

# Optimasi Internal Geometri Terhadap sifat Mekanik Material ABS Dipreparasi Menggunakan 3D Printing Dengan Metode Response Surface

Lita Asyriati Latif, Sukiman B, Muhammad Fadly Hi. Abbas  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun  
[lithalatif@yahoo.com](mailto:lithalatif@yahoo.com), [sukimanb@unkhair.ac.id](mailto:sukimanb@unkhair.ac.id), [muhfadlyabbas@unkhair.ac.id](mailto:muhfadlyabbas@unkhair.ac.id)

## Abstraks

*Three dimensional (3D) printing menjadi salah satu mesin yang handal revolusioner pada teknik additive manufacturing (AM) untuk membuat objek 3D dengan struktur yang unik dan bermacam-macam. Produk yang dicetak tersebut mempunyai karakteristik geometri ideal apabila mempunyai ukuran yang teliti dan bentuk yang sempurna. Salah satu jenis material yang dapat diproses menggunakan 3d printing FDM adalah material flesibel. Dalam hal akurasi dimensi telah banyak dilakukan terhadap material PLA dan ABS. Internal geometri yang divariasikan adalah triangle dan honeycomb. Metode response surface digunakan dalam penelitian ini untuk memodelkan dan memperoleh parameter desain internal geometri yang optimal guna menghasilkan nilai defleksi dari desain link strut segitiga dan lingkaran. Order pertama dinyatakan dengan persamaan linier polinomial dengan derajat satu. Desain order merupakan desain faktorial dengan penambahan centre point diantara level faktornya. Optimasi dilakukan dalam dua konfigurasi internal geometri desain yaitu link strut segitiga dan link strut lingkaran. Hasil dari penelitian ini adalah parameter internal geometri desain yang optimal yaitu link strut segitiga kecil-besar 9 mm, beban 12,799 MPa, dan defleksi 8,84 mm. Sedangkan parameter internal geometri desain link strut lingkaran kecil-besar 9 mm, beban 11,783 MPa, dan defleksi 5, 169 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi pada desain link strut segitiga dengan nilai composite desirability yang dihasilkan adalah sebesar 0,4757 dan desain link strut lingkaran dengan nilai composite desirability yang dihasilkan adalah sebesar 0,6086.*

**Kata kunci :** optimasi, internal geometri, akrilonitril butadiena stiren, sifat mekanik, 3D printing

## PENDAHULUAN

Three dimensional (3D) printing menjadi salah satu mesin yang handal revolusioner pada teknik additive manufacturing (AM) untuk membuat objek 3D dengan struktur yang unik dan bermacam-macam. Dua material yang paling umum digunakan adalah ABS dan PLA sehingga penting mengetahui akurasi dimensi produk. Teknologi 3D printing FDM mampu membuat produk duplikat dengan akurat material ABS[1].

Penelitian mengenai desain pengaruh internal geometri terhadap properti mekanik yang dihasilkan dengan mengkomparasi sampel dengan geometri stipes, circle dan honeycomb[2]. Pengaruh variasi internal geometri terhadap sifat mekanik sampel hasil cetak mesin 3D printer yang digunakan dalam penelitian adalah printer komersial yang umum di jual dipasaran.[3].

Optimasi parameter proses terhadap akurasi dimensi, repeatability, dan mechanical properties, terhadap material PLA dengan dimensi spesimen standar ASTM D638 tipe IV[4].

Terdapat dua orde dalam pengerjaan metode resface methodology ini sebelum dilakukan

optimasi. Orde pertama dinyatakan dengan persamaan linier polinomial dengan derajat satu. Desain orde satu merupakan desain faktorial dengan centre point diantara level faktornya. Titik optimal respon didapat berdasarkan hasil diferensial pada persamman orde kedua. Model hubungan antara variable bebas dan respon serta mendapatkan kondisi proses yang menghasilkan repon terbaik dengan cara menggeser titik ke arah titik optimum[5]

Penelitian ini adalah mengoptimalkan desain internal geometri untuk mendapatkan respon desain internal geometri untuk hasil desain Triangle dan honeycomb dengan rasio panjang dan tekanan geometri melalui nilai defleksi dan beban, respon internal geometri didapatkan menggunakan response surface methodology.

## METODOLOGI

Metode Fused Desposition modelling 3D Printing merupakan teknologi rapid prototyping yang dikembangkan oleh stratasys menggunakan material termoplastik. Saat ini teknologi 3d printing mampu mengolah menggunakan software CAD dengan format gambar.dwg atau

langsung dikerjakan dalam software autodesk inventor 2020. Hasil desain kemudian disimpan dalam formal STL untuk membentuk lapisan-lapisan yang membentuk objek menggunakan software pencetakan 3D cura[6].

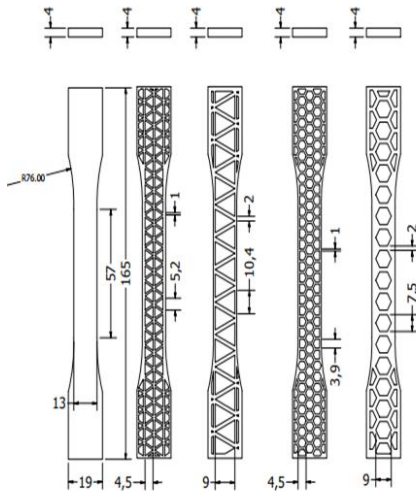
Rancangan desain spesimen disajikan dalam tabel 1 dan tabel 2. Variabel yang digunakan untuk pengujian tarik merujuk pada standar ATSM D638[7] dengan jumlah setiap variabel adalah Kontrol, triangle dan Honeycomb

**Table 1.** Rasio panjang internal geometri spesimen penelitian

Filament	ABS	
Internal Geometri		
Kontrol	Triangle	Honeycomb
Rasio Panjang Internal Geometri		
Solid	4,5 mm	4,5 mm
	9,0 mm	9,0 mm

**Table 2.** Kode Spesimen uji tarik

Tensile Test				
Rasio Panjang Internal Geometri Spesimen				
solid	4,5 mm		9,0 mm	
Kontrol	Honeycomb	Triangle	Honeycomb	Triangle
Kode Pengujian				
RAW/K	ΔB/9/H	ΔK/4,5/T	OB/9/H	OK/4,5/H



**Gambar 1**  
Desain internal geometri dan dimensi (mm) spesimen uji tarik.

Pengumpulan data dilakukan melalui hasil pengujian uji tarik, dengan komposisi berdasarkan prosedur penelitian pada metode penelitian orde pertama. Desain uji tarik yang digunakan memiliki strut segitiga kecil, segitiga besar, lingkaran kecil dan lingkaran besar. Rancangan eksperimen terdiri atas 2 faktor yang

ditambahkan dengan 5 titik pusat (center point)[8], sehingga jumlah total strut lebar yang diberikan pada uji tarik. Sedangkan respon yang dianalisis adalah defleksi (mm) dan beban (Mpa). Hasil eksperimen untuk orde pertama data dilihat di tabel 3 dan 4.

**Table 3.** Hasil eksperimen uji tarik untuk ling strut segitiga orde pertama

Run Test (Segitiga)	Kode Variabel		Nilai		Response	
	Kontrol	link Struk segita	Kontrol	link Struk segita	Defleksi (mm)	Beban (MPa)
1	-1	-1	3.505	4.5	5.063	9.560
2	1	-1	10.35	4.5	12.918	15.703
3	-1	1	3.505	9	5.149	9.541
4	1	1	10.35	9	11.188	14.116
5	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339
6	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339
7	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339
8	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339
9	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339

**Table 4.** Hasil eksperimen uji tarik untuk ling strut lingkaran orde pertama

Run Test (Lingkaran)	Kode Variabel		Nilai		Response	
	Kontrol	link Struk segita	Kontrol	link Struk segita	Defleksi (mm)	Beban (MPa)
1	-1	-1	3.505	4.5	3.614	5.757
2	1	-1	10.35	4.5	10.596	12.621
3	-1	1	3.505	9	3.588	10.732
4	1	1	10.35	9	9.719	18.353
5	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598
6	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598
7	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598
8	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598
9	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi melalui pengujian statistik terhadap data eksperimen dengan data hasil perhitungan model matematis yang dihasilkan. Respon dari model yang dibuat didapatkan dengan memasukkan nilai variable ke dalam model sesuai dengan rancangan eksperimen yang telah dibuat[9]. Hasil perhitungan model untuk respon defleksi dan beban dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

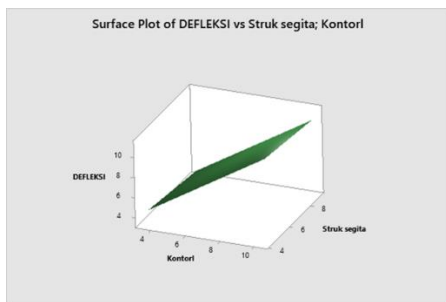
**Table 5.** Hasil perhitungan model untuk validasi (ling strut segitiga)

Run Test (Segitiga)	Kode Variabel		Nilai		Response		Model Response	
	Kontrol	link Struk segita	Kontrol	link Struk segita	Defleksi (mm)	Beban (MPa)	Defleksi Model	Beban Model
1	-1	-1	3.505	4.5	5.063	9.560	4.282	9.475
2	1	-1	10.35	4.5	12.918	15.703	11.228	14.835
3	-1	1	3.505	9	5.149	9.541	3.46	8.635
4	1	1	10.35	9	11.188	14.116	10.406	13.995
5	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339	7.344	11.735
6	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339	7.344	11.735
7	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339	7.344	11.735
8	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339	7.344	11.735
9	0	0	6.9275	6.75	6.357	11.339	7.344	11.735

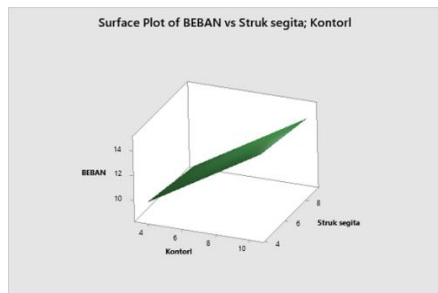
**Table 6.** Hasil perhitungan model untuk validasi (ling strut lingkaran)

Run Test (Lingkaran)	Kode Variabel		Nilai		Response		Model Response	
	Kontrol	link Struk segita	Kontrol	link Struk segita	Defleksi (mm)	Beban (MPa)	Defleksi Model	Beban Model
1	-1	-1	3.505	4.5	3.614	5.757	3.7013	4.308
2	1	-1	10.35	4.5	10.596	12.621	10.2573	11.55
3	-1	1	3.505	9	3.588	10.732	3.2493	9.662
4	1	1	10.35	9	9.719	18.353	9.8053	16.904
5	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598	6.7533	10.606
6	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598	6.7533	10.606
7	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598	6.7533	10.606
8	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598	6.7533	10.606
9	0	0	6.9275	6.75	6.653	9.598	6.7533	10.606

Pada penelitian ini, parameter desain yang digunakan kemudian dikombinasikan sedemikian rupa melalui pembuatan model yang telah dilakukan. Gambar 2 dan 3 dari model tiap respon yang telah dibuat selanjutnya divisualisasikan melalui kontur permukaan atau surface plot. Surface plot dapat menggambarkan letak dari titik-titik optimal dari tiap respon terhadap parameter-parameter yang mempengaruhi. Setelah surface plot dari tiap respon diketahui, dilakukan optimasi untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang dapat menghasilkan kombinasi respon yang optimal.

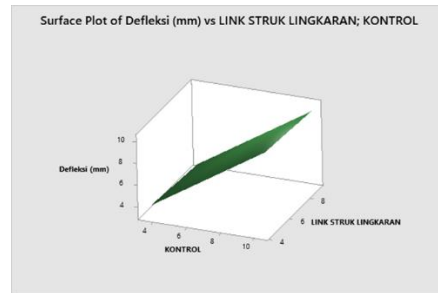


(a)

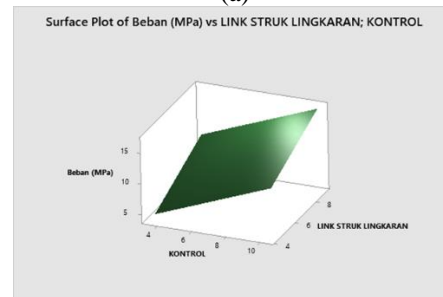


(b)

Gambar 2  
Surface plot link strut segitiga:  
(a) Defleksi, (b) Beban



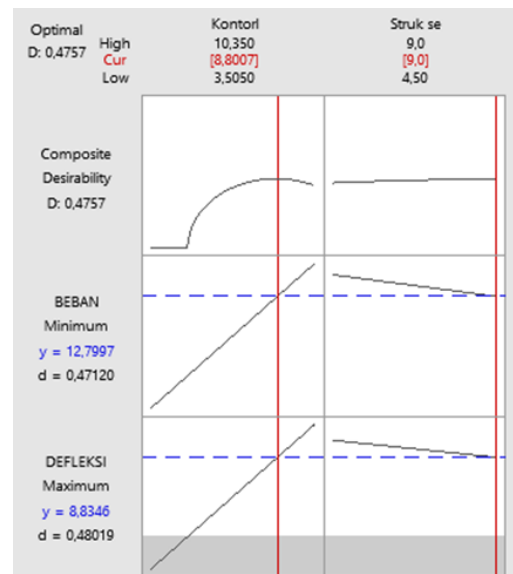
(a)



(b)

Gambar 3  
Surface plot link strut lingkaran:  
(a) Defleksi, (b) Beban

Pada optimasi yang dilakukan, respon optimal yang diharapkan adalah nilai defleksi yang semakin besar dan beba yang sekecil mungkin namun masih dalam batas aman yang ditentukan. Hasil optimasi didapat ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 pada response optimizer.

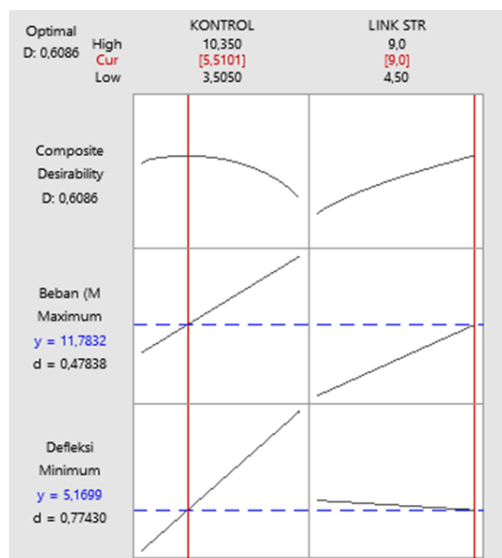


Gambar 4  
Optimization plot pada keseluruhan respon  
(link strut segitiga)

Gambar 4. Menunjukkan bahwa nilai parameter optimal untuk keseluruhan respons adalah dengan kontrol 8,8007 MPa dan desain link strut segitiga kecil-besar 9 mm. Nilai composite desirability yang dihasilkan adalah sebesar 0,4757 (Internal geometri). Hal tersebut mengindikasikan bahwa kombinasi yang dihasilkan termasuk ideal. Nilai composite desirability berkisar anatar 0 hingga 1, nilai ini menunjukkan seberapa ideal kombinasi variabel terhadap respon yang dihasilkan. Hasil nilai parameter desain serta nilai prediksi respon optimal ditunjukkan pada tabel 7.

**Table 7.** parameter optimal keseluruhan respon (ling strut segitiga)

Parameter Optimal		Nilai Prediksi Respon	
Kontrol	Link Strut Segitiga	DEFLEKSI (mm)	BEBAN (MPa)
8,801	9	8,84	12,799



**Gambar 5**  
Optimization plot pada keseluruhan respon (link strut lingkaran)

Gambar 5. Menunjukkan bahwa nilai parameter optimal untuk keseluruhan respons adalah dengan kontrol 5,5101 MPa dan desain link strut lingkaran kecil-besar 9 mm. Nilai composite desirability yang dihasilkan adalah sebesar 0,6086 (Internal geometri). Hal tersebut mengindikasikan bahwa kombinasi yang dihasilkan termasuk ideal. Nilai composite desirability berkisar anatar 0 hingga 1, nilai ini menunjukkan seberapa ideal kombinasi variabel terhadap respon yang dihasilkan. Hasil nilai parameter desain serta nilai prediksi respon optimal ditunjukkan pada tabel 7. Hasil nilai

parameter desain link strut lingkaran serta nilai prediksi respon optimal ditunjukkan pada tabel 8.

**Table 8.** parameter optimal keseluruhan respon (ling strut lingkaran)

Parameter Optimal		Nilai Prediksi Respon	
Kontrol	Link Strut Segitiga	DEFLEKSI (mm)	BEBAN (MPa)
5,510	9	5,169	11,783

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan mengenai optimasi internal geometri desain uji tarik dengan material ABS menggunakan metode response surface, bahwa nilai parameter optimal untuk mendapatkan defleksi dan beban pada desain internal geometri segitiga dan lingkaran, dimana internal geometri desain maksimal adalah desain link strut segitiga kecil-besar 9 mm, beban 12,799 MPa, dan defleksi 8,84 mm. Sedangkan pada internal geometri. Sedangkan desain link strut lingkaran kecil-besar 9 mm, beban 11,783 MPa, dan defleksi 5,169 mm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Satyanarayana and K. J. Prakash, "Component Replication Using 3D Printing Technology," *Procedia Mater. Sci.*, vol. 10, no. Cnt 2014, pp. 263–269, 2015, doi: 10.1016/j.mspro.2015.06.049.
- [2] T. Galeta, P. Raos, J. Stojšić, and I. Pakšić, "Influence of structure on mechanical properties of 3D printed objects," *Procedia Eng.*, vol. 149, no. June, pp. 100–104, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.644.
- [3] A. I. Pramudi, "Analisis Pengaruh Internal Geometri Terhadap Sifat Mekanik Material PLA Dipreparasi Menggunakan 3D Printing," *Skripsi Tek. Mesin, Fak. Teknol. Ind. Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, pp. 1–57, 2017.
- [4] C. K. Basavaraj and M. Vishwas, "Studies on Effect of Fused Deposition Modelling Process Parameters on Ultimate Tensile Strength and Dimensional Accuracy of Nylon," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 149, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1757-899X/149/1/012035.
- [5] A. Koocheki, A. R. Taherian, S. M. A. Razavi, and A. Bostan, "Response

- surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds,” *Food Hydrocoll.*, vol. 23, no. 8, pp. 2369–2379, 2009, doi: 10.1016/j.foodhyd.2009.06.014.
- [6] I. Hager, A. Golonka, and R. Putanowicz, “3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction?,” *Procedia Eng.*, vol. 151, pp. 292–299, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.07.357.
- [7] American Society for Testing and Materials, “ASTM D638-14, Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens,” *ASTM Int.*, vol. 82, no. C, pp. 1–15, 2016, doi: 10.1520/D0638-14.1.
- [8] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, vol. 19, no. 3. 1994.
- [9] Z. X. and X. G. HE Zhen, “Product Quality Improvement Through Response Surface Methodology : a Case Study,” *Int. Conf. Technol. Innov. Ind. Manag.*, pp. 120–130, 2013.