



Pengaruh Diameter Nozzle Dan Tebal Layer Terhadap Ketelitian Objek Printer 3D

Dicky Seprianto¹, Ario Oktora², Ahmad Zamheri³, Romi Wilza⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

²PT. Pertamina Drilling Services Indonesia

¹dickyseprianto@gmail.com ²ariooktora@yahoo.co.id ³zamherinanung@gmail.com ⁴romi_wilza@yahoo.com

Abstract

Rapid prototyping is closely related to 3D printers (additive manufacturing). Rapid prototyping is a technique for making a prototype model from a CAD file which is the final result, while a 3D printer is one of the processes. The 3D printer process is by melting the filament layer by layer to form a component or product. The 3D printer melting process uses a heater on the nozzle. This study aims to analyze the effect of nozzle diameter and layer thickness on the accuracy (dimensional measurement) of 3D printer objects. To determine the precision, a test object was made based on ASTM D995-08. The variation of nozzle diameter used is 0.2 mm and 0.5 mm, while the variation in layer thickness is 0.1 mm and 0.3 mm. In this study, delta type 3D printing was used with polylactic acid (PLA) material to make test objects. Dimension measurement using ASTM D5947-06. Analysis of the measurement results used ANOVA with a 2-level factorial design type and a 2 factorial interaction (2FI) model design using Design-Expert®. software. From the actual measurement results, the most accurate (precise) results are obtained on the test object with a variation of the nozzle parameters with a diameter of 0.2 mm and a layer thickness of 0.1 mm. From the analysis of the specimen measurement data, it can be concluded that the nozzle diameter significantly affects the response of length, width and height while the thickness of the layer affects the response of the length and width of the specimen.

Keywords: rapid prototyping, polylactic acid, 3D printer, anova, dimension measurement.

Abstrak

Rapid prototyping sangat erat kaitannya dengan printer 3D (*additive manufacturing*). *Rapid prototyping* merupakan teknik pembuatan model prototipe dari file CAD yang merupakan hasil akhir, sedangkan printer 3D adalah salah satu prosesnya. Proses printer 3D yaitu dengan cara melelehkan filament secara lapisan demi lapisan untuk membentuk suatu komponen atau produk. Proses pelelehan printer 3D menggunakan pemanas pada *nozzle*. Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh diameter *nozzle* dan ketebalan lapisan terhadap ketelitian (pengukuran dimensi) objek printer 3D. Untuk mengetahui kepresisian, maka dibuat benda uji berdasarkan ASTM D995-08. Variasi diameter *nozzle* yang digunakan adalah 0,2 mm dan 0,5 mm sedangkan variasi ketebalan layer adalah 0,1 mm dan 0,3 mm. Pada penelitian ini digunakan printer 3D tipe delta dengan bahan *polylactic acid* (PLA) untuk membuat benda uji. Pengukuran dimensi menggunakan ASTM D5947-06. Analisa data hasil pengukuran menggunakan ANOVA dengan tipe desain *2 level factorial* dan desain model *2 factorial interaction* (2FI) berbantuan perangkat lunak Design-Expert®. Dari hasil pengukuran aktual didapat hasil yang paling teliti (presisi) pada benda uji dengan variasi parameter *nozzle* berdiameter 0,2 mm dan tebal layer 0,1mm. Dari analisa data hasil pengukuran spesimen dapat disimpulkan bahwa diameter *nozzle* secara signifikan mempengaruhi respon panjang, lebar dan tinggi sedangkan tebal lapisan berpengaruh terhadap respon panjang dan lebar dari spesimen.

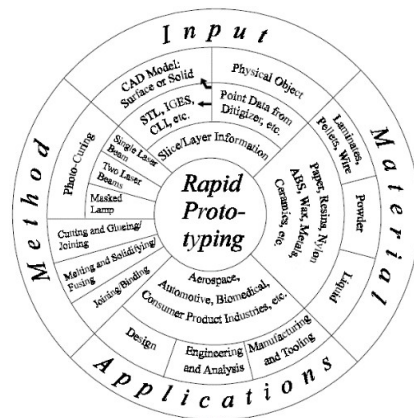
Kata kunci: *rapid prototyping*, *polylactic acid*, printer 3D, anova, pengukuran dimensi

1. Pendahuluan

Rapid prototyping sangat erat kaitannya dengan printer 3D (*additive manufacturing*). *Rapid prototyping* merupakan teknik pembuatan model prototipe dari file CAD yang merupakan hasil akhir, sedangkan printer 3D adalah salah satu prosesnya.

Untuk membuat model prototipe, komponen ataupun rakitan menggunakan proses printer 3D produk menggunakan printer 3D dibutuhkan data CAD dalam bentuk solid model yang memiliki volume. Metode ini menghasilkan objek dengan cara menumpuk bahan secara lapis demi lapis, hal ini berbanding terbalik dengan proses pemesinan pada umumnya yaitu

dengan cara mengurangi bagian-bagian. Teknologi ini sering juga disebut dengan *additive manufacturing*. Beberapa metode yang paling umum dari *rapid prototyping* yaitu *Stereolithography (SLA)*, *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Laminated Object Manufacturing (LOM)* dan *Fused Deposition Modelling (FDM)*, sedangkan 4 aspek utama ditunjukkan pada Gambar 1 [1].



Gambar 1. Empat Aspek Utama *Rapid Prototyping*

Tiga besar penelitian tentang *rapid prototyping* terdapat pada bidang manufaktur sebesar 58,8%, *computer science* 32% dan material 16,8% [2]. Nilai kehalusan permukaan terbaik sebesar 5.709 μm didapat pada kombinasi parameter temperatur *nozzle* 190 $^{\circ}\text{C}$, suhu *base plate* 30 $^{\circ}\text{C}$, dan menggunakan *glue*, sedangkan untuk dua *nozzle* pada suhu 220 $^{\circ}\text{C}$, *base plate* 50 $^{\circ}\text{C}$ menggunakan *glue* didapat nilai kehalusan permukaan 10.600 μm dan densitas material sebesar 1.772 g/cm^3 [3].

Kekuatan tarik dan ketelitian dimensi produk yang dibuat dengan printer 3D menggunakan bahan *polymer* PLA dan ABS dipengaruhi oleh orientasi objek pada saat pembuatan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kesalahan akurasi dimensi terkecil dengan nilai 0,42 mm terjadi pada orientasi objek horizontal dan tebal layer 0,1 mm pada material ABS, sedangkan material PLA dengan orientasi objek horizontal memiliki kualitas dimensi paling baik. Jumlah kesalahan akurasi material ini tidak melebihi 1 mm pada setiap layer [4]. Metode Taguchi OA L27 digunakan untuk menguji akurasi dimensi filamen jenis Eflex berdiameter 1,75 mm dan dihasilkan optimasi parameter proses untuk mendapatkan ketelitian dimensi Z yaitu *flowrate* 120 %, tebal lapisan 0,30 mm, suhu *nozzle* 210 $^{\circ}\text{C}$, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 50 %, dan *fan speed* 100 % [5].

Produk printer 3D juga telah diteliti untuk dapat diaplikasikan terhadap implan pra-operasi dikarenakan keunggulan akurasi geometri yang baik dengan tujuan mengurangi waktu operasi dan resiko kehilangan banyak darah dari pasien. Dari hasil

penelitian disimpulkan bahwa metode *injection moulding* yang dikembangkan berbasis printer 3D dengan melakukan modifikasi alat, material, tahapan dan sistim produksi implan lebih baik daripada metode cranial/intra operatif [6]. Teknologi utama yang menopang industri saat ini menurut Menteri Perindustrian yaitu IOT, AI, *human-machine interface*, robotik dan sensor, serta teknologi 3D printing [7].

Metode Taguchi dan permukaan respon (RSM) diterapkan untuk mengetahui parameter optimal terhadap kualitas dari produk yang dihasilkan dengan printer 3D. Hasil penelitian menunjukkan metode RSM lebih baik dari metode Taguchi dengan parameter ketebalan lapisan 0,05 mm, suhu 199,8 $^{\circ}\text{C}$ dan raster angle 45,1 $^{\circ}$, selain itu, kekuatan tarik dipengaruhi oleh ketebalan lapisan, sedangkan kesalahan dimensi disebabkan oleh *raster angle* [8]. Sumbu Z pada printer 3D yang digerakkan menggunakan *ball screw* memiliki keakuratan dimensi, kerataan permukaan dan kekasaran yang lebih baik dibandingkan dengan sumbu Z yang digerakkan menggunakan *lead screw* [9]. Produk berukuran 20 x 20 x 20 mm yang diproduksi menggunakan printer 3D dengan filamen hasil daur ulang plastik *polypropylene* dengan parameter optimum suhu printer 260 $^{\circ}\text{C}$, tebal lapisan 0,16 mm dan *print speed* 20 mm/s dihasilkan dari analisa menggunakan metode Taguchi dengan SNR adalah *smaller is better* [10].

Pada saat ini printer 3D telah mulai berkembang di Indonesia, hal ini dikarenakan printer 3D dapat membuat komponen dengan bentuk kompleks dalam waktu relatif singkat dibandingkan dengan pemesinan konvensional, walaupun masih terdapat keterbatasan terutama pada kekuatan material yang digunakan. Oleh karena itu sangat diperlukan informasi tentang ketelitian, kekasaran dan kekuatan dari komponen yang diproduksi menggunakan printer 3D, agar komponen atau prototipe yang dihasilkan sesuai dengan gambar kerja dan dapat berfungsi sesuai dengan perancangan. Dengan alasan tersebut penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter *nozzle* dan tebal lapisan yang tepat untuk proses pembuatan benda uji atau komponen, sehingga nantinya komponen yang diproduksi dari printer 3D sesuai dengan rancangan.

2. Metode Penelitian

Untuk menjawab permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini maka metode yang digunakan meliputi study literatur dan desain eksperimental, terhadap ketelitian produk printer 3D. Desain eksperimen bertujuan untuk mengumpulkan informasi/data yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian yang hendaknya dilakukan secara efisien terhadap waktu, biaya, tenaga dan bahan yang harus digunakan.

Desain eksperimen merupakan rancangan percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel input suatu proses atau sistem sehingga dapat ditelusuri penyebab dan faktor-faktor sehingga membawa perubahan pada output sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan, dengan prinsip dasar replikasi, randomisasi dan kontrol lokal [11]. Analisa data hasil pengukuran menggunakan ANOVA dengan tipe desain *2 level factorial dan desain model 2 factorial interaction (2FI)* serta jumlah replikasi sebanyak 3 kali, analisa data dilakukan dengan berbantuan perangkat lunak untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perbedaan beberapa variabel bebas (faktor) dengan variabel terikat (respon) [12]. Respon yang diinvestigasi pada penelitian ini adalah panjang, lebar dan tinggi dari spesimen uji sedangkan *factorial design* ditunjukkan pada Tabel 1. Pada ANOVA perlu dihitung jumlah-jumlah kuadrat. Adapun langkah-langkah menghitung setelah diasumsikan bahwa data masing-masing dipilih secara acak dan berdistribusi normal adalah sebagai:

- a) Menentukan hipotesis.
- b) Menentukan jumlah kuadrat total.

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N} \quad (1)$$

- c) Menentukan jumlah kuadrat faktor A.

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{k_A} (A_i^2) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2)$$

- d) Menentukan Jumlah kuadrat faktor B.

$$SS_B = \left[\sum_{i=1}^{k_B} (B_i^2) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (3)$$

- e) Menentukan jumlah kuadrat interaksi faktor A dan B.

$$SS_{AxB} = \left[\sum_{i=1}^b \left(\frac{(AxB)_i^2}{n_{AxBi}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_B \quad (4)$$

- f) Menentukan jumlah kuadrat kemungkinan kesalahan (error).

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} \quad (5)$$

- g) Menentukan derajat kebebasan total.

$$v_T = N - 1 \quad (6)$$

- h) Menentukan derajat kebebasan faktor (*main Effect*) A.

$$v_A = k_A - 1 \quad (7)$$

- i) Menentukan derajat kebebasan faktor (*main Effect*) B

$$v_B = k_B - 1 \quad (8)$$

- j) Menentukan derajat kebebasan faktor interaksi A dan B.

$$v_{AxB} = (v_A)(v_B) \quad (9)$$

- k) Menentukan derajat kebebasan kemungkinan kesalahan (*pure error*).

$$v_e = v_T - v_A - v_B - v_{AxB} \quad (10)$$

- l) Melengkapi tabel hasil pengukuran untuk *analysis of variance* dari data yang didapat.

- m) Menentukan taraf signifikansi (α).

- n) Menentukan nilai distribusi F_{tabel} .

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(v, v_T)} \quad (11)$$

- o) Jika $F_{hitung} (F_o) < F_{tabel}$, maka hipotesis (H_o) dapat diterima

- p) Menentukan persentase kontribusi faktor terhadap respon.

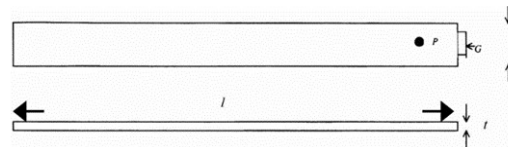
$$\% \text{ Kontribusi faktor} = \frac{(SS - SS_e)}{SS_T} \quad (12)$$

Tabel 1. *Factorial Design*

No	Factor	Name	Level
1	A	Diameter Nozzle (mm)	0.2 0.5
2	B	Tebal Lapisan (mm)	0.1 0.3

2.1. Pembuatan Spesimen Uji

Untuk membuat objek yang akan dicetak pada printer 3D, terlebih dahulu dibuat objek digital menggunakan software CAD. Objek digital yang telah dibuat kemudian diubah menjadi format *StereoLithography (STL)*. File STL inilah yang nantinya akan menjadi baris perintah *G-Code* dengan aplikasi *Repetier-Host*. Perintah *G-Code* akan menggerakkan dan membuat objek dengan Printer 3D. Spesimen uji, tahapan pembuatan spesimen ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3, sedangkan setting tetap pada printer 3D ditunjukkan pada Tabel 2.



Keterangan :
 W = $12,7 \pm 0,2$ mm
 t = $3,2 \pm 0,05$ mm
 l = 127 ± 2 mm

Gambar 2. Spesimen Uji (ASTM D995-08)



Gambar 3. Tahapan Proses Pembuatan Spesimen

Tabel 2. Setting Tetap Untuk Printer 3D

Parameter	Value
Baut Rate	115200
Default Temperature extruder (°C)	175
Tipe Printer	Rostok
Printable Radius (mm)	75
Printable Height (mm)	100
Retraction length (mm)	8
Lift Z (mm)	2
Filament	PLA
Printing speed (mm/s)	30
Travel speed (mm/s)	100
Wall/perimeter	3
Infill (%)	30

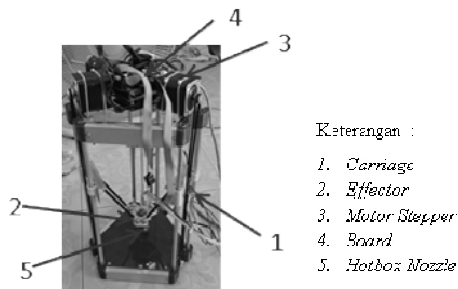
Filament (mm/s)	1.75
Multiplier	0.9
Temperature 1 st layer (°C)	180
End G-Code:	
M104 S0; Turn off Temperature	
G1 X0 Y0 Z75; Lift Nozzle	
M84; Disable Motor	

yang dibutuhkan dari kondisi awal sampai dengan suhu 180 °C dibutuhkan waktu 3 menit 15 detik, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

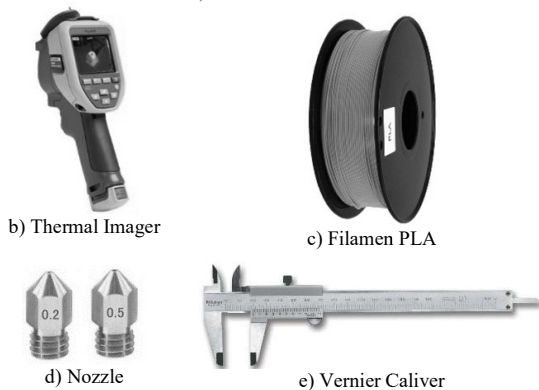
2.2. Alat dan Bahan

Pembuatan spesimen dan pengambilan data pengukuran dilaksanakan di laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, dengan rincian alat dan bahan adalah sebagai berikut juga ditunjukkan pada Gambar 4.

- Perangkat Lunak: Autodesk® Inventor® Professional, Repitier-Host dan Design Expert.
- Printer 3D tipe delta dengan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM).
- Filament *Polylactic acid* (PLA) diameter 1.75 mm
- Nozzle 0.2 mm dan 0.5 mm.
- Vernier caliper mitutoyo toleransi ± 0,01mm
- Thermal Imager*
- Leveling tools*
- Hands tool*



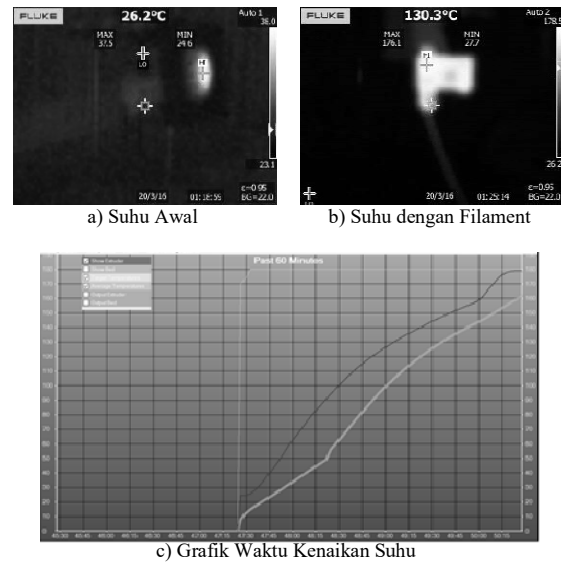
a) Delta Printer 3D



Gambar 4. Alat dan Bahan

3. Hasil dan Pembahasan

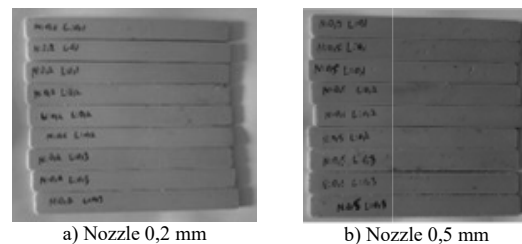
Pengukuran suhu pada *nozzle* dilakukan sebelum pembuatan spesimen, hal ini bertujuan untuk memvalidasi dan mengetahui bahwa suhu pada *nozzle* sesuai dengan yang telah ditetapkan pada pengaturan di printer 3D, dari hasil pengukuran diketahui waktu



Gambar 5. Pengukuran Suhu Nozzle

3.1. Pengujian Ketelitian

Setelah dilakukan pembuatan spesimen menggunakan printer 3D dengan material PLA (*Polylactic acid*), selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi untuk mendapatkan data panjang, lebar, dan tinggi dari spesimen tersebut sehingga dapat diketahui nilai akurasi dari spesimen serta analisa data pengaruh faktor terhadap respon. Spesimen yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 6, data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3 dan *design summary* data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 6. Spesimen

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran

Std	Run	A	B	Respon		
				Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
10	1	0.5	0.3	127.25	12.79	3.24
12	2	0.5	0.3	127.24	12.8	3.25
1	3	0.2	0.1	127.01	12.71	3.18
5	4	0.5	0.1	127.1	12.75	3.16
3	5	0.2	0.1	127.01	12.7	3.19
11	6	0.5	0.3	127.24	12.76	3.24
4	7	0.5	0.1	127.08	12.73	3.19

6	8	0.5	0.1	127.11	12.73	3.16
9	9	0.2	0.3	127.21	12.76	3.12
2	10	0.2	0.1	127.01	12.7	3.22
7	11	0.2	0.3	127.2	12.74	3.12
8	12	0.2	0.3	127.18	12.71	3.19

Tabel 3. Design Summary

Response			
Response	R1	R2	R3
Name	Panjang	Lebar	Tinggi
Units	mm	mm	mm
Obs.	12	12	12
Min	127.01	12.7	3.12
Max	127.25	12.8	3.25
Mean	127.14	12.74	3.19
Std. Dev.	0.0948	0.0333	0.0439
Factors			
Factor	A	B	
Name	Dia. Nozzle	Tebal Lapisan	
Units	mm	mm	
Type	Numeric	Numeric	
SubType	Continous	Continous	
Min	0.2	0.1	
Max	0.5	0.3	
Build Information			
Study Type	Factorial		
Subtype	Randomized		
Design Type	2 Level Factorial		
Design Model	2FI		
Runs	12		

3.2. Analisa Data

Perhitungan penyimpangan bertujuan untuk mengetahui ketelitian pada setiap spesimen produk printer 3D. Pada produk printer 3D, karena sesuatu benda polimer yang dilebur atau dilelehkan maka setelah dingin dapat mengalami penyusutan atau penambahan pada benda tersebut.

Penyimpangan ukuran pada tiap-tiap spesimen disebabkan beberapa hal. Antara lain dipengaruhi oleh diameter *nozzle* dan tinggi masing-masing lapisan (*layer*). Diameter *nozzle* besar dan tinggi lapisan yang besar, maka penyimpangan yang dihasilkan pada produk printer 3D akan menjadi besar.

Dari data diperoleh hasil yaitu pada penyimpangan panjang, lebar, dan tinggi cenderung mempunyai nilai rata-rata positif, karena pada dimensi spesimen yang lebih besar daripada ukuran pada gambar kerja.

3.3 Pengaruh Faktor Terhadap Respon Panjang

Data hasil pengukuran panjang spesimen uji yang telah dianalisa menggunakan ANOVA berbantuan perangkat lunak design expert, dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4. *P-values* < 0.05 mengindikasikan model *terms are significant*. Pada kasus ini A, B, AB are significant model terms. Untuk nilai > 0.1000 mengindikasikan model *terms are not significant*.

Tabel 4. ANOVA for selected factorial model (Response 1: Panjang)

Source	Sum of	df	Mean	F-	p-value
--------	--------	----	------	----	---------

	Squares	Square	value		
Model	0.0979	3	0.0326	260.98	< 0.0001 significant
A-Dia. Nozzle	0.0133	1	0.0133	106.67	< 0.0001
B-Tebal Lapisan	0.0833	1	0.0833	666.67	< 0.0001
AB	0.0012	1	0.0012	9.60	0.0147
Pure Error	0.0010	8	0.0001		
Cor Total	0.0989	11			

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa faktor diameter *nozzle* dan tebal lapisan serta interaksi keduanya berpengaruh terhadap respon panjang. Persen kontribusi masing-masing faktor dapat dihitung menggunakan persamaan (12).

% Kontribusi diameter *nozzle*:

$$= \frac{(0.0133 - 0.0001)}{0.0989} = 13\%$$

% Kontribusi tebal lapisan:

$$= \frac{(0.0833 - 0.0001)}{0.0989} = 84\%$$

% Kontribusi interaksi faktor diameter *nozzle* dan tebal lapisan:

$$= \frac{(0.0012 - 0.0001)}{0.0989} = 1\%$$

3.4 Pengaruh Faktor Terhadap Respon Lebar

Data hasil pengukuran lebar spesimen uji selanjutnya dilakukan perhitungan dan dianalisa menggunakan ANOVA, hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. ANOVA for selected factorial model (Response 2: Lebar)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0.0097	3	0.0032	10.52	0.0038	significant
A-Dia. Nozzle	0.0048	1	0.0048	15.57	0.0043	
B-Tebal Lapisan	0.0048	1	0.0048	15.57	0.0043	
AB	0.0001	1	0.0001	0.4324	0.5293	
Pure Error	0.0025	8	0.0003			
Cor Total	0.0122	11				

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5, dapat diketahui bahwa faktor diameter *nozzle* dan tebal lapisan berpengaruh terhadap respon lebar. Sedangkan interaksi kedua faktor tidak terlalu berdampak terhadap respon lebar dari spesimen. Persen kontribusi masing-masing faktor adalah:

% Kontribusi diameter *nozzle*:

$$= \frac{(0.0048 - 0.0003)}{0.0122} = 37\%$$

% Kontribusi tebal lapisan:

$$= \frac{(0.0048 - 0.0003)}{0.0122} = 37\%$$

3.5 Pengaruh Faktor Terhadap Respon Tinggi

Data hasil pengukuran tinggi spesimen uji diolah dan dianalisa menggunakan ANOVA, hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. ANOVA for selected factorial model (Response 3: Tinggi)

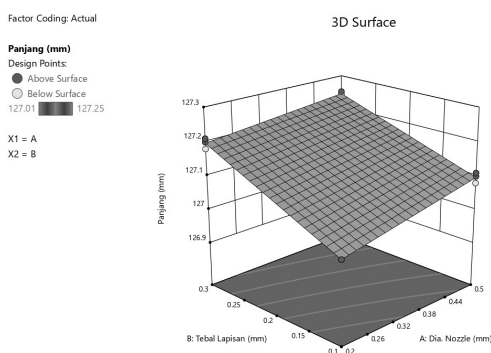
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	signif cant
Model	0.0164	3	0.0055	9.09	0.0059	
A-Dia. Nozzle	0.0040	1	0.0040	6.72	0.0320	
B-Tebal Lapisan	0.0003	1	0.0003	0.5000	0.4996	
AB	0.0120	1	0.0120	20.06	0.0021	
Pure Error	0.0048	8	0.0006			
Cor Total	0.0212	11				

Dari hasil perhitungan pada Tabel 6, dapat diketahui bahwa faktor diameter *nozzle* dan interaksi antara kedua faktor berpengaruh terhadap respon tinggi. Persen kontribusi faktor diameter *nozzle* dan interaksi kedua faktor yaitu:

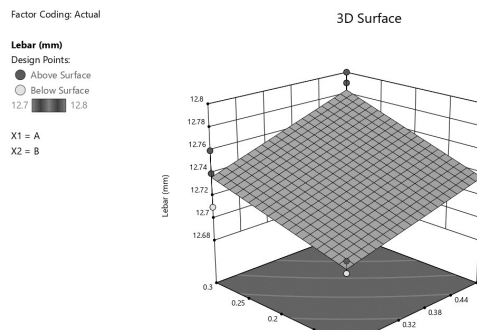
$$\% \text{ Kontribusi diameter nozzle:} \\ = \frac{(0.004 - 0.0006)}{0.0212} = 16\%$$

$$\% \text{ Kontribusi interaksi faktor diameter nozzle dan tebal lapisan:} \\ = \frac{(0.012 - 0.0006)}{0.0212} = 54\%$$

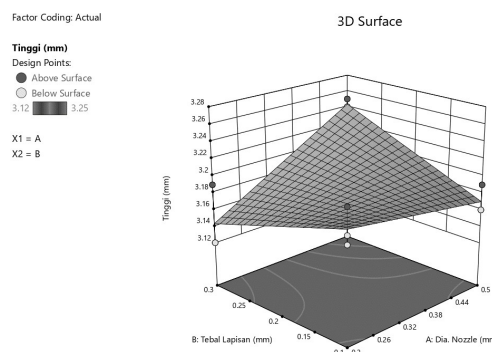
Grafik *surface* 3D pengaruh hubungan antara faktor *nozzle* dan tebal lapisan terhadap respon (panjang, lebar dan tinggi) ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 7. Pengaruh Hubungan Antara Faktor *Nozzle* dan Tebal Lapisan Terhadap Respon Panjang.



Gambar 8. Pengaruh Hubungan Antara Faktor *Nozzle* dan Tebal Lapisan Terhadap Respon Lebar.



Gambar 9. Pengaruh Hubungan Antara Faktor *Nozzle* dan Tebal Lapisan Terhadap Respon Tinggi.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa faktor diameter *nozzle* dan tebal lapisan berpengaruh terhadap respon panjang, lebar dan tinggi dari objek yang dibuat dengan printer 3D berdasarkan ASTM D995-08. Pengukuran dimensi yang dilakukan berdasarkan ASTM D5947-06. Hasil pengukuran spesimen secara aktual diketahui bahwa *nozzle* berdiameter 0,2 mm dan tebal lapisan 0,1 mm memiliki nilai yang paling teliti dan memenuhi toleransi dari gambar rancangan. Dari analisa data menggunakan ANOVA dengan tipe desain *2 level factorial* dan desain model *2 factorial interaction* (2FI) diperoleh hasil bahwa diameter *nozzle* secara signifikan mempengaruhi respon panjang, lebar dan tinggi sedangkan tebal lapisan berpengaruh terhadap respon panjang dan lebar dari spesimen.

Ucapan Terimakasih

Atas terlaksananya penelitian ini, penulis ucapkan terima kasih kepada unsur Pemimpin Politeknik Negeri Sriwijaya dan Jurusan Teknik Mesin selaku unsur pelaksana akademik Politeknik Negeri Sriwijaya atas izin yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian di laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin.

Daftar Rujukan

- [1] Chua, C.K., Leong, K.F., and Lin, C.S., 2003. Rapid Prototyping Principles and Applications. Second Edition. Singapore: World Scientific Publish Co, Pte. Ltd.
- [2] Andhy, R., 2017. Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur. *Jurnal Metris*, 18, 105-12.
- [3] Rahman, H., 2019. Pengaruh Temperatur Nozzle Dan Base Plate Pada Material PLA Terhadap Nilai Masa Jenis Dan Kekasaran Permukaan Produk Pada Mesin Leapfrog Creatr 3D Printer. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan*, 1 (1), 1-8.
- [4] Sobron, L., Djamil, S., dan Yolanda, Y. 2016. Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA Dan ABS Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk. *Sinergi*, 20 (1), 27-35.
- [5] Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., dan Sugiyarto, S. 2019. Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11 (1), 33-40.
- [6] Djoko, K., 2017. Analisa Akurasi Geometri Penggunaan Metode Injection Moulding Berbasis Printer 3D Untuk Produksi Implan Pada Bedah Cranioplasty. *Jurnal Desain Idea*, 16 (1), 17-22.
- [7] Liputan 6, Tech News, 2019. Indonesia Akan Punya Pabrik Printer 3D (Hitting the headlines article) [Online] (Updated 08 Feb 2019)
Tersedia di :
<https://www.liputan6.com/tekno/read/3889856/indonesia-akan-punya-pabrik-printer-3d-pertama> [Accessed 27 November 2020]
- [8] A.E. Tontowi, 2017. Optimization of 3D-Printer Process Parameters for Improving Quality of Polylactic Acid Printed Part. *International Journal of Engineering and Technology*, 9 (2), 589-600.
- [9] Tri, H.S., 2019. Analisa Pengaruh Pemilihan Komponen Terhadap Ketelitian Dimensi dan Kualitas Permukaan Produk Pada Mesin 3D Printing Jenis FDM (Fused Deposition Modelling). In: UMS (Universitas Muhammadiyah Surakarta), 7th Industrial Engineering National Conference: Industri Kreatif berbasis Budaya pada Era Industri 4.0. HARRIS Hotel & Conventions Solo, Surakarta, 27 Maret 2019. Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta: Jawa Tengah.
- [10] H.A. Pamasaria, 2020. Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 4 (1), 12-19.
- [11] Montgomery, D.C., 2013. Design and Analysis of Experiments. Eighth Edition. United States: John Wiley & Sons Incorporated.
- [12] William E. Murphy, 2007, "Using Design-Expert For Enhancing Engineering Experimentation Labs", ASEE Southeast Section Conference, University Of Kentucky.