

## Optimasi Parameter Proses di Mesin 3d Printing Jenis Fused Deposition Modeling (FDM) dengan Filamen Abs pada Produk Poros Berpasangan menggunakan Metode Taguchi

Otto Purnawarman, Mohammad Vidy Averous

Politeknik Manufaktur Bandung

Email: [ottopur@gmail.com](mailto:ottopur@gmail.com)

---

### Informasi Artikel:

*Received:*  
27 Maret 2023

*Accepted:*  
1 April 2023

*Available:*  
15 Mei 2023

---

### ABSTRAK

Untuk membuat suatu produk tunggal yang bersifat custom dapat memanfaatkan metode *additive manufacturing*. Salah satu teknologinya adalah 3D *printing*. Mesin 3D Printing yang sering dijumpai di pasaran adalah berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM). FDM adalah metode *additive manufacturing* dimana menggunakan konsep penambahan layer atau material setiap layer. Salah satu bahan utama dalam proses 3D *printing* adalah filamen ABS. FDM memiliki kelemahan yaitu jika ingin membuat produk yang berpasangan dan memiliki toleransi akan sulit karena permukaan yang dihasilkan akan terlihat memiliki garis yang menunjukkan batas antar layer. Bentuk tersebut dipengaruhi oleh parameter yang terdapat pada mesin FDM. Maka diperlukan variasi parameter agar produk hasil 3D *printing* dapat berpasangan. Metode Taguchi digunakan untuk mendapatkan variasi parameter yang optimum serta memakai analisis ANOVA untuk mengetahui faktor apa yang berpengaruh pada respon penyusutan terhadap toleransi khusus. Kombinasi parameter optimum pada respon penyusutan/ penyimpangan terhadap toleransi khusus pada diameter bagian dalam yaitu *nozzle temperature* 230, *print speed* 70 dan *layer height* 0.20. Dan pada diameter bagian luar yaitu *nozzle temperature* 250, *print speed* 90 dan *layer height* 0,2.

---

### Kata Kunci:

3D Print  
FDM  
Metode Taguchi  
ANOVA  
Optimasi

---

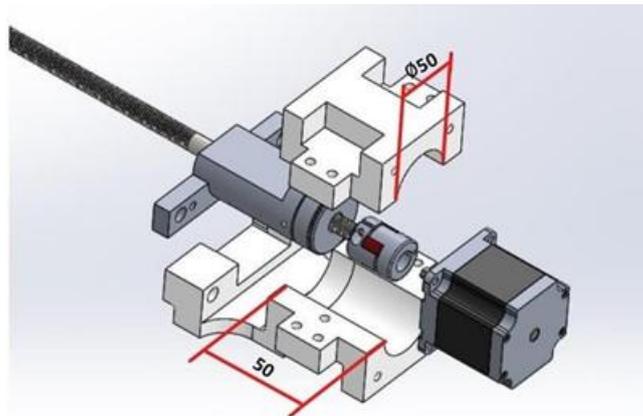
### ABSTRACT

*Making customizing single product, we can use the additive manufacturing method. One of the additive manufacturing technologies is 3D printing. 3D Printing machines which often found on the market are Fused Deposition Modeling (FDM) technology. The fused deposition method or FDM is an additive manufacturing method which uses the concept of adding layers or materials to each layer. One of the main materials in the 3D printing process is ABS filament. However, the 3D Printing machine with FDM technology has a weakness, if you want to make products that are paired and have tolerances it will be difficult because the surface will appear to have lines that show the boundaries between layers. These lines are influenced by the parameters contained in 3D Printing. The Taguchi method is used to obtain optimum parameter variations and uses ANOVA analysis to determine what factors influence the shrinkage response to specific tolerances. The optimum combination of parameters on the shrinkage/deviation response to special tolerances on the inside diameter, namely nozzle temperature 230, print speed 70 and layer height 0.20. And on the outside diameter, namely the nozzle temperature is 250, the print speed is 90 and the layer height is 0.2.*

## 1. PENDAHULUAN

Di dunia industri manufaktur sering kali dibutuhkan komponen tunggal berbahan plastik dimana hanya membutuhkan satu atau beberapa produk yang digunakan tanpa perlu di produksi massal dan bersifat *custom*. Pada umumnya teknologi *additive manufacturing* adalah solusi untuk memenuhi permintaan produk berbahan plastik yang bersifat *custom design*. Salah satu teknologi *additive manufacturing* adalah *3D printing* dan salah satu jenisnya menggunakan dengan teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM). FDM adalah metode *additive manufacturing* yang menggunakan konsep penambahan layer atau lelehan material setiap layer dengan memanfaatkan filamen yang terbuat dari kawat plastik.

Selain mempunyai banyak manfaat mesin berteknologi FDM memiliki kelemahan yaitu dalam membuat produk yang berpasangan dan memiliki toleransi akan sulit dilakukan karena permukaan yang dihasilkan akan terlihat memiliki garis yang menunjukkan batas antar layer, sehingga akan terasa kasar apabila diraba. Kekasaran permukaan tersebut dipengaruhi oleh parameter-parameter yang terdapat pada mesin FDM, seperti *Nozzle Temperature*, *Print Speed*, *Layer Height* dan lain-lain. Parameter-parameter tersebut tidak memiliki nilai pasti dalam mempengaruhi proses kerjanya, karena pada penyetelan di mesin hanya berupa nilai rentang sehingga dibutuhkan pencarian nilai yang tepat untuk mendapatkan hasil produk yang maksimal dan perlu dicari toleransi yang tepat agar produk hasil *3D printing* ini dapat berpasangan berbasis lubang secara *sliding*. Jika permukaan produk yang dihasilkan tidak maksimal maka dimensi benda kerja yang dihasilkan tidak akan sesuai dengan ukuran dimensi yang sudah dirancang dan produk tersebut tidak akan memenuhi fungsi yang diinginkan. Contoh kasus adalah pembuatan konstruksi dudukan motor stepper yang setangkup dan dipersyaratkan produk *3D printing*.

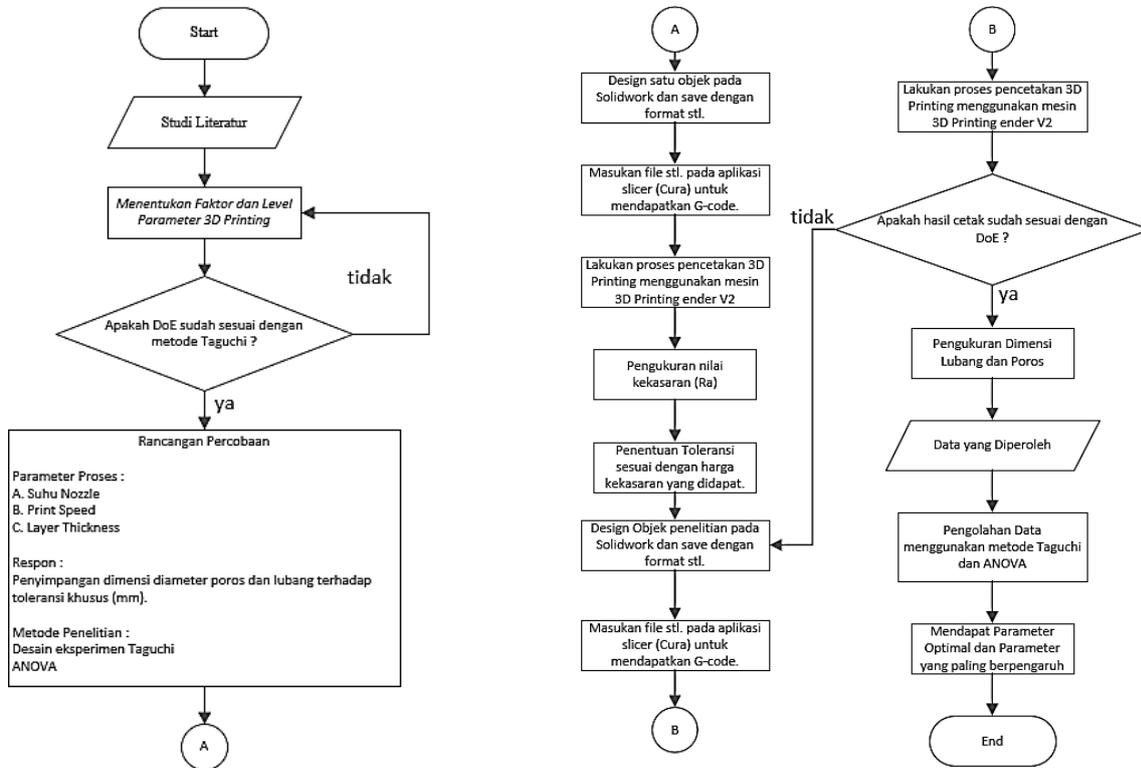


Gambar 1.1 Dudukan Penempat Motor Stepper

Pada operasi mesin FDM dapat digunakan beberapa filamen yang cocok diantaranya adalah polylactic acid (PLA), acrylonitrile butadiene styrene (ABS), nylon, polyethylene terephthalate glycol (PETG) dan polycarbonate (PC). Untuk percobaan ini digunakan filamen dengan jenis acrylonitrile butadiene styrene (ABS) karena menurut website DigiWare permukaan dari filamen ABS dapat diperhalus menggunakan cairan acetone. Namun pada penelitian ini pendekatan kekasaran permukaan dilakukan menggunakan metode optimasi

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

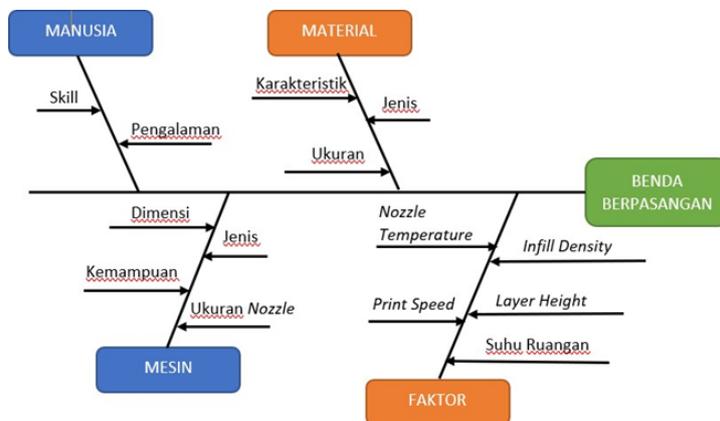
Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen Taguchi untuk mendapatkan parameter proses yang optimal agar hasil akhir produk dapat berpasangan. Tahapan proses penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar.



Gambar 2.1 Metodologi Penelitian

### 2.1 Pemilihan Faktor

Untuk mendapatkan faktor kontrol dan *noise* dalam penelitian ini dilakukan *brainstorming* dengan cara menanyakan kepada pihak pemesan dan dari literasi faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kualitas hasil 3D-*printing*. Setelah mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh kemudian di definisikan menggunakan diagram fishbone (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Diagram Fishbone

## Optimasi Parameter Proses di Mesin 3D Printing Jenis Fused Deposition Modeling (FDM) dengan Filamen ABS pada Produk Poros Berpasangan menggunakan Metode Taguchi

Dalam diagram fishbone terdapat 2 jenis faktor yaitu faktor yang dapat dikendalikan dan faktor yang tidak dapat dikendalikan. Dapat dilihat dalam diagram fishbone tersebut faktor yang dapat dikendalikan yaitu *nozzle temperature*, *print speed* dan *layer height* dan factor yang tidak dapat dikontrol atau *noise factor* yaitu suhu ruangan. Maka ketiga faktor yang dapat dikendalikan tersebut dipilih sebagai faktor dalam penelitian ini.

### 2.2 Penentuan Level Eksperimen

Pemilihan faktor dan level eksperimen ditentukan berdasarkan studi Pustaka, spesifikasi mesin 3D printing dan spesifikasi filamen yang dipakai yaitu ABS. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *nozzle temperature* (°C), *print speed* (mm/s), dan *layer height* (mm). Nilai level dan parameter proses yang diuji pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor dan Level

Faktor	Parameter Proses	Level		
		1	2	3
A	Nozzle Temperature	230	240	250
B	Print Speed	50	70	90
C	Layer Height	0.20	0.24	0.3

### 2.3 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan *Design of Experiment* dengan metode Taguchi karena dapat mengurangi jumlah percobaan serta mendapatkan hasil yang akurat jika dibandingkan dengan metode *Full Factorial*. Metode Taguchi mempunyai keunggulan selain efisien dapat juga mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan melalui perhitungan ANOVA dan rasio S/N, sehingga mudah dianalisis.

### 2.4 Variabel Respon

Variabel respon yang diamati dalam penelitian ini adalah tercapainya diameter poros dan diameter lubang dengan toleransi khusus yang telah dibuat dan dapat berpasangan.

### 2.5 Pengukuran Ra Menggunakan Alat Uji Kekasaran

Sebelum menentukan toleransi, perlu mengetahui harga kekasaran dari spesimen yang akan digunakan sebagai objek penelitian. Setelah melakukan proses uji kekasaran (dalam ukuran mikron) menggunakan alat uji kekasaran Mitutoyo diperoleh hasil pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Hasil Uji Kekasaran

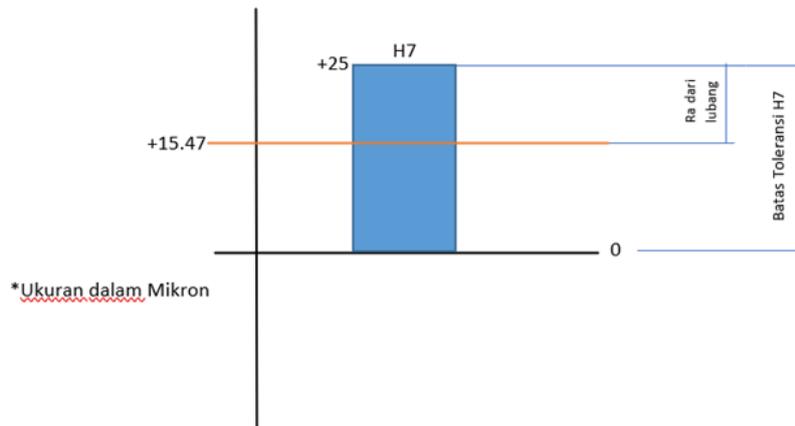
Bagian	Ra	
	Pengukuran (µm)	Rata-Rata
Lubang	I =15.70	15.47
	II=15.24	
Poros	I =12.89	13.4
	II=13.91	

## 2.6 Penentuan Besar Nilai Toleransi

Dalam penentuan besar toleransi untuk ukuran yang digunakan yaitu poros berdiameter 50 mm dan lubang berdiameter 50 mm dengan toleransi khusus berdasarkan harga nilai kekasaran yang sudah diperoleh dilakukan dengan cara berikut ini.

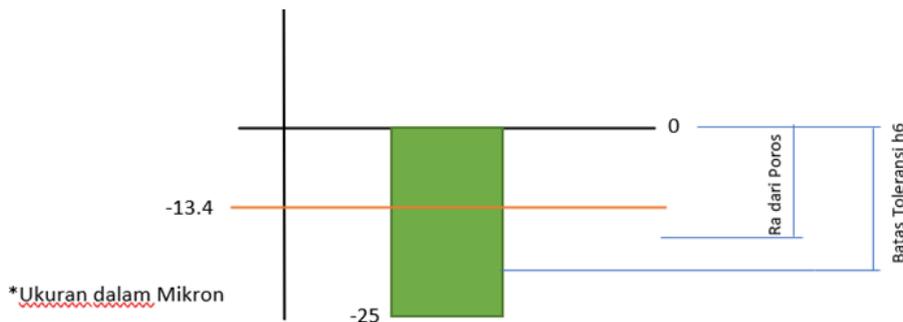
### 2.6.1 Penentuan Toleransi Berbasis Lubang dan Poros

Untuk basis lubang dapat dilihat pada Tabel 2.1., bahwa hasil pengukuran uji kekasaran mendapatkan nilai Ra sebesar  $15.47 \mu\text{m}$ . Nilai Ra tersebut dijadikan batas bawah toleransi pada lubang. Lalu untuk penentuan batas atas toleransi ini ditentukan berdasarkan toleransi suaian h6/H7 yaitu agar dapat berpasangan diberi selisih sebesar  $25 \mu\text{m}$ . Maka ukuran diameter lubang dengan toleransi khusus ditentukan sebesar  $50_{+0.015}^{+0.025}$  mm.



Gambar 2.3 Penentuan toleransi berbasis lubang

Sedangkan untuk basis lubang dapat dilihat pada hasil pengukuran uji kekasaran mendapatkan nilai Ra sebesar  $13.4 \mu\text{m}$ . Nilai Ra tersebut dibulatkan menjadi  $15 \mu\text{m}$  dan dijadikan batas bawah toleransi pada poros. Lalu untuk penentuan batas atas toleransi ini ditentukan berdasarkan toleransi H7/h6 yaitu agar dapat berpasangan diberi diperlukan selisih sebesar  $25 \mu\text{m}$  Maka ukuran diameter poros dengan toleransi khusus ditentukan sebesar  $50_{-0.025}^{-0.015}$  mm.



Gambar 2.4 Penentuan toleransi basis poros

## 2.7 Pemilihan Orthogonal Array

Setelah merancang faktor dan level percobaan maka selanjutnya adalah menentukan *orthogonal array* yang akan digunakan dalam melakukan percobaan. Dalam penentuan *orthogonal array* dilakukan berdasarkan jumlah level dari percobaan atau penelitian, dan dalam percobaan ini mempunyai 3 level. Berikut merupakan tabel standar matriks orthogonal untuk 3 level.

Optimasi Parameter Proses di Mesin 3D Printing Jenis Fused Deposition Modeling (FDM) dengan Filamen ABS pada Produk Poros Berpasangan menggunakan Metode Taguchi

<i>Two-level series</i>	<i>Three-level series</i>	<i>Four-level series</i>	<i>Mixed-level series</i>
$L_4 (2^3)$	$L_9 (3^4)$	$L_{15} (4^5)$	$L_{18} (2^1, 3^7)^\dagger$
$L_8 (2^7)$	$L_{27} (3^{13})$	$L_{64} (4^{21})$	$L_{36} (2^{11}, 3^{12})$
$L_{16} (2^{15})$	$L_{81} (3^{40})$		
$L_{32} (2^{31})$			
$L_{12} (2^{11})^*$			

Gambar 2.5. Orthogonal Array

Setelah menentukan *orthogonal array* maka tahap selanjutnya adalah menghitung derajat kebebasan. Nilai dari derajat kebebasan merupakan jumlah eksperimen yang harus dilakukan dan nilai tersebut akan menjadi acuan untuk memilih *orthogonal array*. Besarnya derajat kebebasan harus sama dengan atau lebih besar dari nilai derajat kebebasan standar *orthogonal array*. Berikut merupakan rumusan perhitungan untuk mencari derajat kebebasan.

$$\begin{aligned} \text{Derajat Kebebasan} &= \text{Jumlah faktor} \times (\text{jumlah level} - 1) \\ &= 3 \times (3 - 1) = 6 \end{aligned} \tag{1}$$

Untuk mendekati nilai derajat kebebasan 6 maka dipilih orthogonal array dari Gambar 2.5. yang terdekat yaitu untuk 3 faktor dan 3 level adalah  $L_9(3^4)$ , melalui perhitungan dibawah ini dimana derajat kebebasan objek sebesar 6 lebih kecil dari standar derajat kebebasan yaitu 8. Dengan dipilihnya ortoghonal aray tersebut maka jumlah percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 9 kali

$$\begin{aligned} \text{Derajat Kebebasan Standar} &= \text{Jumlah faktor} \times (\text{jumlah level} - 1) \\ &= 4 \times (3 - 1) = 8 \end{aligned}$$

Berikut tabel yang menggambarkan urutan percobaan yang dihasilkan dari software aplikasi statistik.

Tabel 2.2 Design Eksperimen  $L_9(3^4)$

<b>Percobaan ke-</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	A1	B1	C1
2	A1	B2	C2
3	A1	B3	C3
4	A2	B1	C2
5	A2	B2	C3
6	A2	B3	C1
7	A3	B1	C3
8	A3	B2	C1
9	A3	B3	C2

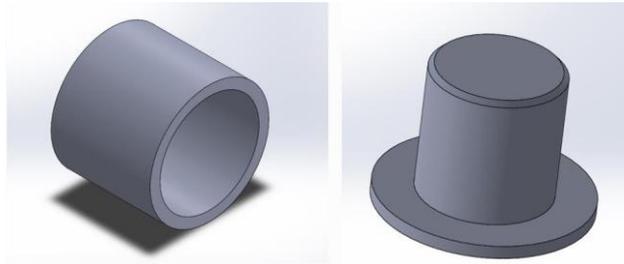
Urutan langkah eksperimen akan dilakukan sesuai tabel diatas. Huruf A,B dan C serta angka 1,2 dan 3 pada tabel diatas akan diubah menjadi parameter proses dan nilai level. Berikut tabel hasil rancangan *orthogonal array* setelah disesuaikan dengan nilai faktor dan level.

Tabel 2.3 Urutan Langkah Percobaan

<b>Percobaan Ke-</b>	<b>Nozzle Temperature</b>	<b>Print Speed</b>	<b>Layer Height</b>
1	205	50	0.20
2	205	70	0.24
3	205	90	0.30
4	240	50	0.24
5	240	70	0.30
6	240	90	0.20
7	250	50	0.30
8	250	70	0.20
9	250	90	0.24

## 2.8 Bahan dan Objek Penelitian

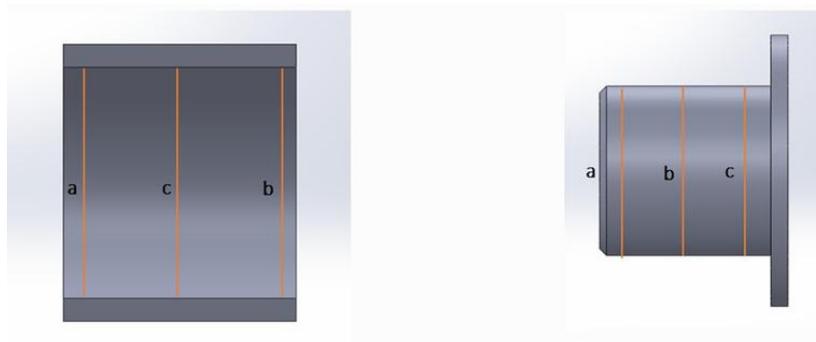
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah filamen acrylonitrile butadiene styrene (ABS) dengan diameter filamen 1.75 mm. Sedangkan objek penelitian dilakukan pada mesin 3D Printing FDM Ender V2 dengan spesimen uji berdimensi poros  $\varnothing 50\text{mm} \times 80\text{mm}$  dan lubang  $\varnothing 50\text{mm}$  dengan toleransi suaian sliding H7/h6 (Gambar 2.5). Hasil dari desain CAD objek penelitian ini disimpan dalam format STL. Lalu diolah dalam software slicing, untuk mengubah objek penelitian menjadi layer by layer dengan variasi faktor dan level untuk menghasilkan G-code yang nantinya akan dibaca oleh mesin FDM untuk proses pencetakan produk sebagai objek penelitian.



Gambar 2.5. Desain Objek Penelitian

## 2.9 Pengukuran Dimensi Produk

Objek penelitian yang sudah dicetak lalu diukur untuk mengetahui tingkat akurasi dari parameter yang digunakan, apakah objek penelitian memenuhi toleransi khusus atau tidak. Pengukuran dimensi spesimen ini menggunakan micrometer dalam maupun luar dengan ketelitian 0.001 mm. Setiap dimensi diukur pada tiga titik yang berbeda. Posisi pengukuran spesimen (objek penelitian) ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Posisi titik pengukuran.

### 3. HASIL DAN PENGOLAHAN DATA

#### 3.1 Proses Pengolahan Data Hasil Eksperimen untuk Diameter Lubang

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh pengaturan parameter proses yang optimal dan berpengaruh terhadap hasil uji menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Pengolahan data pada diameter dalam menggunakan karakteristik kualitas "Smaller is Better" karena semakin kecil nilai penyusutan akan semakin baik.

Tabel 3.1 merupakan tabulasi pengukuran hasil percobaan yang dilakukan untuk menghasilkan spesimen berdiameter 50 mm sesuai langkah urutan yang telah ditentukan pada tabel 2.3. Pada tabel 3.1 hanya menampilkan hasil penyimpangan ukurannya saja.

Tabel 3.1 Hasil pengukuran percobaan-diameter dalam

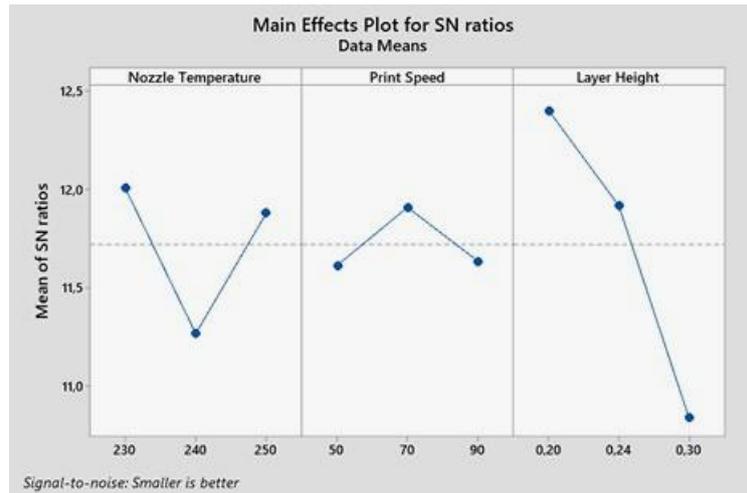
Eksperimen Ke-	Penyimpangan yang Terjadi (mm)		
	1	2	3
1	0.25	0.23	0.23
2	0.225	0.255	0.235
3	0.345	0.27	0.225
4	0.285	0.27	0.255
5	0.31	0.28	0.305
6	0.27	0.255	0.235
7	0.25	0.295	0.305
8	0.255	0.22	0.215
9	0.27	0.245	0.245

Dengan memanfaatkan aplikasi statistik maka data-data diatas diolah menggunakan metode Taguchi sehingga mendapatkan hasil seperti dengan uraian pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan S/N Rasio.

Eksperimen Ke-	Faktor			Y	MSD	S/N Ratio
	Nozzle Temperature	Print Speed	Layer Height			
1	230	50	0.20	0,236667	0,0561	12,5104
2	230	70	0.24	0,238333	0,056958	12,4444
3	230	90	0.30	0,280000	0,08085	10,9232
4	240	50	0.24	0,270000	0,07305	11,3638
5	240	70	0.30	0,298333	0,089175	10,4976
6	240	90	0.20	0,253333	0,064383	11,9123
7	250	50	0.30	0,283333	0,08085	10,9232
8	250	70	0.20	0,230000	0,053217	12,7395
9	250	90	0.24	0,253333	0,064317	11,9168

Langkah selanjutnya yaitu menghitung *main effect* dari tabel 3.2. untuk masing-masing faktor yang digunakan pada proses eksperimen. Dari hasil perhitungan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk diagram, dan berikut gambar 3.1 yang merupakan *main effect plot for S/N Ratio* yang didapatkan.



Gambar 3.1 Main Effects for SN ratios

Jika melihat dari *main effect plot* di atas, parameter yang paling berpengaruh pada respon penyimpangan terkecil terhadap toleransi khusus secara berturut-turut yaitu *nozzle temperature* level 1, *print speed* level 2 dan *layer height* level 1.

### 3.2 Pengolahan Data Hasil Eksperimen untuk Diameter Poros

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh pengaturan parameter proses yang optimal dan berpengaruh terhadap hasil uji menggunakan metode Taguchi dan ANOVA. Pengolahan data pada bagian ini lakukan untuk diameter dalam spesimen. Namun pada kenyataannya walaupun sudah mengoptimasi parameter pada respon diameter lubang dalam, penyusutan masih terbilang besar maka pada diameter luar digunakan karakteristik kualitas "Larger is Better" agar spesimen uji atau produk yang dihasilkan dapat berpasangan.

Tabel dibawah ini merupakan tabulasi hasil percobaan yang dilakukan untuk menghasilkan spesimen berdiameter 50 mm sesuai langkah urutan yang telah ditentukan pada tabel 2.3. Pada tabel 3.3 hanya menampilkan hasil penyimpangan ukurannya saja

Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Percobaan-diameter luar

Eksperimen Ke-	Penyimpangan yang Terjadi (mm)		
	1	2	3
1	0,225	0,296	0,275
2	0,343	0,181	0,241
3	0,254	0,260	0,260
4	0,209	0,332	0,320
5	0,200	0,288	0,330
6	0,285	0,288	0,317
7	0,270	0,271	0,254
8	0,260	0,318	0,457
9	0,199	0,282	0,375

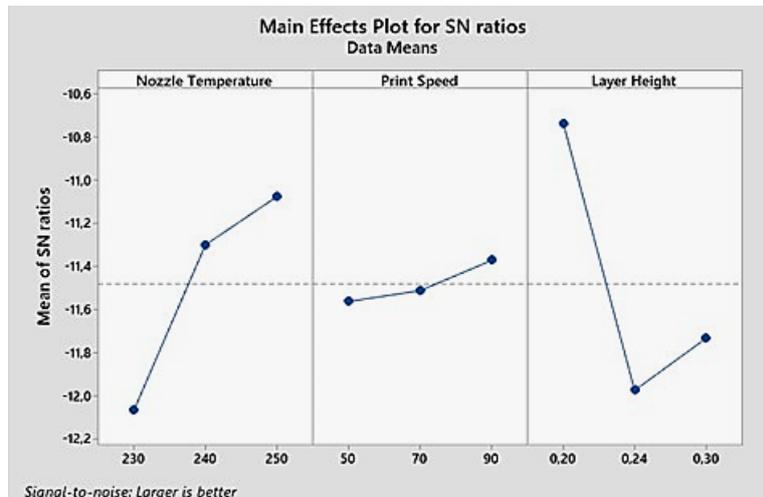
Dengan memanfaatkan aplikasi statistik maka data-data diatas diolah menggunakan metode Taguchi sehingga mendapatkan hasil seperti dengan uraian pada tabel 3.4.

Optimasi Parameter Proses di Mesin 3D Printing Jenis Fused Deposition Modeling (FDM) dengan Filamen ABS pada Produk Poros Berpasangan menggunakan Metode Taguchi

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan S/N ratios

Eksperimen Ke-	Faktor			Y	MSD	S/N Ratio
	Nozzle Temperature	Print Speed	Layer Height			
1	230	50	0.20	0,265333	14,79656	-11,7016
2	230	70	0.24	0,255000	18,7471	-12,7293
3	230	90	0.30	0,258000	15,02861	-11,7692
4	240	50	0.24	0,287000	13,91044	-11,4334
5	240	70	0.30	0,272667	15,41302	-11,8789
6	240	90	0.20	0,296667	11,43972	-10,5842
7	250	50	0.30	0,265000	14,27794	-11,5467
8	250	70	0.20	0,345000	9,823299	-9,92257
9	250	90	0.24	0,285333	14,97927	-11,7549

Langkah selanjutnya yaitu menghitung *main effect* dari tabel untuk masing-masing faktor yang digunakan pada proses eksperimen. Dari perhitungan maka dapat digambarkan dalam bentuk diagram, berikut merupakan *main effect plot for S/N Ratio* yang didapatkan.



Gambar 3.2 Main Effects Plot for SN ratios

### 3.3 Hasil Analisis Varian Data dan Rasio S/N

#### 3.3.1 Hasil Perhitungan Pada Respon Diameter Luar

Melalui aplikasi statistik dan telah dibuktikan dengan perhitungan manual didapatkan hasil *signal to noise ratio* yang menyatakan bahwa faktor *layer height* berada pada ranking 1. Hal ini menjadi efek utama yang mengakibatkan terjadinya penyimpangan pada ukuran poros spesimen. Pada gambar 3.3 memperlihatkan hasil pengolahan data pada rasio S/N.

**Response Table for Signal to Noise Ratios**

Smaller is better

Level	N Temp	P Speed	L Height
1	12.01	11.61	12.40
2	11.27	11.91	11.92
3	11.88	11.64	10.84
Delta	0.74	0.29	1.56
Rank	2	3	1

Gambar 3.3. Perhitungan rasio S/N

Hasil diatas diperkuat dengan perhitungan analisis varian yang menempatkan faktor *layer height* akan mempengaruhi penyimpangan ukuran spesimen percobaan. Gambar 3.5 akan menunjukkan perbandingan tersebut.

### 3.3.2 Hasil Perhitungan Pada Respon Diameter Dalam

Serupa dengan pola perhitungan menggunakan aplikasi statistik sebelumnya, dan juga telah dibuktikan dengan perhitungan manual didapatkan hasil *signal to noise ratio* yang menyatakan bahwa faktor *layer height* berada pada ranking 1. Hal ini menjadi efek utama yang mengakibatkan terjadinya penyimpangan pada ukuran poros spesimen. Pada gambar 3.5 memperlihatkan hasil pengolahan data pada rasio S/N.

**Response Table for Signal to Noise Ratios**

Larger is better

Level	N Temp	P Speed	L Height
1	-12.01	-11.61	-12.40
2	-11.27	-11.91	-11.92
3	-11.88	-11.64	-10.84
Delta	0.74	0.29	1.56
Rank	2	3	1

Gambar 3.4. Perhitungan rasio S/N

Lalu dilakukan perhitungan dengan menggunakan analisis varian sebagai penguatan hasil signal to noise ratio terhadap respon, Gambar 3.5. Diharapkan hasil analisis varian mendukung keputusan bahwa faktor *layer height* merupakan efek utama yang mempengaruhi penyimpangan toleransi pada diameter dalam suatu pasangan produk spesimen.

**Analysis of Variance**

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
N Temp	2	0.000845	18.71%	0.000845	0.000423	27.94	0.035
P Speed	2	0.000106	2.35%	0.000106	0.000053	3.51	0.222
L Height	2	0.003534	78.26%	0.003534	0.001767	116.84	0.008
Error	2	0.000030	0.67%	0.000030	0.000015		
Total	8	0.004515	100.00%				

Gambar 3.5. Hasil Analisis Varian

## Optimasi Parameter Proses di Mesin 3D Printing Jenis Fused Deposition Modeling (FDM) dengan Filamen ABS pada Produk Poros Berpasangan menggunakan Metode Taguchi

Jika dilihat dari tabel ANOVA faktor yang sangat berpengaruh yaitu Layer Height dimana faktor tersebut memiliki kontribusi sebesar 78.26%. Lalu kita lakukan uji-F untuk membuktikan apakah faktor tersebut benar berpengaruh terhadap respon dari penelitian ini. Nilai F-hitung dari respon penyusutan diameter luar yaitu 116.84 dimana F-Hitung lebih besar dari F-Tabel, maka faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap besarnya penyusutan atau penyimpangan pada ukuran spesimen.

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan melakukan percobaan menggunakan desain eksperimen pada mesin FDM dengan filamen ABS yang dilanjutkan dilakukan perhitungan maka didapat beberapa pernyataan sebagai berikut,

1. Untuk faktor yang paling berpengaruh terhadap respon pada penelitian ini adalah *layer height*. Faktor tersebut merupakan pilihan dari beberapa parameter mesin FDM seperti *nozzle temperature*, *print speed* dan *layerheight*.
2. Dari hasil penelitian yang dilakukan parameter mesin FDM yang optimum terhadap respon penyimpangan berdasarkan grafik *main effect plot* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Parameter Optimum Diameter Bagian Dalam

Parameter Proses	Level
Nozzle Temperature (°C)	230
Layer Height (mm)	0.2
Print Speed (mm/s)	70

Tabel 4.2 Parameter Optimum Diameter Bagian Luar

Parameter Proses	Level
Nozzle Temperature (°C)	250
Layer Height (mm)	0.2
Print Speed (mm/s)	90

3. Pada penentuan rasion S/N berbeda antara diameter bagian dalam dan luar karena yang menjadi acuan adalah toleransi berbasis poros. Sistem toleransi berbasis poros banyak digunakan dalam pembuatan bagian alat-alat yang dilepas pasang seperti *bearings cover* atau *milling cutter*. Hal ini sesuai dengan tujuan pemanfaatan produk sebagai dudukan motor stepper. Oleh karena itu pada penelitian ini bagian luar poros menggunakan prinsip smaller is better sedangkan untuk lubang dengan prinsip larger is better.

## 5. REFERENSI

- [1] Muhammad Darul Fikri., 2021., "Optimasi Parameter Pemotongan Logam ST37 Terhadap Besar Dross Pada Mesin CNC Plasma Cutting Dengan Metode Taguchi dan Analisis ANOVA".,Laporan.,Politeknik Manufaktur Bandung
- [2] Malinda Christiliana., 2021., "Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filamen PLA Food Grade"., Laporan., Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- [3] Ahmad Zamheri., Fatahul Arifin., Levan Apriansyah, 2021., "Pengaruh Parameter Pada Proses 3D Printing Menggunakan Filamen Eal-Fill Terhadap Akurasi Dimensi Dan Kekerasan Dengan Pendekatan Metode Taguchi,"., Machine : Jurnal Teknik Mesin Vol.7 No.2.,pp 30-34.
- [4] Triawan Cahya Persada., Muchtar Ginting., Dicky Seprianto., 2020., "Pengaruh Parameter Proses 3D Printer Teknologi *Digital Light Processing* Terhadap Geometris Poros"., Machinery Jurnal Teknologi Terapan Vol.1 No.1., pp 31-37.
- [5] Wahyudi Hafizi Pratama., Hasdiansah., Husman., 2021., "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filamen PLA + Metode Taguchi".,Sprocket: Journal of Mechanical Engineering., pp 39-45