

# Analisis Pengaruh Internal Geometri Terhadap Properti Mekanik Material Dental Resin Menggunakan SLA 3D Printer Tipe Anycubic

Kifli umar, Sukiman B, Ivan Junaidy Abdul Karim, Mukhlis M.  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun  
[kifliumar270974@unkhair.ac.id](mailto:kifliumar270974@unkhair.ac.id)

## Abstraks

Teknologi 3D Printing adalah proses pembuatan benda padat menggunakan 3D Printer dengan perintah berupa file program. Proses pencetakan objek tiga dimensi ini dikenal sebagai additive. Terdapat pembagai teknologi additive manufacturing yang tersedia di pasaran seperti Fused Deposition Modeling (FDM), Direct Metal Deposition (DMD), Selective Laser Sintering (SLS), Inkjet Modeling (IJM), Digital Light Processing (DLP), dan Stereolithography (SLA). Bahan baku pembuatan objek 3D dengan teknologi SLA disebut dengan photopolymer liquid resin yang terbuat dari campuran bahan kimia. Dalam poroses pencetakan terdapat beberapa parameter seperti Layer Thickness, Exposure Time, Overhang Angle, Hatch Spacing, the Fill spacing, Hatch Overcure, Border Overcure, dan the Fill Cure Depth. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi internal geometri dan dimensinya terhadap sifat mekanik Dental Model Resin menggunakan 3D Printer Anycubic (SLA). Internal geometri yang divariasikan adalah triangle dan honeycomb, dengan variasi ketebalan setiap geometri 1 mm dan 2 mm, serta variasi sumbu simetri 4,5 mm dan 9 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel kontrol memiliki hasil kekuatan tarik yang sesuai. Objek dengan internal geometri triangle berukuran 4,5 mm dan ketebalan 2 mm memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dari geometri honeycomb.

**Kata kunci** : 3D printing SLA, Internal Geometri, Properti mekanik, Dental resin, material

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi memasuki era Industri 4.0 yang ditandai dengan cyber-physical systems. Era ini mempermudah manusia terkoneksi dengan manusia lain, dengan mesin-mesin industri, maupun dengan lingkungan disekitarnya. Tentunya, adanya revolusi industri 4.0 ini dapat meningkatkan produktivitas secara signifikan. pada masa ini sering kali dibutuhkan produk single part dimana hanya membutuhkan satu atau beberapa produk yang digunakan tanpa perlu produksi masal atau bersifat custom design[1]. Teknologi 3D Printing adalah proses pembuatan benda padat menggunakan 3D Printer dengan perintah berupa file program. Proses pencetakan objek tiga dimensi ini dikenal sebagai additive Manufacturing[2]. Teknologi ini diaplikasikan diberbagai bidang teknik dan industri seperti pesawat terbang, bioengineering, medical devices, medical implant dan produk otomotif. Terdapat pembagai teknologi additive manufacturing yang tersedia di pasaran seperti Fused Deposition Modeling (FDM), Direct Metal Deposition (DMD), Selective Laser Sintering (SLS), Inkjet Modeling (IJM), Digital Light Processing (DLP), dan Stereolithography (SLA)[3].

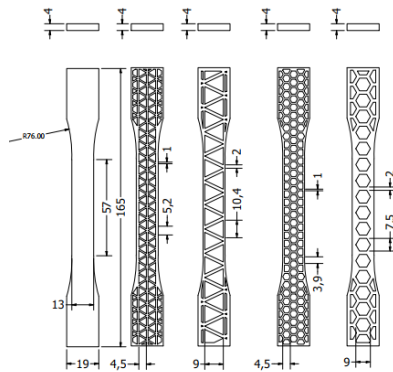
Pertama kalinya mesin SLA (Stereolithographic Apparatus) diproduksi oleh 3D Systems pada tahun 1992. Proses pemadatan photopolymer pada mesin menggunakan laser UV (Ultraviolet), cahaya Ultraviolet yang ditembakkan mengikuti pola yang dibuat pada Software 3DP. Bahan baku pembuatan objek 3D dengan teknologi SLA disebut dengan photopolymer liquid resin yang terbuat dari campuran bahan kimia. Dalam proses pencetakan terdapat beberapa parameter seperti Layer Thickness, Exposure Time, Overhang Angle, Hatch Spacing, the Fill spacing, Hatch Overcure, Border Overcure, dan the Fill Cure Depth. Parameter adalah bagian yang sangat mempengaruhi keakuratan dan tingkat kekuatan pada setiap lapisan (layer), oleh karena itu pemilihan dan pengaturan parameter ini sangatlah penting[4].

Penelitian yang telah dilakukan mengenai desain pengaruh internal geometri terhadap properti mekanik yang dihasilkan. Penelitian tersebut mengkomparasi sampel dengan geometri stipes, circle, dan honeycomb. Masih terdapat kekurangan dari penelitian ini, yaitu penggunaan jenis printer dan arah orientasi yang begitu banyak membuat variabel internal geometri yang akan diamati mendapat pengaruh dari orientasi pencetakan[5].

Penelitian ini akan menganalisis mengenai propertis mekanik objek hasil 3D printing SLA yang dipengaruhi oleh jenis material Resin, desain internal geometri, dan rasio dimensinya. Data hasil penelitian nantinya diharapkan dapat dijadikan rujukan atau pertimbangan dalam membuat objek tiga dimensi menggunakan 3D printing SLA.

**METODOLOGI**

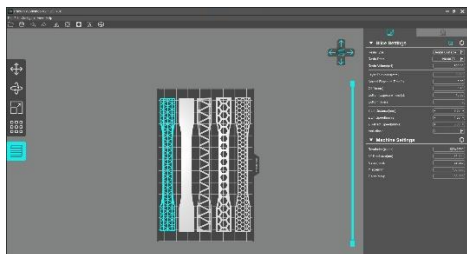
Desain 3D spesimen Objek yang nantinya akan dicetak terlebih dahulu digambar desain dua dimensinya menggunakan software Inventor dengan ukuran yang sesuai dengan standar ASTM D638[6]. Luaran objek dua dimensi berformat .dwg atau drawing yang akan dipindahkan dari software photon workshop untuk di extrude kemudian disimpan dalam format .stl.



Gambar 1

Desain internal geometri dan dimensi (mm) spesimen Uji Tarik[6].

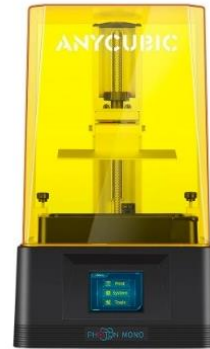
Slicing layers dan printing preparation objek tiga dimensi dengan ukuran yang telah ditentukan pada proses sebelumnya kemudian di buka menggunakan software photon workshop. Secara otomatis jumlah lapisan dari objek tiga dimensi yang akan dicetak dapat diketahui jumlahnya dan dapat ditentukan jumlahnya dengan mengatur ketebalan dari setiap lapisannya.



Gambar 2

Proses Slicing layers di Photon Workshop. Pencetakan 3D Setelan dari objek yang telah valid pad software photon workshop kemudian

dicetak menggunakan 3D Printer Anycubic dengan panjang dan massa resin serta durasi yang telah diatur menggunakan software photon workshop.



Gambar 3

Mesin 3D printer Anycubic (SLA).

Pada perancangan uji tarik dalam di lihat di tabel 1 sampai 2 variabel yang digunakan untuk pengujian tarik pada standar ASTM dengan jumlah sampel setiap variabel adalah 5 buah.

**Tabel 1.** Rasio panjang Internal geometri spesimen penelitian

Resin	Dental	
Internal Geometri		
Kontrol	Triangle	Honeycomb
Rasio Panjang Internal Geometri		
Solid	4,5 mm	4,5 mm
	9,0 mm	9,0 mm

**Tabel 2.** Kode spesimen uji tarik

Tensile Test				
Rasio Panjang Internal Geometri Spesimen				
4,5 mm	9,0 mm	solid		
Honeycomb	Triangle	Honeycomb	Triangle	Kontrol
omb	le	omb	gle	rol
Kode Pengujian				
FLE/4,5/H	FLE/4,5/T	FLE/9,0/H	FLE/9,0/T	FLE/K

Pengujian mekanik cetak objek tiga dimensi yang telah berbentuk spesimen uji tarik kemudian dilakukan pengujian mekanik dengan standar ASTM D638 Tipe 1[6]. Nilai kekuatan tarik, regangan, dan modulus dihitung menggunakan persamaan 1 -3.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots \dots \dots (1)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (2)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (3)$$

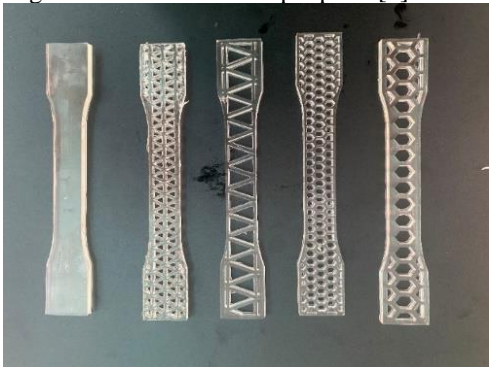
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

### Analisis pengujian tarik

Sampel uji tarik dibentuk sesuai dengan standar ASTM D638 tipe I dengan nominal ketebalan setiap sampel  $4 \pm 0,4$  mm dan speed of testing 5 mm/min. Pengujian tarik dilaksanakan di laboratorium teknol menggunakan mesin universal testing mechine tipe HT-2010 dengan kapasitas load 25 Ton.

Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari bahan resin terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain mengetahui titik tarik maksimum, titik putus, dan karakter model resin detal. Data hasil pengujian yang diperoleh berupa nominal load ketika mencapai ultimate tensile stress dan strain maksimum ketika sampel putus. Nilai kekuatan tarik maksimum (ultimate tensile stress), adalah beban maksimum (P) dibagi luas awal penampang lintang (Ao) benda uji[7]. Gambar 4 adalah foto sampel uji tarik hasil cetak menggunakan 3D Pinter Anycubic (SLA).

Luas penampang lintang (cross section area) dari masing-masing sampel dihitung dari luasan penampang lintang sampel kontrol dikurangi dengan luasan internal geometri dari masing-masing variabel sampel. Luas penampang lintang sampel RAW/K adalah  $283,385 \text{ mm}^2$ . Diperoleh dari hasil kali tebal ( $t = 4$  mm) sampel dengan lebar ( $l = 13$  mm) sampel. Sedangkan luas penampang lintang untuk sampel  $\Delta K/4,5/T$   $15,896 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta B/9/H$   $63,585 \text{ mm}^2$ ,  $OK/4,5/T$   $15,896 \text{ mm}^2$ , dan  $OB/9/H$   $63,585 \text{ mm}^2$ . Nominal tersebut adalah nilai minimum cross section area sebagai pembagi dari breaking force yang dihasilkan ketika sampel putus[5].



Gambar 4  
Sampel uji tarik

Nilai regangan setiap sampel diperoleh dari hasil bagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) benda uji dengan panjang awal ( $L_0$ )[8]. Nilai panjang ukur (gage length) yang digunakan adalah 57 mm.

RAW/K atau sampel kontrol dibuat dengan tujuan untuk mengetahui kualitas sampel hasil cetak menggunakan mesin 3D Printer, sekaligus menjadi variabel kontrol untuk pembandingan

sampel dengan variasi internal[9]. Data hasil pengujian untuk sampel kontrol disajikan dalam tabel 4.

**Tabel 3.** Utlime tensile strength Dental Model Resin

Sampel	Filament Detal	
	Model Resin	RAW/K
Ttensile Strength	5-70	52,50

Nilai ultimate tensile strength data pada tabel di atas sesuai dengan ASTM D638 dengan parameter pengujian yang sama. Sedangkan nilai kekuatan tarik maksimum sampel yang dipreparasi menggunakan mesin 3D Printer adalah 52,50 MPa. Besaran nilai kekuatan tarik maksimum dari pengujian tarik tersebut bisa saja lebih tinggi atau lebih rendah, bergantung pada paramater pencetakan menggunakan mesin 3D Pinter Anycubic (SLA).

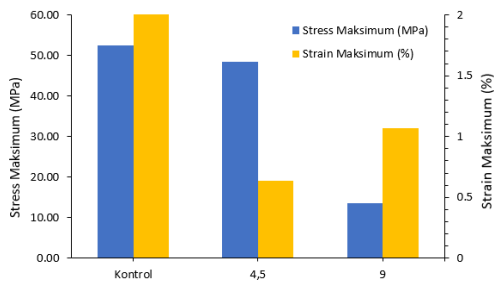
Hasil pengujian kemudian dibandingkan berdasarkan jenis dan ukuran dari setiap internal geometri.

Grafik pada gambar 5 menyajikan nilai stress dan strain maksimum ketika sampel dengan internal geometri segitiga (triangle) mengalami putus. Nilai kekuatan tarik maksimum dari sampel RAW/K,  $\Delta K/4,5/T$ , dan  $\Delta B/9/T$  adalah 52,50 MPa, 48,50 MPa, dan 13,50 MPa. Sedangkan maksimum strain yang dihasilkan ketika sampel putus secara berturut – turut adalah 2,012 %, 0,640 %, dan 1,067 %. Berdasarkan hasil tersebut, nilai ultimate tensile strength terbesar untuk internal geometri segitiga adalah 48,50 MPa milik sampel  $\Delta K/4,5/T$ .

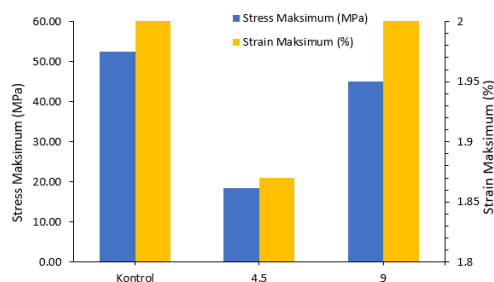
Berikutnya adalah hasil pengujian untuk internal geometri honeycomb.

Grafik tegangan dan regangan maksimum disajikan pada gambar 6. Menggunakan variabel kontrol yang sama, nilai stress maksimum ketika sampel dengan internal geometri honeycomb mengalami break adalah 18,50 MPa dan 45,00 MPa untuk  $OK/4,5/H$  dan  $OB/9/H$ . Sedangkan besaran nilai regangan maksimum yang dihasilkan dari kedua variabel secara berturut-turut adalah 1,870 % dan 2,085%.

Nilai kekautan tarik terbesar untuk internal geometri honeycomb adalah 45,00 MPa untuk sampel  $OB/9/H$ .

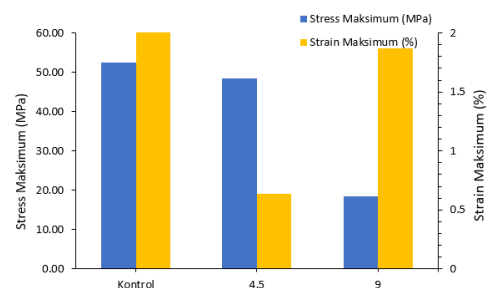


Gambar 5  
Grafik tegangan regangan maksimum uji tarik sample triangle.



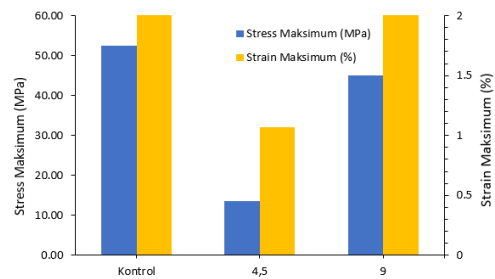
Gambar 6  
Grafik tegangan regangan maksimum uji tarik sampel honeycomb.

Data pada gambar 7 adalah komparasi sampel uji tarik triangle dan honeycomb dengan ukuran sumbu simetri 4,5 mm. Garis biru menyatakan nilai tegangan maksimum yang dihasilkan dari masing-masing sampel. Diketahui bahwa sampel dengan internal geometri triangle memiliki nilai tegangan 48,50 MPa. Nominal tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan sampel uji tarik dengan internal geometri *honeycomb* dengan besaran nilai tegangan maksimumnya adalah 18,50 MPa.



Gambar 7  
Grafik tegangan regangan maksimum uji tarik sampel dengan internal geometri 4,5 mm  
Nilai regangan dari kedua sampel disajikan oleh grafik kuning. Sampel  $\Delta K/4,5/T$  dan  $OK/4,5/H$  memiliki nilai regangan sebesar 0,638 % dan 1,870 %. Dari data tersebut diketahui bahwa sampel dengan internal geometri triangle berukuran sumbu simetri 4,5 mm dapat menahan tegangan yang lebih besar dibandingkan sampel dengan internal geometri *honeycomb* pada ukuran sumbu simetri.

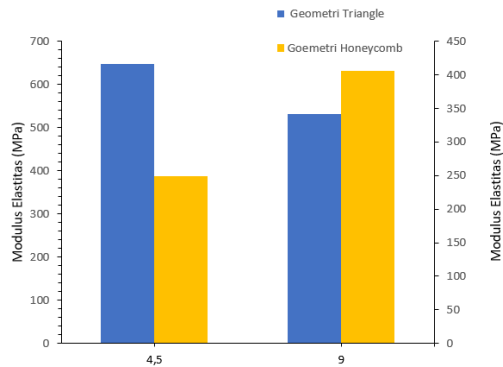
Nominal UTS yang dihasilkan oleh sampel  $\Delta K/4,5/T$  memiliki nilai yang paling rendah dibandingkan dengan  $RAW/K$  dan  $OK/4,5/H$  dikarenakan sampel  $\Delta K/4,5/T$  merupakan sampel dengan rongga dari geometri terbanyak.



Gambar 8  
Grafik tegangan regangan maksimum uji tarik sampel dengan internal geometri 9 mm

Berikutnya adalah komparasi antara sampel dengan panjang sumbu simetri 9 mm untuk sampel dengan internal geometri triangle dan *honeycomb* yang ditampilkan pada gambar 8. Kedua internal geometri mampu menghasilkan nilai tegangan maksimum yang lebih tinggi dari sampel  $RAW/K$ . Nilai tegangan dan regangan maksimum dari sampel triangle adalah 13,50 MPa dan 1,067 %. Kemudian sampel dengan internal geometri *honeycomb* memiliki nilai tegangan dan regangan maksimum sampel tersebut. Hasil analisis pada grafik yang disajikan pada gambar 7 dan 8 diketahui bahwa dari masing-masing ukuran sumbu simetri 4,5 mm dan 9 mm, sampel dengan internal geometri triangle menunjukkan nilai tegangan dan regangan maksimum yang lebih baik dibandingkan sampel  $RAW/K$  dan sampel dengan internal geometri *honeycomb*.

Perbedaan nilai kekuatan dari masing-masing ukuran dan bentuk geometri tentunya dipengaruhi oleh pemilihan variasi ukuran dan bentuk geometri, serta pengaruh dari proses cetak menggunakan 3D Pinter Anycubic (SLA). Lebih spesifik terhadap properti yang dapat diketahui dan analisis pengaruh internal geometri terhadap sifat mekaniknya, nilai tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) dikonversi dalam bentuk grafik modulus elastisitas ( $E$ ). Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Karena modulus elastisitas diperlukan untuk perhitungan lenturan batang, maka modulus elastik merupakan nilai rancangan yang penting[10].



Gambar 9

Grafik modulus elastisitas uji tarik

Grafik modulus elastisitas pada gambar 9 menyajikan keseluruhan data sampel dengan variasi internal geometri hasil pengujian. Nilai modulus elastisitas untuk sampel dengan internal geometri triangle adalah 661,674 MPa dan 545,895 MPa untuk ukuran 4,5 mm dan 9 mm. Sedangkan nilai modulus elastisitas 255,483 MPa dan 100,126 MPa dimiliki oleh sampel dengan internal geometri honeycomb dengan ukuran sumbu simetri 4,5 mm dan 9 mm. Nilai modulus elastisitas tertinggi berdasarkan jenis internal geometri dihasilkan oleh sampel dengan internal geometri triangle. Sedangkan berdasarkan pada ukuran sumbu simetri internal geometrinya, nilai modulus tertinggi dimiliki oleh sampel dengan ukuran sumbu simetri internal geometri 4,5 mm dengan bentuk geometri segitiga. Dari hasil pengujian pula diperoleh nilai modulus elastisitas sampel RAW/K adalah 514,363 MPa atau lebih rendah dibandingkan dengan ke 2 sampel dengan perbedaan variasi internal geometri.

Berdasarkan pada hasil tersebut, dapat diketahui bahwa perbedaan internal geometri yang terdiri dari ketebalan (jarak) antar objek, jumlah geometri, massa dan volume menghasilkan nilai kekuatan tarik yang berbeda.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

Parameter proses pencetakan objek 3D dengan variasi internal geometri triangle dan honeycomb menggunakan dental model resin telah sesuai dengan kriteria cetak material dental model resin. Pengaruh internal geometri material dental model resin yang diperasi menggunakan mesin 3D printer Anycubic (SLA). Perbedaan internal geometri triangle dan honeycomb hasil cetak menggunakan mesin 3D printer Anycubic berpengaruh pada kekuatan tarik. Internal geometri dengan mekanik terbaik adalah geometri triangle.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Setiawan, "Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis," *Proc. Conf. Des. Manuf. Eng. its Appl. Progr.*, no. 2654, pp. 1–5, 2018.
- [2] S. Mahamood, M. A. Khader, and H. Ali, "Applications of 3-D Printing in Orthodontics : A Review," *Int. J. Sci. c Study*, vol. 3, no. 11, pp. 267–270, 2016, doi: 10.17354/ijss/2016/99.
- [3] R. K. Satankar, "Investigating the process parameters of 3D printer extruder of Fused Deposition Modeling- A review," *J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, vol. 4, no. 10, pp. 1–9, 2017.
- [4] Romli, D. Seprianto, D. P. Putra, Zamheri, and M. Rasid, "The Effect of Parameters on the Process of Making Objects with Rapid Prototyping Digital Light Processing Technology on the Bending Stress," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1500, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1500/1/012027.
- [5] T. Galeta, P. Raos, J. Stojšić, and I. Pakši, "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.
- [6] 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.
- [7] V. S. Giita Silverajah, N. A. Ibrahim, N. Zainuddin, W. M. Z. Wan Yunus, and H. A. Hassan, "Mechanical, thermal and morphological properties of poly(lactic acid)/epoxidized palm olein blend," *Molecules*, vol. 17, no. 10, pp. 11729–11747, 2012, doi: 10.3390/molecules171011729.
- [8] G. E. Dieter, D. Bacon, and G. L. Wilkes, *METALLURGY SI Metric Edition Adapted by*. 2001.
- [9] O. S. Carneiro, A. F. Silva, and R. Gomes, "Fused deposition modeling with polypropylene," *Mater. Des.*, vol. 83, pp. 768–776, 2015, doi: 10.1016/j.matdes.2015.06.053.
- [10] "Mechanical metallurgy - Dieter\_ George Ellwood.pdf."