	9,976	0,024
10	9,997	10,040	9,987	10,008	-0,008
11	10,020	10,030	9,933	9,994	0,006

Tinggi					
No Exp	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-Rata (mm)	Deviasi Terhadap Ø10 (mm)
12	9,987	9,977	9,943	9,969	0,031
13	10,043	9,960	9,997	10,000	0,000
14	9,980	9,997	10,030	10,002	-0,002
15	10,010	10,047	9,963	10,007	-0,007
16	10,017	10,000	9,993	10,003	-0,003
17	10,000	9,980	10,000	9,993	0,007
18	10,003	10,023	9,967	9,998	0,002
19	9,963	9,947	9,920	9,943	0,057
20	9,937	9,947	9,950	9,944	0,056
21	9,973	9,913	9,983	9,957	0,043
22	9,977	9,930	9,960	9,956	0,044
23	9,883	9,913	9,960	9,919	0,081
24	9,897	9,930	9,917	9,914	0,086
25	9,950	9,970	9,947	9,956	0,044
26	9,990	9,947	9,967	9,968	0,032
27	9,910	9,940	9,900	9,917	0,083

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Diameter Dalam

Diameter Dalam					
No Exp	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-Rata (mm)	Deviasi Terhadap Ø8 (mm)
1	7,800	7,670	7,700	7,723	0,277
2	7,637	7,710	7,690	7,679	0,321
3	7,623	7,570	7,670	7,621	0,379
4	7,710	7,613	7,550	7,624	0,376
5	7,653	7,607	7,660	7,640	0,360
6	7,667	7,720	7,690	7,692	0,308
7	7,670	7,680	7,657	7,669	0,331
8	7,700	7,697	7,683	7,693	0,307
9	7,667	7,613	7,673	7,651	0,349
10	7,670	7,690	7,677	7,679	0,321
11	7,647	7,630	7,630	7,636	0,364
12	7,623	7,570	7,620	7,604	0,396
13	7,727	7,813	7,853	7,798	0,202
14	7,833	7,720	7,813	7,789	0,211
15	7,823	7,813	7,787	7,808	0,192
16	7,727	7,767	7,737	7,743	0,257
17	7,707	7,693	7,647	7,682	0,318
18	7,717	7,740	7,723	7,727	0,273
19	7,743	7,783	7,730	7,752	0,248

Diameter Dalam					
No Exp	Data Awal	Replikasi 1	Replikasi 2	Rata-Rata (mm)	Deviasi Terhadap Ø8 (mm)
20	7,773	7,803	7,753	7,777	0,223
21	7,693	7,780	7,750	7,741	0,259
22	7,767	7,717	7,733	7,739	0,261
23	7,733	7,690	7,747	7,723	0,277
24	7,687	7,757	7,757	7,733	0,267
25	7,703	7,807	7,800	7,770	0,230
26	7,790	7,693	7,713	7,732	0,268
27	7,780	7,767	7,757	7,768	0,232

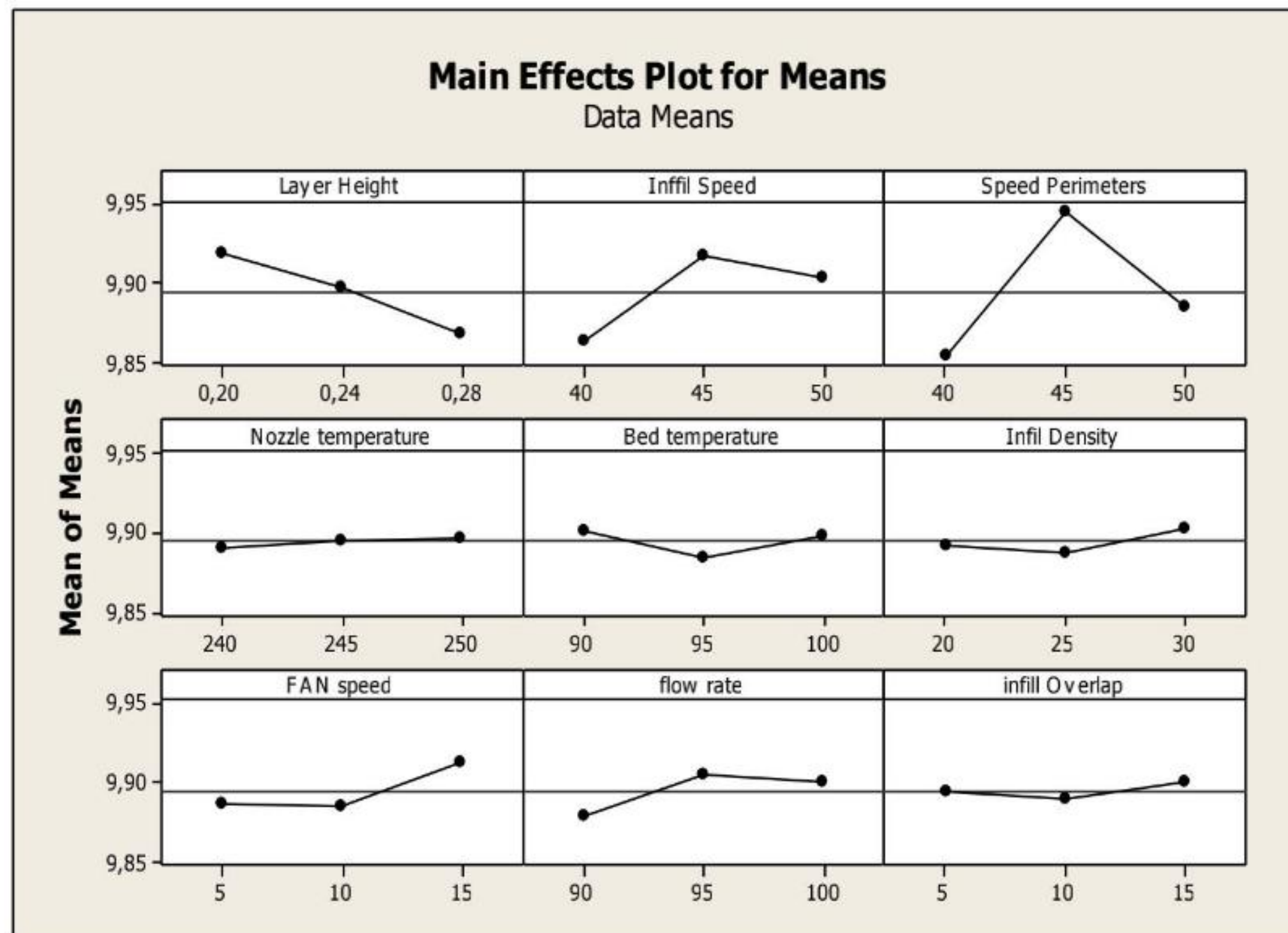
Setelah mendapatkan nilai rata-rata pada tabel diatas akan dimasukkan ke dalam *software* analisis untuk diolah.

4.2 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk mendapatkan pengaturan parameter proses yang optimal dan berpengaruh terhadap hasil uji akurasi dimensi dengan menggunakan metode *taguchi*. Pengolahan data ini akan menggunakan *software* analisis, dimana nilai pada Tabel 4.2 Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 data hasil pengujian tersebut dimasukkan ke dalam *software* analisis untuk mendapatkan nilai hasil respon *Mean Plot* dan *S/N Ratio* dengan kualitas “*Smaller is Better*” kerana semakin kecil semakin baik, dimana nilai yang memiliki selisih paling kecil pada ukuran spesimen maka akuransi yang dihasilkan semakin baik.

4.2.1 *Mean Plot* dan *S/N Ratio* “*Smaller is better*” Diameter Luar Spesimen

Hasil respon *Mean Plot* dari *software* analisis ditunjukkan pada pada gambar 4.4 dan Tabel 4.5. serta hasil *S/N Ratio* “*Smaller is better*” ditunjukkan pada gambar 4.5 dan tabel 4.6.



Gambar 4.4 Grafik *Mean Plot* Diameter Luar Spesimen

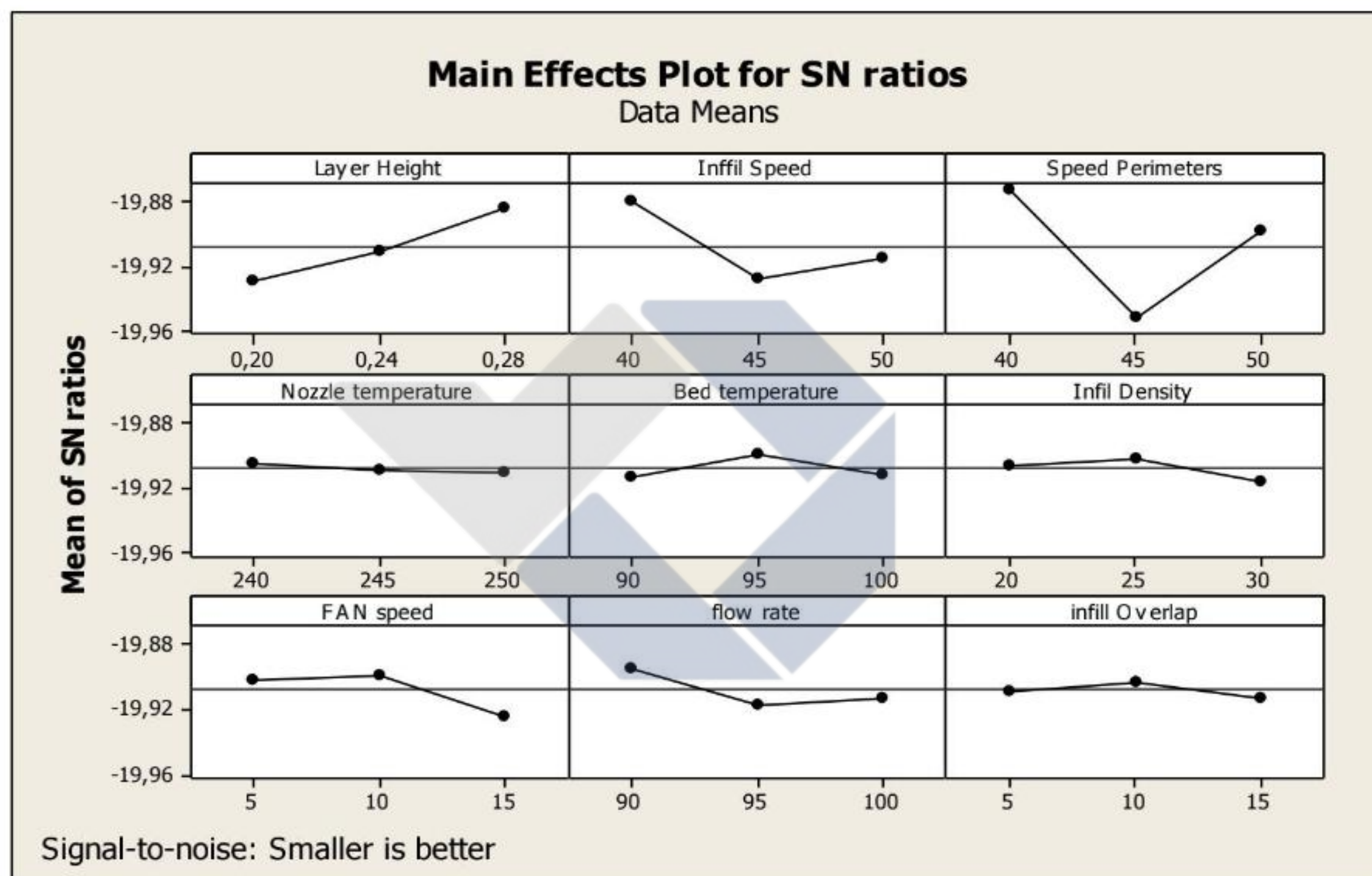
Berdasarkan gambar 4.4 didapatkan bahwa Grafik *Mean Plot* terhadap akurasi dimensi yang paling berpengaruh yaitu *speed perimeters*, *Infill Speed*, *Layer Height*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Infill Overlap*, *Nozzle Temperatur*.

Tabel 4.5 Hasil *Mean Plot* Diameter Luar Spesimen

	<i>Layer Height</i>	<i>Infill Speed</i>	<i>Speed Perimeters</i>	<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Bed Temperature</i>	<i>Infill Density</i>
1	9,919	9,863	9,855	9,891	9,901	9,892
2	9,897	9,917	9,945	9,895	9,885	9,888
3	9,868	9,904	9,884	9,898	9,898	9,903
Delta	0,050	0,054	0,090	0,007	0,017	0,015
Rank	3	2	1	9	6	7

	<i>Flow Rate</i>	<i>Infill Overlap</i>	<i>Fan speed</i>
1	9,880	9,895	9,886
2	9,905	9,889	9,885
3	9,900	9,900	9,913
Delta	0,025	0,011	0,029
Rank	5	8	4

Berdasarkan Gambar 4.4 dan tabel 4.5 parameter proses yang paling berpengaruh yaitu *speed perimeters*. Dan secara berturut parameter yang memiliki pengaruh serta level yang optimal sesuai dengan kualitas “*Smaller is better*” yaitu *speed perimeters* level dua (45mm/s), *Infill Speed* level dua (45mm/s), *Layer Height* level satu (0,20 mm), *Fan Speed* level tiga (15%), *Flow Rate* level dua (95%), *Bed Temperature* level satu (90°C), *Infill Density* level tiga (30%), *Infill Overlap* level dua (10%), *Nozzle Temperature* level tiga (250°C).



Gambar 4.5 Grafik S/N Ratio Diameter Luar Spesimen

Berdasarkan gambar 4.5 didapatkan bahwa Grafik S/N Ratio terhadap akurasi dimensi yang paling berpengaruh yaitu *speed perimeters*, *Infill Speed*, *Layer Height*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Infill Overlap*, *Nozzle Temperature*.

Tabel 4.6 Hasil S/N Ratio Diameter Luar Spesimen

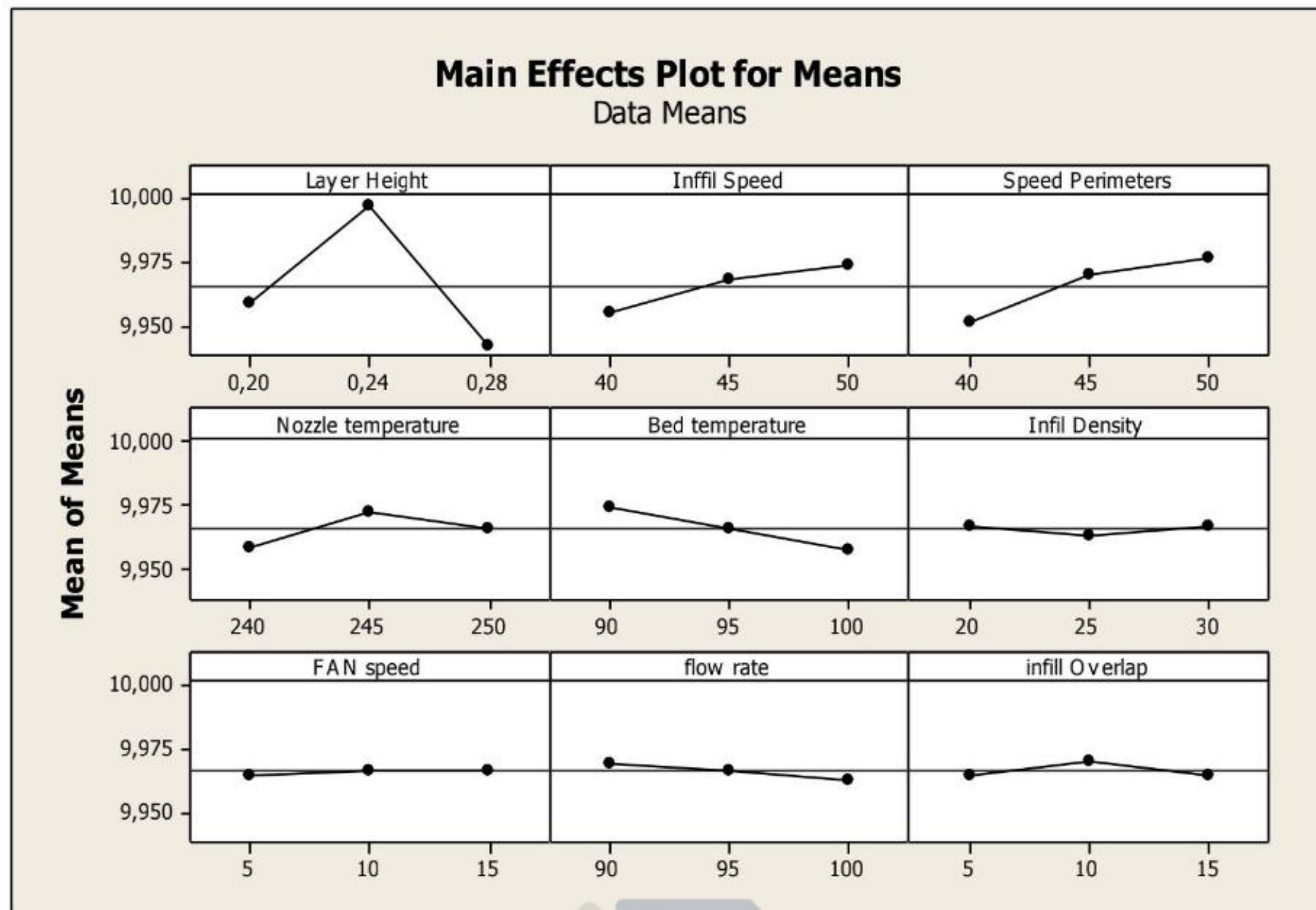
	<i>Layer</i>	<i>Infill</i>	<i>Speed</i>	<i>Nozzle</i>	<i>Bed</i>	<i>Infill</i>
<i>Level</i>	<i>Height</i>	<i>Speed</i>	<i>Perimeters</i>	<i>Temperature</i>	<i>Temperature</i>	<i>Density</i>
1	-19,93	-19,88	-19,87	-19,90	-19,91	-19,91
2	-19,91	-19,93	-19,95	-19,91	-19,90	-19,90
3	-19,88	-19,92	-19,90	-19,91	-19,91	-19,92
Delta	0,04	0,05	0,08	0,01	0,01	0,01
Rank	3	2	1	9	6	7

		<i>Infill</i>	<i>Fan</i>
<i>Level</i>	<i>Flow Rate</i>	<i>Overlap</i>	<i>speed</i>
1	-19,89	-19,91	-19,90
2	-19,92	-19,90	-19,90
3	-19,91	-19,91	-19,92
Delta	0,02	0,01	0,03
Rank	5	8	4

Berdasarkan Gambar 4.5 dan Tabel 4.6 parameter proses yang optimal terhadap akurasi dimensi diameter luar yaitu yaitu *speed perimeters* level satu (40mm/s), *Infill Speed* level satu (40mm/s), *Layer Height* level tiga (0,28mm), *Fan Speed* level dua (10%), *Flow Rate* level satu (90%), *Bed Temperature* level dua (95°C), *Infill Density* level dua (25%), *Infill Overlap* level dua (10%), *Nozzle Temperature* level satu (240°C).

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

Hasil dari *Mean Plot* tinggi spesimen dari *software* analisis akan ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.7 kemudian hasil S/N Ratio “*Smaller is better*” ditunjukkan pada gambar 4.7 dan tabel 4.8.



Gambar 4.6 Grafik *Mean Plot* Tinggi Spesimen

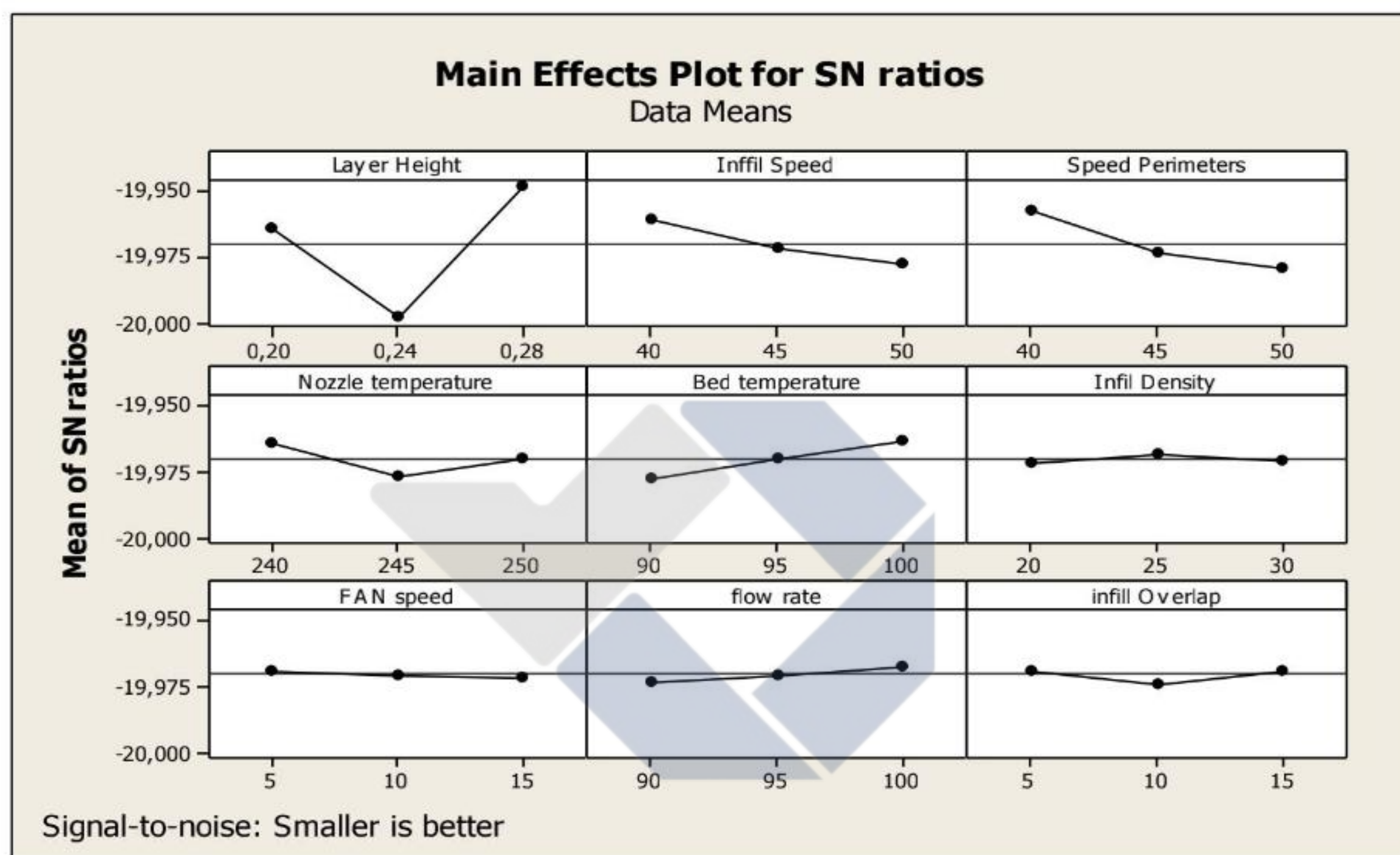
Berdasarkan gambar 4.6 didapatkan bahwa Grafik *Mean Plot* terhadap akurasi dimensi yang paling berpengaruh yaitu *Layer Height*, *speed perimeters*, *Infill Speed*, *Bed Temperature*, *Nozzle Temperature*, *Flow Rate*, *Infill Overlap*, *Infill Density*, *Fan Speed*.

Tabel 4.7 Hasil *Mean Plot* Tinggi Spesimen

<i>Level</i>	<i>Layer Height</i>	<i>Infill Speed</i>	<i>Speed Perimeters</i>	<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Bed Temperature</i>	<i>Infill Density</i>
1	9,959	9,955	9,952	9,959	9,974	9,968
2	9,997	9,968	9,970	9,973	9,966	9,963
3	9,942	9,974	9,976	9,966	9,958	9,967
Delta	0,056	0,019	0,024	0,014	0,017	0,004
Rank	1	3	2	5	4	8

<i>Level</i>	<i>Flow Rate</i>	<i>Infill Overlap</i>	<i>Fan speed</i>
1	9,969	9,964	9,965
2	9,966	9,970	9,966
3	9,963	9,964	9,967
Delta	0,006	0,006	0,002
Rank	6	7	9

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dikatakan bahwa parameter proses yang memiliki pengaruh paling besar terhadap keakuratan dimensi Tinggi spesimen yaitu *Layer Height*. Dan untuk pengaruh parameter proses secara berurutan yaitu *Layer Height* level dua (0,24 mm), *speed perimeters* level tiga (50 mm/s), *Infill Speed* level tiga (50mm/s), *Bed Temperature* level satu (90°C), *Nozzle Temperature* level dua (245°C), *Flow Rate* level satu (90%), *Infill Overlap* level dua (10 %), *Infill Density* level satu (20%), *Fan Speed* level tiga (15%).



Gambar 4.7 Grafik S/N Ratio Tinggi Spesimen

Berdasarkan gambar 4.7 didapatkan bahwa Grafik S/N Ratio terhadap akurasi dimensi yang paling berpengaruh yaitu *Layer Height*, *speed perimeters*, *Infill Speed*, *Bed Temperature*, *Nozzle Temperature*, *Flow Rate*, *Infill Overlap*, *Infill Density*, *Fan Speed*

Tabel 4.8 Hasil S/N Ratio Tinggi Spesimen

Level	Layer Height	Infill Speed	Speed Perimeters	Nozzle Temperature	Bed Temperature	Infill Density
1	-19,96	-19,96	-19,96	-19,96	-19,98	-19,97
2	-20,00	-19,97	-19,97	-19,98	-19,97	-19,97
3	-19,95	-19,98	-19,98	-19,97	-19,96	-19,97

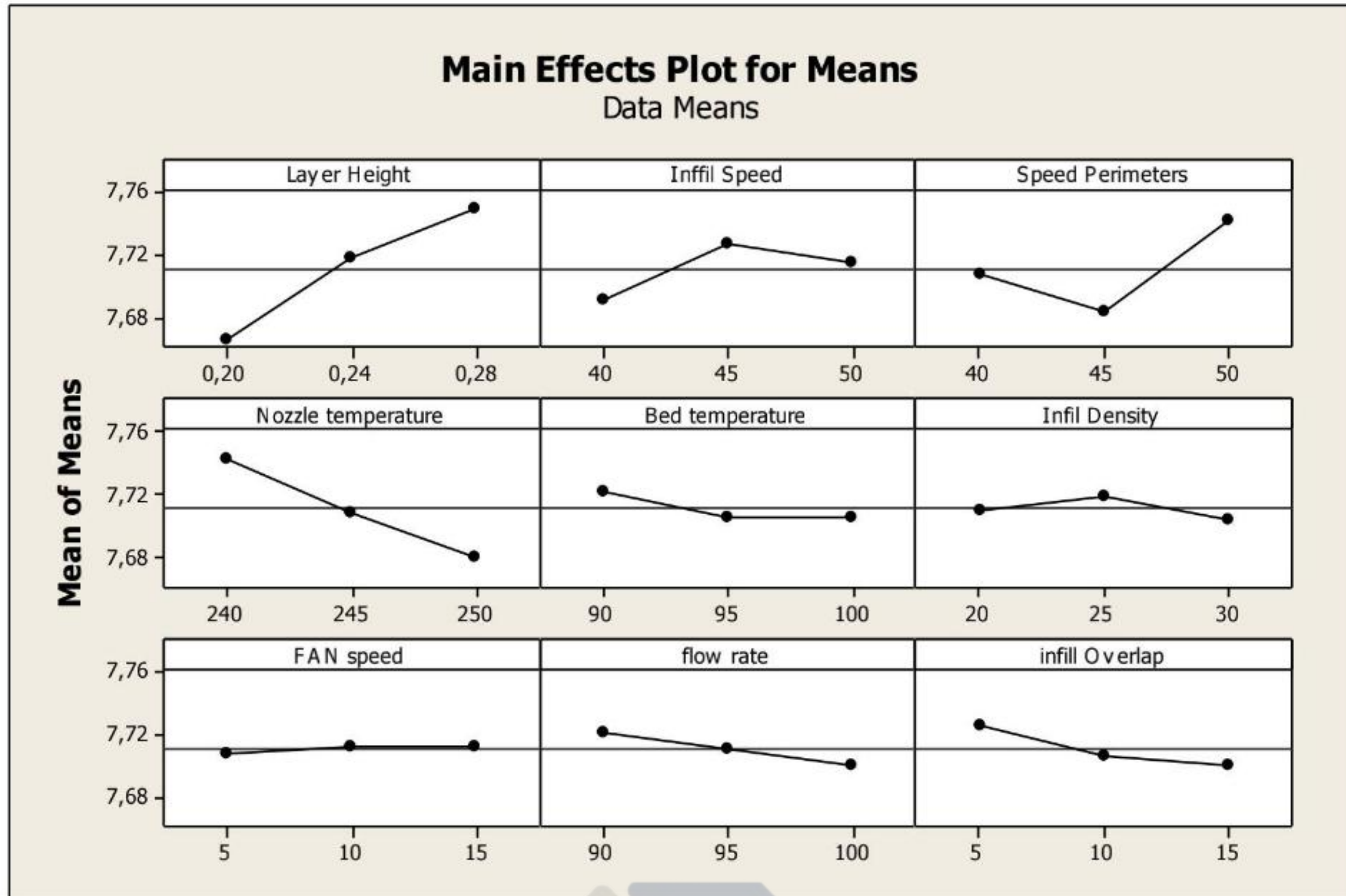
<i>Level</i>	<i>Layer Height</i>	<i>Infill Speed</i>	<i>Speed Perimeters</i>	<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Bed Temperature</i>	<i>Infill Density</i>
Delta	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
Rank	1	3	2	5	4	8

<i>Level</i>	<i>Flow Rate</i>	<i>Infill Overlap</i>	<i>Fan speed</i>
1	-19,97	-19,97	-19,97
2	-19,97	-19,97	-19,97
3	-19,97	-19,97	-19,97
Delta	0,01	0,00	0,00
Rank	6	7	9

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dikatakan bahwa parameter proses yang memiliki pengaruh paling besar terhadap keakuratan dimensi Tinggi spesimen yaitu *Layer Height*. Dan untuk pengaruh parameter proses secara berurutan yaitu *Layer Height* level tiga (0,28mm), *speed perimeters* level satu (40mm/s), *Infill Speed* level satu (40mm/s), *Bed Temperature* level tiga (100°C), *Nozzle Temperature* level satu (240°C), *Flow Rate* level tiga (100%), *Infill Overlap* level satu (5%), *Infill Density* level dua (25%), *Fan Speed* level satu (5%).

4.2.3 Mean Plot dan S/N Ratio “Smaller is better” Diameter Dalam Spesimen

Hasil dari *Mean Plot* Diameter Dalam Spesimen dari *software* analisis akan ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.9 kemudian hasil *S/N Ratio* “*Smaller is better*” ditunjukkan pada gambar 4.9 dan tabel 4.10.



Gambar 4.8 Grafik *Mean Plot* Diameter Dalam Spesimen

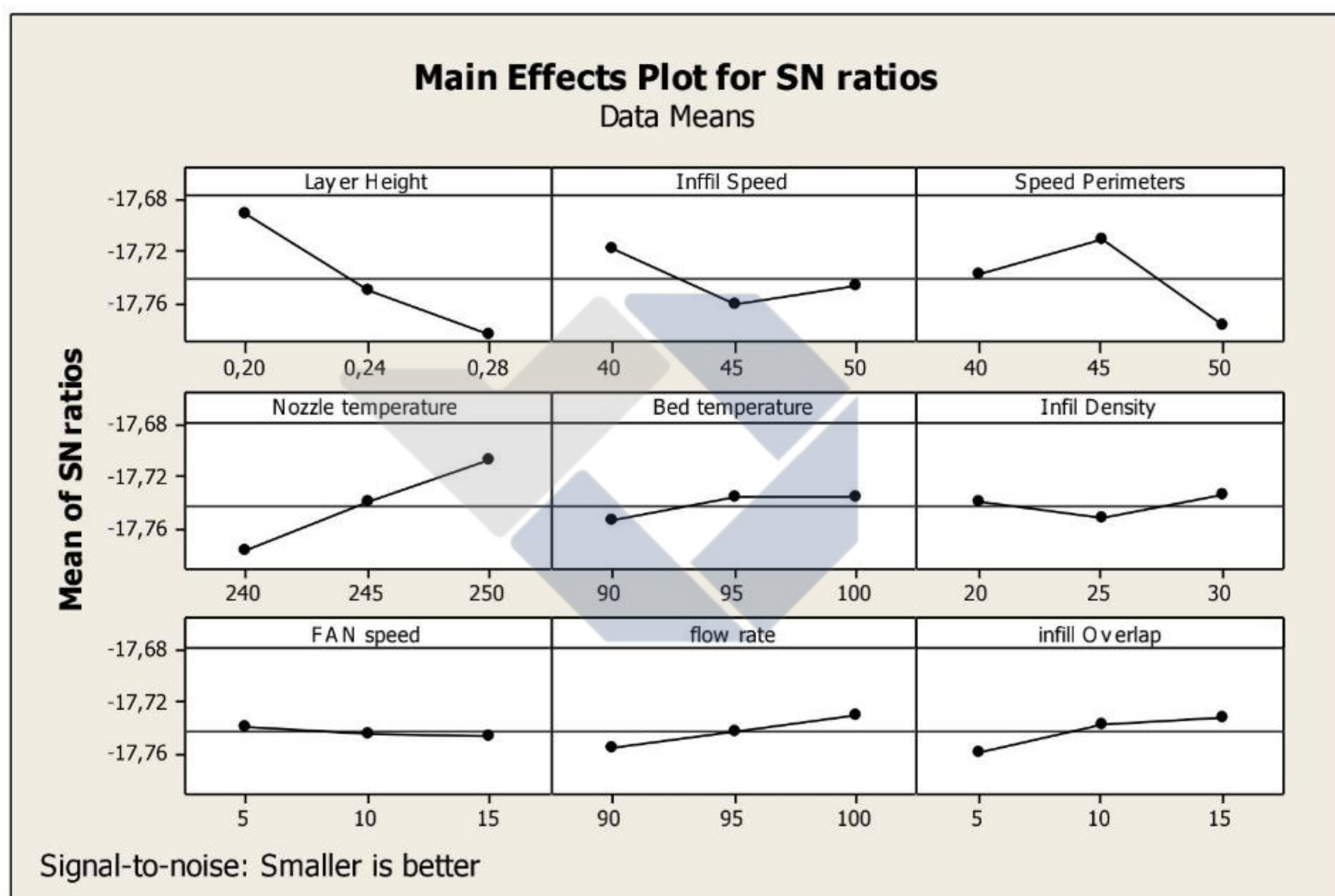
Berdasarkan gambar 4.7 didapatkan bahwa *Mean Plot* terhadap akurasi dimensi yang paling berpengaruh yaitu *Layer Height*, *Nozzle Temperature*, *Speed Perimeters*, *Infill Speed*, *Infill Overlap*, *Flow Rate*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Fan Speed*.

Tabel 4.9 Hasil *Mean Plot* Diameter Dalam Spesimen

<i>Level</i>	<i>Layer Height</i>	<i>Infill Speed</i>	<i>Speed Perimeters</i>	<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Bed Temperature</i>	<i>Infill Density</i>
1	7,666	7,690	7,708	7,743	7,722	7,710
2	7,718	7,727	7,683	7,709	7,706	7,719
3	7,748	7,715	7,742	7,681	7,705	7,704
Delta	0,082	0,037	0,059	0,062	0,017	0,016
Rank	1	4	3	2	7	8

<i>Level</i>	<i>Flow Rate</i>	<i>Infill Overlap</i>	<i>Fan speed</i>
1	7,722	7,725	7,707
2	7,711	7,706	7,712
3	7,700	7,701	7,713
Delta	0,022	0,025	0,006
Rank	6	5	9

Berdasarkan Gambar 4.8 dan Tabel 4.9 dapat dikatakan bahwa parameter proses yang memiliki pengaruh paling besar terhadap keakuratan dimensi Tinggi spesimen yaitu *Layer Height*. Dan untuk pengaruh parameter proses secara berurutan yaitu *Layer Height* level tiga (0,28 mm), *Nozzle Temperature* level satu (240°C), *Speed Perimeters* level tiga (50 mm/s), *Infill Speed* level dua (45mm/s), *Infill Overlap* level satu (5%), *Flow Rate* level satu (90%), *Bed Temperature* level satu (90°C), *Infill Density* level dua (25%), *Fan Speed* level tiga (15%).



Gambar 4.9 Grafik S/N Ratio Diameter dalam Spesimen

Berdasarkan gambar 4.9 didapatkan bahwa Grafik S/N Ratio terhadap akurasi dimensi yang paling berpengaruh yaitu *Layer Height*, *Nozzle Temperature*, *Speed Perimeters*, *Infill Speed*, *Infill Overlap*, *Flow Rate*, *Bed Temperature*, *Infill Densit*, *Fan Speed*.

Tabel 4.10 Hasil S/N Ratio Diameter dalam Spesimen

	<i>Layer</i>	<i>Infill</i>	<i>Speed</i>	<i>Nozzle</i>	<i>Bed</i>	<i>Infill</i>
<i>Level</i>	<i>Height</i>	<i>Speed</i>	<i>Perimeters</i>	<i>temperature</i>	<i>temperature</i>	<i>Density</i>
1	-17,69	-17,72	-17,74	-17,78	-17,75	-17,74
2	-17,75	-17,76	-17,71	-17,74	-17,74	-17,75
3	-17,78	-17,75	-17,78	-17,71	-17,74	-17,73
Delta	0,09	0,04	0,07	0,07	0,02	0,02
Rank	1	4	3	2	7	8

	<i>Infill</i>	<i>FAN</i>	
<i>Level</i>	<i>flow rate</i>	<i>Overlap</i>	<i>speed</i>
1	-17,75	-17,76	-17,74
2	-17,74	-17,74	-17,74
3	-17,73	-17,73	-17,74
Delta	0,02	0,03	0,01
Rank	6	5	9

Berdasarkan Gambar 4.9 dan Tabel 4.10 dapat dikatakan bahwa parameter proses yang memiliki pengaruh paling besar terhadap keakuratan dimensi Tinggi spesimen yaitu *Layer Height*. Dan untuk pengaruh parameter proses secara berurutan yaitu *Layer Height* level satu (0,20mm), *Nozzle Temperature* level tiga (250°C), *Speed Perimeters* level dua (45mm/s), *Infill Speed* level satu (40mm/s), *Infill Overlap* level tiga (15%), *Flow Rate* level tiga (100%), *Bed Temperature* level tiga (100°C), *Infill Density* level tiga (30%), *Fan Speed* level satu (5%).

4.3 Analisis Varian Rasio S/N

Untuk mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata akurasi dimensi, maka untuk mengetahui parameter yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai rasio S/N juga dapat dilakukan *Analysis of variance*. dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 *Analysis of variance* Diameter Luar

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<i>Layer Height</i>	2	0,008857	0,008857	0,004429	3,14	0,098
<i>Infill Speed</i>	2	0,010834	0,010834	0,005417	3,85	0,068
<i>Speed Perimeters</i>	2	0,028968	0,028968	0,014484	10,28	0,006
<i>Nozzle temperature</i>	2	0,000187	0,000187	0,000094	0,07	0,936
<i>Bed temperature</i>	2	0,001073	0,001073	0,000536	0,38	0,695
<i>Infill Density</i>	2	0,000865	0,000865	0,000433	0,31	0,744
<i>Fan speed</i>	2	0,003584	0,003584	0,001792	1,27	0,331
<i>flow rate</i>	2	0,002461	0,002461	0,001230	0,87	0,454
<i>infill Overlap</i>	2	0,000411	0,000411	0,000206	0,15	0,866
<i>Error</i>	8	0,011270	0,011270	0,001409		
Total	26	0,068512				

Berdasarkan tabel 4.11 bahwa hasil anova Diameter Luar didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F test dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Keputusan Uji Diameter Luar

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F Tabel (0,05;2,51)	Keputusan Uji
<i>Layer Height</i>	3,14		HO ditolak
<i>Infill Speed</i>	3,85		HO ditolak
<i>Speed Perimeters</i>	10,28		HO ditolak
<i>Nozzle Temperature</i>	0,07	2,51	Gagal ditolak
<i>Bed Temperature</i>	0,38		Gagal ditolak
<i>Infill Density</i>	0,31		Gagal ditolak
<i>FAN Speed</i>	1,27		Gagal ditolak
<i>Flow Rate</i>	0,87		Gagal ditolak
<i>Infill Overlap</i>	0,15		Gagal ditolak

Dari tabel 4.12 dapat disimpulkan bahwa sembilan parameter *Layer Height*, *Infill Speed*, *Speed Perimeters*, *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *FAN Speed*, *Flow Rate*, *Infill Overlap* parameter yang paling berpengaruh yaitu *Speed Perimeters*, *Infill Speed*, dan *Layer Height* karena nilai F-Test lebih besar dibandingkan dengan nilai F-Tabel maka HO ditolak, sedangkan untuk parameter *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *FAN Speed*, *Flow*

Rate, Infill Overlap nilai F-Test lebih kecil dengan F-Tabel maka Gagal ditolak, artinya parameter tersebut tidak ada pengaruh terhadap akurasi dimensi. Dari sembilan parameter *Layer Height, Infill Speed, Speed Perimeters, Nozzle Temperature, Bed Temperature, Infill Density, FAN Speed, Flow Rate, Infill Overlap* dapat dilihat level mana yang paling berpengaruh terhadap keakuratan dimensi dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perbandingan level dari *Layer Height* terhadap respon S/N Diameter Luar

<i>Layer Height</i>			
<i>Height</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
0,28	9	-19,88	A
0,24	9	-19,91	A
0,20	9	-19,93	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Layer Height</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
0,24	0,01840	0,01769	1,040	0,5745
0,28	0,04416	0,01769	2,496	0,0851

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.13 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Layer Height* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakuratan dimensi adalah level tiga (0,28 mm) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.14 Perbandingan level dari *Infill Speed* terhadap respon S/N Diameter Luar

<i>Infill Speed</i>			
<i>Speed</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
40	9	-19,88	A
50	9	-19,92	A
45	9	-19,93	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>Infill Speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
45	-0,04707	0,01769	-2,660	0,0668
50	-0,03553	0,01769	-2,008	0,1723

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.14 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Infill Speed* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (40 mm/s) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.15 Perbandingan level dari *Speed Perimeters* terhadap respon S/N Diameter Luar

<i>Speed Perimeters</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
40	9	-19,87	A
50	9	-19,90	A
45	9	-19,95	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>Speed Perimeters</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
45	-0,07870	0,01769	-4,448	0,0054
50	-0,02582	0,01769	-1,459	0,3585

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.15 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Speed Perimeters* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (40 mm/s) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.16 Perbandingan level dari *Nozzle Temperature* terhadap respon S/N Diameter Luar

<i>Nozzle Temperature</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
240	9	-19,90	A
245	9	-19,91	A
250	9	-19,91	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
245	-0,003960	0,01769	-0,2238	0,9729
250	-0,006386	0,01769	-0,3609	0,9313

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.16 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Nozzle temperature* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (240°C) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.17 Perbandingan level dari *Bed Temperature* terhadap respon S/N

Diameter Luar

<i>Bed Temperature</i>	N	Mean	Grouping
95	9	-19,90	A
100	9	-19,91	A
90	9	-19,91	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Bed temperature</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
95	0,014426	0,01769	0,8153	0,7046
100	0,002449	0,01769	0,1384	0,9895

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.17 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Bed temperature* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level dua (95°C) karena mean pada level dua merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.18 perbandingan level dari *Infill Density* terhadap respon S/N Diameter

Luar

<i>Infill Density</i>	N	Mean	Grouping
25	9	-19,90	A
20	9	-19,91	A
30	9	-19,92	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>Infill Density</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
25	0,003388	0,01769	0,1915	0,9800
30	-0,009952	0,01769	-0,5625	0,8432

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.18 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Infill Density* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level dua (25%) karena mean pada level dua merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.19 Perbandingan level dari *Fan Speed* terhadap respon S/N Diameter Luar

<i>Fan speed</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
10	9	-19,90	A
5	9	-19,90	A
15	9	-19,92	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>Fan speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
10	0,00146	0,01769	0,083	0,9962
15	-0,02368	0,01769	-1,338	0,4150

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.19 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Fan speed* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level dua (10%) karena mean pada level dua merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.20 perbandingan level dari *Flow Rate* terhadap respon S/N Diameter Luar

<i>Flow Rate</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
90	9	-19,89	A
100	9	-19,91	A
95	9	-19,92	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

	<i>Flow Rate</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
95	-0,02203	0,01769	-1,245	0,4619	
100	-0,01780	0,01769	-1,006	0,5938	

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.20 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Flow Rate* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (90%) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.21 perbandingan level dari *Infill Overlap* terhadap respon S/N Diameter

Luar

<i>infill Overlap</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
10	9	-19,90	A
5	9	-19,91	A
15	9	-19,91	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>infill Overlap</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
10	0,004909	0,01769	0,2775	0,9587
15	-0,004651	0,01769	-0,2629	0,9628

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.21 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Infill Overlap* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level dua (10%) karena mean pada level dua merupakan nilai mean yang tertinggi.

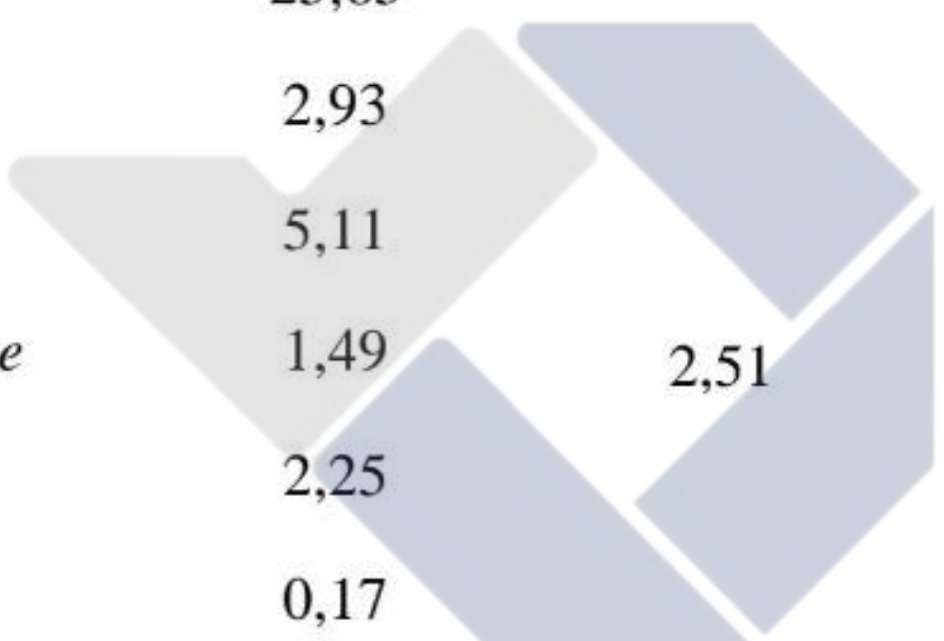
Tabel 4.22 *Analysis of variance* Tinggi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<i>Layer Height</i>	2	0,0110893	0,0110893	0,0055446	25,65	0,000
<i>Infill Speed</i>	2	0,0012656	0,0012656	0,0006328	2,93	0,111
<i>Speed Perimeters</i>	2	0,0022108	0,0022108	0,0011054	5,11	0,037
<i>Nozzle temperature</i>	2	0,0006443	0,0006443	0,0003222	1,49	0,282
<i>Bed temperature</i>	2	0,0009721	0,0009721	0,0004860	2,25	0,168

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<i>Infill Density</i>	2	0,0000732	0,0000732	0,0000366	0,17	0,847
<i>Fan speed</i>	2	0,0000181	0,0000181	0,0000091	0,04	0,959
<i>flow rate</i>	2	0,0001279	0,0001279	0,0000639	0,30	0,752
<i>infill Overlap</i>	2	0,0001417	0,0001417	0,0000708	0,33	0,730
<i>Error</i>	8	0,0017291	0,0017291	0,0002161		
Total	26	0,0182720				

Berdasarkan tabel 4.22 bahwa hasil anova Tinggi Spesimen didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F test dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Keputusan Uji Tinggi

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F Tabel (0,05;2,51)	Keputusan Uji
<i>Layer Height</i>	25,65		HO ditolak
<i>Infill Speed</i>	2,93		HO ditolak
<i>Speed Perimeters</i>	5,11		HO ditolak
<i>Nozzle Temperature</i>	1,49		Gagal ditolak
<i>Bed Temperature</i>	2,25		Gagal ditolak
<i>Infill Density</i>	0,17		Gagal ditolak
<i>Fan Speed</i>	0,04		Gagal ditolak
<i>Flow Rate</i>	0,30		Gagal ditolak
<i>Infill Overlap</i>	0,33		Gagal ditolak

Dari tabel 4.23 dapat disimpulkan bahwa sembilan parameter *Layer Height*, *Infill Speed*, *Speed Perimeters*, *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Infill Overlap* parameter yang paling berpengaruh yaitu *Layer Height*, *Speed Perimeters*, *Infill Speed*, dan karena nilai F-Test lebih besar dibandingkan dengan nilai F-Tabel maka HO ditolak, sedangkan untuk parameter *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Infill Overlap* nilai F-Test lebih kecil dengan F-Tabel maka Gagal ditolak, artinya parameter tersebut tidak ada pengaruh terhadap akurasi dimensi. Dari sembilan parameter *Layer Height*, *Infill Speed*, *Speed Perimeters*, *Nozzle*

Temperature, Bed Temperature, Infill Density, Fan Speed, Flow Rate, Infill Overlap dapat dilihat level mana yang paling berpengaruh terhadap keakurasian dimensi dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Perbandingan level dari *Layer Height* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Layer</i>			
<i>Height</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
0,28	9	-19,95	A
0,20	9	-19,96	A
0,24	9	-20,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Layer Height</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Adjusted T-Value</i>	<i>P-Value</i>
0,24	-0,03333	0,006930	-4,810	0,0034
0,28	0,01519	0,006930	2,192	0,1326

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.24 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Layer Height* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (0,28mm) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.25 Perbandingan level dari *Infill Speed* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Infill</i>			
<i>Speed</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
40	9	-19,96	A
45	9	-19,97	A
50	9	-19,98	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Infill Speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Adjusted T-Value</i>	<i>P-Value</i>
45	-0,01126	0,006930	-1,624	0,2907
50	-0,01639	0,006930	-2,365	0,1030

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.25 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Infill Speed* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi

adalah level satu (40mm/s) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.26 Perbandingan level dari *Speed Perimeters* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Speed</i>			
<i>Perimeters</i>	N	Mean	Grouping
40	9	-19,96	A
45	9	-19,97	A B
50	9	-19,98	B

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Speed Perimeters</i>	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
45	-0,01576	0,006930	-2,274	0,1177
50	-0,02138	0,006930	-3,085	0,0358

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.26 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Speed Perimeters* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (40mm/s) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.27 Perbandingan level dari *Nozzle temperature* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Nozzle</i>			
<i>Temperature</i>	N	Mean	Grouping
240	9	-19,96	A
250	9	-19,97	A
245	9	-19,98	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Nozzle Temperature</i>	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
245	-0,01197	0,006930	-1,727	0,2540
250	-0,00596	0,006930	-0,860	0,6788

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.27 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Nozzle temperature* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (240°C) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.28 Perbandingan level dari *Bed temperature* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Bed</i>			
<i>Temperature</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
100	9	-19,96	A
95	9	-19,97	A
90	9	-19,98	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Bed</i>	<i>Difference</i>	<i>SE of</i>	<i>Adjusted</i>	
<i>Temperature</i>	<i>of Means</i>	<i>Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>
95	0,007520	0,006930	1,085	0,5488
100	0,014696	0,006930	2,121	0,1468

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.28 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Bed temperature* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (100°C) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.29 Perbandingan level dari *Infill Density* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Infill</i>			
<i>Density</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
25	9	-19,97	A
30	9	-19,97	A
20	9	-19,97	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Infill</i>	<i>Difference</i>	<i>SE of</i>	<i>Adjusted</i>	
<i>Density</i>	<i>of Means</i>	<i>Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>
25	0,003767	0,006930	0,54359	0,8525
30	0,000638	0,006930	0,09204	0,9953

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.29 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter Infill Density terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level dua (25%) karena mean pada level dua merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.30 Perbandingan level dari *Fan speed* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Fan speed</i>			
<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>	
5	-19,97	A	
10	-19,97	A	
15	-19,97	A	

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Fan speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
10	-0,001695	0,006930	-0,2445	0,9677
15	-0,001777	0,006930	-0,2564	0,9646

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.30 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Fan speed* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (5%) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.31 Perbandingan level dari *Flow Rate* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Flow Rate</i>			
<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>	
100	-19,97	A	
95	-19,97	A	
90	-19,97	A	

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>flow Rate</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
95	0,002088	0,006930	0,3013	0,9515
100	0,005292	0,006930	0,7636	0,7344

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.31 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *flow rate* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (100%) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.32 Perbandingan level dari *Infill Overlap* terhadap respon S/N Tinggi

<i>Infill</i>			
<i>Overlap</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
5	9	-19,97	A
15	9	-19,97	A
10	9	-19,97	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Infill</i>	<i>Difference</i>	<i>SE of</i>	<i>Adjusted</i>	
<i>Overlap</i>	<i>of Means</i>	<i>Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>
10	-0,004876	0,006930	-0,7036	0,7682
15	-0,000034	0,006930	-0,0049	1,0000

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.32 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *infill Overlap* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (5%) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.33 *Analysis of variance* Diameter Dalam

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
<i>Layer Height</i>	2	0,039805	0,039805	0,019903	17,07	0,001
<i>Infill Speed</i>	2	0,008230	0,008230	0,004115	3,53	0,080
<i>Speed Perimeters</i>	2	0,020015	0,020015	0,010008	8,58	0,010
<i>Nozzle temperature</i>	2	0,022091	0,022091	0,011046	9,47	0,008
<i>Bed temperature</i>	2	0,002136	0,002136	0,001068	0,92	0,438
<i>Infill Density</i>	2	0,001486	0,001486	0,000743	0,64	0,554
<i>Fan speed</i>	2	0,000214	0,000214	0,000107	0,09	0,913
<i>flow rate</i>	2	0,002710	0,002710	0,001355	1,16	0,361
<i>infill Overlap</i>	2	0,003801	0,003801	0,001901	1,63	0,255
<i>Error</i>	8	0,009328	0,009328	0,001166		
Total	26	0,109817				

Berdasarkan tabel 4.33 bahwa hasil anova Diameter Dalam Spesimen didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F test dapat dilihat pada tabel 4.34.

Tabel 4.34 Keputusan Uji Diameter Dalam

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F Tabel (0,05;2,51)	Keputusan Uji
<i>Layer Height</i>	17,07		HO ditolak
<i>Infill Speed</i>	3,53		HO ditolak
<i>Speed Perimeters</i>	8,58		HO ditolak
<i>Nozzle Temperature</i>	9,47	2,51	HO ditolak
<i>Bed Temperature</i>	0,92		Gagal ditolak
<i>Infill Density</i>	0,64		Gagal ditolak
<i>FAN Speed</i>	0,09		Gagal ditolak
<i>Flow Rate</i>	1,16		Gagal ditolak
<i>Infill Overlap</i>	1,63		Gagal ditolak

Dari tabel 4.34 dapat disimpulkan bahwa sembilan parameter *Layer Height*, *Infill Speed*, *Speed Perimeters*, *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Infill Overlap* parameter yang paling berpengaruh yaitu *Layer Height*, *Nozzle Temperature*, *Speed Perimeters*, *Infill Speed*, dan karena nilai F-Test lebih besar dibandingkan dengan nilai F-Tabel maka Gagal HO ditolak, sedangkan untuk parameter *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Infill Overlap* nilai F-Test lebih kecil dengan F-Tabel maka Gagal ditolak, artinya parameter tersebut tidak ada pengaruh terhadap akurasi dimensi. Dari sembilan parameter *Layer Height*, *Infill Speed*, *Speed Perimeters*, *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, *Infill Density*, *Fan Speed*, *Flow Rate*, *Infill Overlap* dapat dilihat level mana yang paling berpengaruh terhadap keakuratan dimensi dapat dilihat pada tabel 4.35.

Tabel 4.35 Perbandingan level dari *Layer Height* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Layer Height</i>			
<i>Height</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
0,20	9	-17,69	A
0,24	9	-17,75	B
0,28	9	-17,78	B

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Layer Height</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
0,24	-0,05895	0,01610	-3,662	0,0156
0,28	-0,09294	0,01610	-5,774	0,0011

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.35 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Layer Height* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (0,20mm) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.36 Perbandingan level dari *Infill Speed* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Infill Speed</i>			
<i>Speed</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>
40	9	-17,72	A
50	9	-17,75	A
45	9	-17,76	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Infill Speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
45	-0,04194	0,01610	-2,605	0,0724
50	-0,02821	0,01610	-1,753	0,2452

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.36 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Infill Speed* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (40mm/s) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.37 Perbandingan level dari *Speed Perimeters* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Speed</i>			
<i>Perimeters</i>	N	Mean	Grouping
45	9	-17,71	A
40	9	-17,74	A B
50	9	-17,78	B

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Speed Perimeters</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
45	0,02852	0,01610	1,772	0,2389
50	-0,03795	0,01610	-2,357	0,1042

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.37 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Speed Perimeters* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level dua (45mm/s) karena mean pada level dua merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.38 Perbandingan level dari *Nozzle temperature* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Nozzle</i>			
<i>Temperature</i>	N	Mean	Grouping
250	9	-17,71	A
245	9	-17,74	A B
240	9	-17,78	B

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Nozzle Temperature</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
245	0,03854	0,01610	2,395	0,0987
250	0,06994	0,01610	4,345	0,0062

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.38 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Nozzle temperature* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (250°C) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.39 Perbandingan level dari *Bed temperature* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Bed</i>			
<i>Temperature</i>	N	Mean	Grouping
100	9	-17,74	A
95	9	-17,74	A
90	9	-17,75	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Bed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Adjusted T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
95	0,01848	0,01610	1,148	0,5137
100	0,01923	0,01610	1,195	0,4885

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.39 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Bed temperature* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (100°C) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.40 Perbandingan level dari *Infill Density* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Infill</i>			
<i>Density</i>	N	Mean	Grouping
30	9	-17,73	A
20	9	-17,74	A
25	9	-17,75	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>Infill</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>Adjusted T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
25	-0,01114	0,01610	-0,6921	0,7746
30	0,00686	0,01610	0,4263	0,9058

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.40 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *Infill Density* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (30%) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.41 Perbandingan level dari *Fan speed* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Fan speed</i>			
<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>	
5	-17,74	A	
10	-17,74	A	
15	-17,74	A	

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>Fan speed</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
10	-0,005642	0,01610	-0,3505	0,9351
15	-0,006265	0,01610	-0,3892	0,9207

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.41 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *FAN speed* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level satu (5%) karena mean pada level satu merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.42 Perbandingan level dari *Flow Rate* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Flow Rate</i>			
<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Grouping</i>	
100	-17,73	A	
95	-17,74	A	
90	-17,75	A	

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests

<i>Flow Rate</i>	<i>Difference of Means</i>	<i>SE of Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>Adjusted P-Value</i>
95	0,01241	0,01610	0,7707	0,7303
100	0,02454	0,01610	1,5245	0,3305

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.42 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *flow rate* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (100%) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

Tabel 4.43 Perbandingan level dari *Infill Overlap* terhadap respon S/N Diameter Dalam

<i>Infill</i>			
<i>Overlap</i>	N	Mean	Grouping
15	9	-17,73	A
10	9	-17,74	A
5	9	-17,76	A

Means that do not share a letter are significantly different.

<i>Tukey Simultaneous Tests</i>				
<i>infill</i>	<i>Difference</i>	<i>SE of</i>	<i>Adjusted</i>	
<i>Overlap</i>	<i>of Means</i>	<i>Difference</i>	<i>T-Value</i>	<i>P-Value</i>
10	0,02142	0,01610	1,331	0,4187
15	0,02772	0,01610	1,722	0,2554

Sumber : Hasil Perhitungan *software*

Dari tabel 4.43 dapat dilihat bahwa ketiga level parameter *infill Overlap* terhadap respon variabel S/N yang paling baik terhadap nilai keakurasian dimensi adalah level tiga (15%) karena mean pada level tiga merupakan nilai mean yang tertinggi.

4.4 Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh. Hal ini dilakukan dengan membandingkan hasil rata-rata akurasi dimensi “ Diameter Luar, Tinggi dan Diameter Dalam” awal dengan rata-rata hasil akurasi dimensi uji konfirmasi. Uji konfirmasi dilakukan dengan menggunakan kombinasi *setting* parameter proses yang optimal sesuai pengukurannya.



Gambar 4.10 Spesimen Uji Konfirmasi Diameter Luar

Tabel 4.44 Hasil Uji Konfirmasi Diameter Luar

Diameter Luar				
Eksperimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Rata-Rata
Kombinasi awal	9,889	9,893	9,902	9,895
Kombinasi optimum	9,986	9,994	9,969	9,983

Pada gambar 4.10 merupakan spesimen uji konfirmasi yang akan diukur diameter luar dan pada tabel 4.44 menunjukkan hasil uji konfirmasi diameter luar spesimen dengan menggunakan parameter proses optimal yang terdapat pada gambar 4.5. parameter optimal yang digunakan yaitu *speed perimeters* (40mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Layer Height* (0,28mm), *Fan Speed* (10%), *Flow Rate* (90%), *Bed Temperature* (95°C), *Infill Density* (25%), *Infill Overlap* (10%), *Nozzle Temperature* (240°C).



Gambar 4.11 Spesimen Uji Konfirmasi Tinggi Spesimen

Tabel 4.45 Hasil Uji Konfirmasi Tinggi Spesimen

Tinggi Spesimen				
Eksperimen	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Rata-Rata
Kombinasi awal	9,966	9,966	9,966	9,966
Kombinasi optimum	9,971	9,980	9,966	9,972

Pada gambar 4.11 merupakan spesimen uji konfirmasi yang akan diukur tinggi spesimen dan pada tabel 4.45 menunjukkan hasil uji konfirmasi tinggi spesimen dengan menggunakan parameter proses optimal yang terdapat pada

gambar 4.7. parameter optimal yang digunakan yaitu *Layer Height* (0,28mm), *speed perimeters* (40mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Bed Temperature* (100°C), *Nozzle Temperature* (240°C), *Flow Rate* (100%), *Infill Overlap* (5%), *Infill Density* (25%), *Fan Speed* (5%).



Gambar 4.12 Spesimen Uji Konfirmasi Diameter Dalam

Tabel 4.46 Hasil Uji Konfirmasi Diameter Dalam

Eksperimen	Diameter Dalam			Rata-Rata
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
Kombinasi awal	7,714	7,708	7,711	7,711
Kombinasi optimum	7,800	7,780	7,813	7,798

Pada gambar 4.12 merupakan spesimen uji konfirmasi yang akan diukur diameter dalam dan pada tabel 4.46 menunjukkan hasil uji konfirmasi diameter dalam dengan menggunakan parameter proses optimal yang terdapat pada gambar 4.9. parameter optimal yang digunakan yaitu *Layer Height* (0,20mm), *Nozzle Temperature* (250°C), *Speed Perimeters* (45mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Infill Overlap* (15%), *Flow Rate* (100%), *Bed Temperature* (100°C), *Infill Density* (30%), *Fan Speed* (5%).

Tabel 4.47 Perbandingan Bentuk Pejal Dan Pipa Dengan Toleransi $\pm 0,5$ mm

Diameter Luar						
Bentuk	Spesi men 1	Spesi men 2	Spesi men 3	Rata- rata	Total Rata-rata Diameter luar	Deviasi
Pipa	9,986	9,994	9,969	9,983	9,986	0,017
Pejal	9,997	9,982	9,988	9,989		0,014
						0,011

Pada tabel 4.47 bahwa hasil perbandingan bentuk pejal dengan bentuk pipa dengan $\varnothing 10$ mm mendapatkan selisih 0,017 mm untuk bentuk pipa dan untuk bentuk pejal mendapatkan selisih 0,011 mm sedangkan pada total rata-rata diameter luar mendapatkan selisih 0,014 mm.

Tabel 4.48 Perbandingan Bentuk Pejal Dan Pipa Dengan Toleransi $\pm 0,5$ mm

Tinggi spesimen						
Bentuk	Spesi men 1	Spesi men 2	Spesi men 3	Rata- Rata	Total Rata-rata Tinggi	Deviasi
Pipa	9,971	9,980	9,966	9,972	9,966	0,028
Pejal	9,955	9,962	9,977	9,965		0,034
						0,035

Pada tabel 4.48 bahwa hasil perbandingan bentuk pejal dengan bentuk pipa dengan $\varnothing 10$ mm mendapatkan selisih 0,028 mm untuk bentuk pipa dan untuk bentuk pejal mendapatkan selisih 0,035 mm sedangkan pada total rata-rata tinggi spesimen mendapatkan selisih 0,034 mm.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan parameter proses yang optimal diameter luar spesimen yaitu *speed perimeters* (40mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Layer Height* (0,28mm), *Fan Speed* (10%), *Flow Rate* (90%), *Bed Temperature* (95°C), *Infill Density* (25%), *Infill Overlap* (10%), *Nozzle Temperature* (240°C) dengan nilai uji 9,983 mm. Nilai parameter optimal tinggi spesimen yaitu *Layer Height* (0,28mm), *speed perimeters* (40mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Bed Temperature* (100°C), *Nozzle Temperature* (240°C), *Flow Rate* (100%), *Infill Overlap* (5%), *Infill Density* (25%), *Fan Speed* (5%) dengan nilai uji 9,972 mm. Nilai parameter proses yang optimal untuk diameter dalam yaitu *Layer Height* (0,20mm), *Nozzle Temperature* (250°C), *Speed Perimeters* (45mm/s), *Infill Speed* (40mm/s), *Infill Overlap* (15%), *Flow Rate* (100%), *Bed Temperature* (100°C), *Infill Density* (30%), *Fan Speed* (5%) dengan nilai uji 7,798 mm.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian penulis menyampaikan beberapa saran yang bisa menunjang penelitian selanjutnya supaya hasil penelitian selanjutnya lebih baik yaitu :

1. Parameter prosesnya dapat dikembangkan lagi atau menggunakan lebih banyak parameter proses dari peneliti terdahulu.
2. Untuk kedepannya pencetakan spesimen akurasi dimensi untuk memvariasi bentuk spesimen selain kubus dan bulat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adherisma Analisis Pengendalian Kualitas Proses Stamping Part 16334sf Dengan Penerapan Metode Taguchi Di Pt. Surya Toto Indonesia, Tbk [Jurnal] // Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri. - 2018.
- Basavaraj C. K., Dan Vishwas, M *Sstudies On Effect Of Fused Deposition Modelling Process Parameters On Ultimate Tensile Strenght And Dimensional Accuracy Of Nylon [Jurnal] // Materials Scienceand Engineering.* - 2017. - Hal. 1-12.
- Dian Ridlo Pamuji Optimasi Multi Respon Menggunakan Metode Taguchi Grey-Fuzzy Pada Proses *End Milling Material Assab Xw-42 Dengan Pendinginan Nitrogen Cair [Jurnal] // Master Program Field Study Of Engineering And Manufacturing System Departement Of Mechanical Engineering Faculty Of Industrial Technology Sepuluh Nopember Institute Of Technology Surabaya.* - 2015.
- Galantucci L. M., Bodi, I., Kacani, J., & Lavecchia, F *Analysis Of Dimensional Performance For A 3d Open-Source Printer Based On Fused Deposition Modeling Technique [Jurnal] // Procedia CIRP.* - 2015. - Hal. 82-87.
- Hasdiansah, Masdani, Indra Feriadi, Pristiansyah Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi Pla Food Grade Menggunakan Metode Taguchi [Jurnal] // Prosiding Seminar Nasional NCIET. - 2020.
- Lanaro M., Forrestal, D. P., Scheurer, S., Slinger, D. J., Liao, S., Powell, S. K., & Woodruff, M. A. *3d Printing Complex Chocolate Objects:Platform Design,Optimiziation And Evaluation [Jurnal] // Journal Of Food Engineering .* - 2017. - Hal. 13-22.
- Mantihal S., Prakash, S., Godoi, F. C., & Bhandari, B *Optimization Of Chocolate 3d Printing By Correlating Thermal And Flow Properties With 3d Structure Modeling [Jurnal] // Innovative Food Science & Emerging Technologies .* - 2017. - Hal. 21-29.
- Mpik Material Printer 3D ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) [Jurnal] // Dipetik 2021, Dari Indoprinter3d: [Http://Indoprinter3d.Com/](http://indoprinter3d.com/). - 2017.
- Pristiansyah, Hasdiansah, Sugiyarto Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex [Jurnal] // Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur. - 2019.

Setiawan Satria Yudha Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Proses Ekstrusi Di Mesin Printer 3D [Jurnal]. - 2019.

Tanoto Y Y.,Anggono, J.,Siahaan,I H.,& Budiman, W The Effect Of Orientation Difference In Fused Deposition Modeling Of ABS Polymer On The Processing Time, Dimension Accuracy, And Strength [Jurnal] // Doi:10.1063/1.4968304. - 2017.



Lampiran 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Reza Dwi Putra
Tempat & Tanggal lahir : Sungailiat 07 November 2000
Alamat : JL Sinar Raya Desa
Sempan, Kec. Pemali
Kabupaten Bangka , Prov. Bangka
Belitung.
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 085896293383
E-mail : rezadputra13@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 4 Sempan Lulus Tahun 2012
SMP NEGERI 3 Pemali Lulus Tahun 2015
SMA NEGERI 1 Pemali Lulus Tahun 2018
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGRI BANGKA BELITUNG

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 21 Januari 2022

Reza Dwi Putra

Lampiran 2

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

Dimana :

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

Perhitungan S/N Ratio Diameter Luar

$$S/N = -10 \text{ LOG} \left(\frac{1}{3} (9,750^2) + (9,790^2) + (9,790^2) \right) = -19,8038$$

1	9,750	9,790	9,790	-19,8038
2	9,816	9,760	9,858	-19,8346
3	9,805	9,985	10,038	-19,9505
4	10,073	10,035	10,033	-20,0407
5	9,907	9,972	9,981	-19,9594
6	9,995	9,945	9,984	-19,978
7	9,935	9,928	9,896	-19,93
8	9,918	9,912	9,904	-19,9226
9	9,954	9,906	9,932	-19,9396
10	9,921	9,911	9,951	-19,937
11	9,958	9,888	9,872	-19,918
12	9,942	9,928	9,903	-19,934
13	9,910	9,904	9,963	-19,9352
14	9,909	9,934	9,881	-19,9197
15	9,873	9,896	9,879	-19,8975
16	9,897	9,896	9,891	-19,908
17	9,870	9,849	9,829	-19,8681
18	9,866	9,861	9,848	-19,8761
19	9,804	9,866	9,834	-19,8552
20	9,831	9,846	9,875	-19,8693
21	9,786	9,807	9,796	-19,8213
22	9,926	9,835	9,865	-19,8911
23	9,806	9,850	9,892	-19,8682
24	9,815	9,841	9,856	-19,8576
25	9,891	9,917	9,921	-19,9212
26	9,917	9,930	9,920	-19,9323
27	9,931	9,922	9,960	-19,9457

Perhitungan S/N Ratio Tinggi spesimen

$$S/N = -10 \text{ LOG}(1/3 (9,953^2) + (9,953^2) + (9,913^2)) = -19,9475$$

1	9,953	9,953	9,913	-19,9475
2	9,920	9,900	9,957	-19,9352
3	9,880	9,917	9,953	-19,9274
4	9,957	10,000	10,003	-19,9884
5	9,967	9,960	9,967	-19,9693
6	9,940	9,957	9,997	-19,9693
7	9,967	9,987	9,977	-19,98
8	10,010	9,957	9,973	-19,9826
9	9,960	9,953	10,013	-19,9786
10	9,997	10,040	9,987	-20,007
11	10,020	10,030	9,933	-19,9952
12	9,987	9,977	9,943	-19,973
13	10,043	9,960	9,997	-20,0001
14	9,980	9,997	10,030	-20,002
15	10,010	10,047	9,963	-20,0058
16	10,017	10,000	9,993	-20,0029
17	10,000	9,980	10,000	-19,9942
18	10,003	10,023	9,967	-19,998
19	9,963	9,947	9,920	-19,9507
20	9,937	9,947	9,950	-19,9518
21	9,973	9,913	9,983	-19,962
22	9,977	9,930	9,960	-19,9614
23	9,883	9,913	9,960	-19,9291
24	9,897	9,930	9,917	-19,9256
25	9,950	9,970	9,947	-19,9614
26	9,990	9,947	9,967	-19,9722
27	9,910	9,940	9,900	-19,9273

Perhitungan S/N Ratio Diameter Dalam

$$S/N = -10 \text{ LOG}(\sqrt[1/3]{(7,800^2) + (7,670^2) + (7,700^2)}) = -17,7563$$

1	7,800	7,670	7,700	-17,7563
2	7,637	7,710	7,690	-17,7062
3	7,623	7,570	7,670	-17,6404
4	7,710	7,613	7,550	-17,6444
5	7,653	7,607	7,660	-17,6619
6	7,667	7,720	7,690	-17,7212
7	7,670	7,680	7,657	-17,6948
8	7,700	7,697	7,683	-17,7223
9	7,667	7,613	7,673	-17,6744
10	7,670	7,690	7,677	-17,7061
11	7,647	7,630	7,630	-17,6569
12	7,623	7,570	7,620	-17,6213
13	7,727	7,813	7,853	-17,8395
14	7,833	7,720	7,813	-17,8294
15	7,823	7,813	7,787	-17,8504
16	7,727	7,767	7,737	-17,779
17	7,707	7,693	7,647	-17,7099
18	7,717	7,740	7,723	-17,7599
19	7,743	7,783	7,730	-17,7883
20	7,773	7,803	7,753	-17,8155
21	7,693	7,780	7,750	-17,776
22	7,767	7,717	7,733	-17,7737
23	7,733	7,690	7,747	-17,7561
24	7,687	7,757	7,757	-17,7678
25	7,703	7,807	7,800	-17,8086
26	7,790	7,693	7,713	-17,766
27	7,780	7,767	7,757	-17,8062

Lampiran 3

Nilai F Tabel

df	v1																			
v2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246	246	247	247	248	248
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
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
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	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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



User name:
Nassey

Check ID:
59292003

Check date:
19.01.2022 14:25:59 WIB

Check type:
Doc vs Internet

Report date:
19.01.2022 14:27:14 WIB

User ID:
114108

File name: **cek plagiat reza**

Page count: **56** Word count: **11205** Character count: **72614** File size: **2.64 MB** File ID: **70250315**

18.5% Matches

Highest match: **4.2%** with Internet source (<http://ncat.us/files/reports/2012/rep12-02.pdf>)

18.5% Internet sources 703

Page 58

No Library search was conducted

0% Quotes

Exclusion of quotes is off

Exclusion of references is off

0% Exclusions

No exclusions




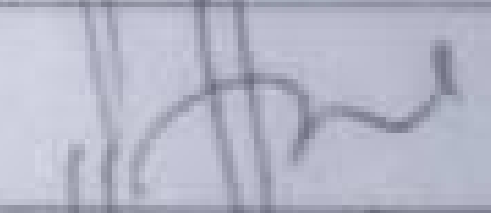









Modifind

Text modifications detected. Find more details in the online report.

Replaced characters 3


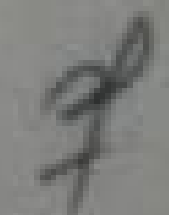
FORM-PPR-3-4: Bimbingan Proyek Akhir

		FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022	
JUDUL	OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERMAKAP AKURASI: DIMENSI FILAMENT ABS DENGAN MENGGUNAKAN METAL TAGUCHI		
Nama Mahasiswa	Reza Dwi Putra NIRM: 1041822		
Nama Pembimbing	1. <u>Rafly Situngkir Sutan, S.E.T.M.T</u> 2. <u>Wahdiansah, S.E.T, M.Eng</u> 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	3-8-2021	Membahas tentang Parameter 3D Print	
2	24-8-2021	Membahas tentang Metal Taguchi	
3	29-8-2021	Membahas tentang Penggunaan SD Print	
4	23-10-2021	Membahas tentang Lembar Durnal	
5	12-11-2021	Membahas tentang S/N Ratio	
6	23-11-2021	Membahas tentang error dan uji konfirmasi	
7	7-12-2021	Membahas tentang tulisan	
8	15-12-2021	Membahas tentang scaner	
9	28-12-2021	Membahas tentang uji Konfirmasi	
10	7/01/2022	Membahas tentang Silang	

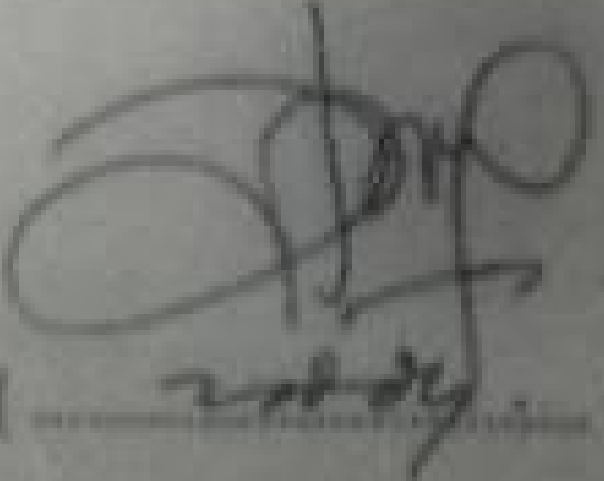
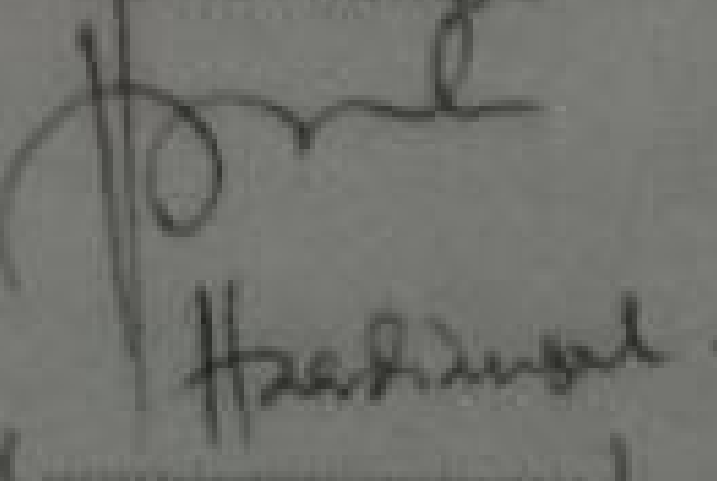
Catatan:

- 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		Definisi Parameter Proses 3D Printing material akurasi printer menggunakan filamen ABS dengan metode teguhan	
Nama Mahasiswa		1. Rida Auri Putra /NIRM: 109022 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	11/11 2021	uji konfirmasi dan kesimpulan 90%	

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

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....)	Pembimbing 2  (.....)	Pembimbing 3 (.....)

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK
2021 / 2022

JUDUL : Optimas Parameter Prosg 3D Printing terhadap Akurasi Dimensi Mengguni Kan Filamen ABS Dengan Metode Taguchi

Nama Mahasiswa :
 1. _____ NIRM: _____
 2. Raka Dwi Putra NIRM: _____
 3. _____ NIRM: 1041822
 4. _____ NIRM: _____
 5. _____ NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>Lampiran. bag sample.</u>	<u>9.37</u>
<u>Revisi, gagal : otok</u>	<u>94</u>

Sunggailiat, 2 Jan 2022....
 Penguji
[Signature]
[Signature]

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p>Mengetahui, Pembimbing</p> <p><u>[Signature]</u></p>	<p>Sunggailiat, <u>5 Feb 2022</u> Penguji</p> <p><u>[Signature]</u></p>
---	--



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : Optimasi Parameter Proses 3D Printing terhadap
Skoransi Dimensi menggunakan Filamen ABS
dengan metode Taguchi

Nama Mahasiswa :
1. Reta Dwi Putra NIRM: 1041822
2. _____ NIRM: _____
3. _____ NIRM: _____
4. _____ NIRM: _____
5. _____ NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
- <u>latihan uji lampiran dan buku</u> <u>pejal</u>	
- <u>tempalte kepetelan toleransi benda</u> <u>uji</u>	

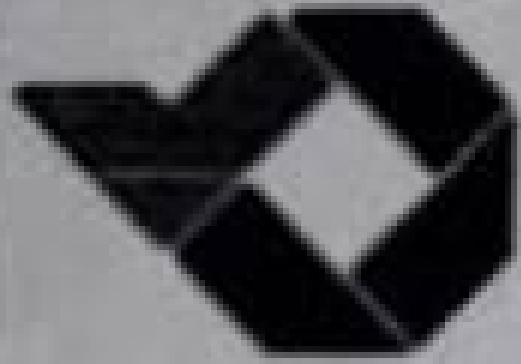
Sungailiat, _____

Penguji
[Signature]
(Erwin Sya)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing
[Signature]
([Name])

Sungailiat, 5-7-2023
Penguji
[Signature]
(_____)




FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : Optimasi Parameter Proses 3D Printing Himpunan
Busbar Dimeri menggunakan Filamen ABS
dengan Metode Taguchi

Nama Mahasiswa :
1. Alza Dwi Putra NIRM: 1041822
2. _____ NIRM: _____
3. _____ NIRM: _____
4. _____ NIRM: _____
5. _____ NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>Revisi dan di Makalah 1</u>	

Sunggailiat, 26.01.2022.

Penguji


Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui,
Pembimbing


Sunggailiat, _____
Penguji
