



# Dimensional Accuracy Analysis of Tri-Angle Cutting Tool Insert Mold Prototypes Produced Using PETG-Based 3D Printing

**Muhammad Sobron Yamin Lubis**

Universitas Tarumanagara

<https://orcid.org/0000-0002-5311-0639>

**Raylan Alexander**

Universitas Tarumanagara

**Gerard Theodorus**

Universitas Tarumanagara

**Salma Khaula Bazla**

Universitas Tarumanagara

**Muhamad Zaki Adika**

Universitas Tarumanagara

**Rifqi Andika Putra**

Universitas Tarumanagara

**Silvi Ariyanti**

Universitas Mercu Buana

<https://orcid.org/0000-0002-2444-3688>

**Muhammad Zulkarnain**

Universiti Teknikal Malaysia Melaka

**DOI:** <https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i3.343>

**Keywords:** Dimensional accuracy, 3D printing, PETG, Cutting tool insert, Mold prototipe.

## Abstract

*This study aims to analyze the dimensional accuracy of tri-angle cutting tool insert mold prototypes produced via PETG-based 3D printing. The printing process was carried out with predetermined printing parameters, and the resulting prototypes were measured and compared with the original design dimensions. The evaluation focused on the main dimensions of the insert to determine dimensional deviation and accuracy. The results indicate that PETG 3D printing can produce mold prototypes with*

### **Effect of Condenser Temperature Variation on the Performance of Rotary Vacuum Evaporator in Phyllanthus Niruri Extraction**

Dwi Heru Siswanto, Yayang Permadi, Revvan Rifada Pradiza, Sekar Sari, Rizka Yusvida  
131-142

 [PDF \(Bahasa Indonesia\)](#)

[ Abstract Views: 125 times ] [ Downloaded: 48 times ]

### **Analysis of SMAW Weld Defects Using Different Electrodes in 2G Position on ST 37 Steel by FTA Method**

Iman Pradana A Assagaf, Ariyanto Ariyanto, Angger Bagus Prasetyo, Muhammad Aqdar Fitrah  
143-152

 [PDF \(Bahasa Indonesia\)](#)

[ Abstract Views: 115 times ] [ Downloaded: 74 times ]

### **Automated Humidity Control System Based on DHT21 Sensor and AC Light Dimmer Module**

Syaiful Mansyur, Akhirul April Harahap  
153-164

 [PDF \(Bahasa Indonesia\)](#)

[ Abstract Views: 67 times ] [ Downloaded: 23 times ]

### **Smart Mixing Ice Cream Gelato Technology Design to Develop MSMEs Business**

Widiyanti Widiyanti, Riana Nurmalasari, Marji Marji, Tuwoso Tuwoso, Sh Mohd Firdaus Sh Abdul Nasir  
165-170

 [PDF \(Bahasa Indonesia\)](#)

[ Abstract Views: 60 times ] [ Downloaded: 23 times ]

### **Inventory Optimization of Work Tool Availability at an Automotive Workshop**

Hariyo P. S. Pratomo, Ivan Christian Hernando, Matthew Jeffrey Rudijanto, Joseph Wicaksono Tandio  
171-183

 [PDF](#)

[ Abstract Views: 79 times ] [ Downloaded: 27 times ]

### **Dimensional Accuracy Analysis of Tri-Angle Cutting Tool Insert Mold Prototypes Produced Using PETG-Based 3D Printing**

Muhammad Sobron Yamin Lubis, Raylan Alexander, Gerard Theodorus, Salma Khaula Bazla, Muhamad Zaki Adika, Rifqi Andika Putra, Silvi Ariyanti, Muhammad Zulkarnain  
184-192

 [PDF \(Bahasa Indonesia\)](#)

[ Abstract Views: 108 times ] [ Downloaded: 36 times ]

### **The Effect of Zinc Phosphate Coating on ST42 Carbon Steel on Corrosion Rate and Wear Resistance**

Rio Candra Hermawan, Nani Mulyaningsih, M. Fendy Kussuma Hadi Sufyan  
193-200

 [PDF \(Bahasa Indonesia\)](#)

[ Abstract Views: 74 times ] [ Downloaded: 41 times ]

**Analisis Akurasi Dimensi Prototipe Cetakan *Cutting Tools Insert Tri Angle* Menggunakan Proses Pencetakan 3D Berbahan PETG**

***Dimensional Accuracy Analysis of Tri-Angle Cutting Tool Insert Mold Prototypes Produced Using PETG-Based 3D Printing***

M. Sobron Yamin Lubis<sup>1\*</sup>, Raylan Alexander<sup>1</sup>, Gerard Theodorus<sup>1</sup>, Salma Khaula Bazla<sup>1</sup>, Muhammad Zaki Adika<sup>1</sup>, Rifqi Andika Putra<sup>1</sup>, Silvi Ariyanti<sup>2</sup>, Muhammad Zulkarnain<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara, Jakarta Barat 11440, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana, Jakarta Barat 11650, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Teknologi Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, 75450 Ayer Kayoh, Melaka, Malaysia

\*Corresponding author: [sobronl@ft.untar.ac.id](mailto:sobronl@ft.untar.ac.id)

Diterima: 17-10-2025

Disetujui: 29-11-2025

Dipublikasikan: 28-12-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan menganalisis akurasi dimensi prototipe cetakan cutting tools insert berbentuk segitiga yang dibuat menggunakan teknologi pencetakan 3D dengan material PETG. Proses pencetakan dilakukan dengan variasi parameter pencetakan yang telah ditentukan, kemudian hasil prototipe diukur dan dibandingkan dengan dimensi desain awal. Pengukuran difokuskan pada dimensi utama insert untuk mengetahui tingkat penyimpangan dan ketelitian hasil cetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pencetakan 3D berbahan PETG mampu menghasilkan prototipe cetakan dengan tingkat akurasi dimensi yang cukup baik, meskipun masih ditemukan penyimpangan kecil akibat pengaruh parameter pencetakan dan sifat material. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemanfaatan teknologi 3D printing sebagai metode alternatif pembuatan prototipe cetakan cutting tools yang efisien dan ekonomis.

**Kata Kunci:** Akurasi dimensi, 3D printing, PETG, Cutting tools insert, Prototipe cetakan.

**Abstract**

This study aims to analyze the dimensional accuracy of tri-angle cutting tool insert mold prototypes produced via PETG-based 3D printing. The printing process was carried out with predetermined printing parameters, and the resulting prototypes were measured and compared with the original design dimensions. The evaluation focused on the main dimensions of the insert to determine dimensional deviation and accuracy. The results indicate that PETG 3D printing can produce mold prototypes with satisfactory dimensional accuracy, though minor deviations were observed due to printing parameters and material characteristics. This study is expected to serve as a reference for using 3D printing technology as an efficient, cost-effective alternative for manufacturing cutting tool mold prototypes.

**Keywords:** Dimensional accuracy, 3D printing, PETG, Cutting tool insert, Mold prototype.

**1. Pendahuluan**

Perkembangan teknologi manufaktur dalam beberapa dekade terakhir mengalami kemajuan signifikan, salah satunya ditandai dengan munculnya teknologi manufaktur aditif atau 3D printing, yang memungkinkan proses produksi dilakukan dengan presisi tinggi, waktu yang

lebih singkat, serta biaya yang lebih efisien dibanding metode konvensional. Teknologi ini telah digunakan secara luas pada berbagai bidang, termasuk industri cetakan, yang sangat bergantung pada keakuratan dimensi untuk menghasilkan produk dengan kualitas optimal (Gibson et al. 2021).

Salah satu aplikasi penting dari proses manufaktur cetakan adalah pada pembuatan mata pahat berbentuk *tri angle* yang digunakan dalam mesin potong otomatis. Mata pahat merupakan komponen utama pada proses pemotongan material dalam berbagai industri, sehingga bentuk, kekuatan, dan presisinya sangat menentukan hasil akhir proses pemesinan. Dalam proses produksinya, mata pahat biasanya dibuat menggunakan bahan keramik atau logam melalui proses cetak presisi. Sebelum cetakan logam dibuat, dilakukan proses perancangan dan pembuatan *prototipe cetakan* menggunakan teknologi *3D printing*.



**Gambar 1.** Mata Pahat *Insert Type Tri Angle*

Material *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *prototipe* cetakan karena memiliki sifat mekanik yang baik, ketahanan terhadap suhu, dan kemudahan proses pencetakan dengan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) (Turner et al. 2014). Namun, salah satu tantangan terbesar dalam penggunaan bahan polimer adalah deviasi dimensi yang terjadi antara desain CAD dan hasil cetakan aktual. Deviasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu nozzle, kecepatan cetak, ketebalan lapisan, orientasi cetakan, serta pola infill (Sun et al. 2018).

*Polyethylene Terephthalate Glycol* (PETG) merupakan material termoplastik amorf yang umum digunakan pada proses FDM atau *Fused Filament Fabrication* (FFF). PETG memiliki sifat:

- Koefisien susut rendah untuk mengurangi *warping*
- Sifat adhesi antar-lapisan yang baik untuk memperbaiki integritas struktur cetakan
- Ketahanan benturan lebih tinggi dibanding PLA
- Kekakuan mendekati ABS

Sifat-sifat tersebut menjadikan PETG cukup ideal untuk komponen fungsional yang membutuhkan toleransi dimensi stabil serta kekuatan mekanik yang baik. Menurut Algarni & Ghazali (2021), PETG memiliki kekuatan tarik lebih tinggi 10–20% dari PLA pada kondisi cetak yang sama, serta ketahanan benturan 2× lebih besar. Penelitian yang dilaksanakan oleh Loskot et al. (2023) menunjukkan bahwa menurunkan sifat mekanik PETG akibat porositas antar lapisan. Kajian yang dilakukan oleh Tunçel et al. (2024) menyatakan bahwa peningkatan infill density dan pengaturan suhu nozzle optimal meningkatkan flexural strength dan menurunkan risiko retak lapisan.

Ketepatan dimensi merupakan parameter kunci dalam proses pencetakan 3D karena berdampak langsung terhadap kompatibilitas dan performa komponen hasil cetak. Untuk mengukur tingkat ketepatan dimensi digunakan pendekatan matematis, diantaranya *deviasi linear absolut* ( $\Delta L$ ) yang dihitung dengan:

$$\Delta L = L_d - L_a \quad (1)$$

dengan:

- $L_d$  = dimensi desain (mm)
- $L_a$  = dimensi aktual hasil cetak (mm)

Persentase kesalahan relatif terhadap dimensi desain dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Er = (\Delta L / L_d) \times 100\% \quad (2)$$

Persamaan (1) dan (2) menjadi dasar dalam evaluasi akurasi dimensi prototipe cetakan berbahan PETG. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa parameter suhu ekstruder dan kecepatan cetak merupakan faktor paling signifikan dalam mempengaruhi dimensi akhir hasil cetak (Agarwal. 2022). Ranjan et al. (2022) menambahkan bahwa variasi pada ketebalan lapisan juga mempengaruhi kekasaran permukaan dan penyusutan dimensi. Winsen (2025) menunjukkan bahwa pola *infill* seperti *grid* dan *honeycomb* dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kestabilan bentuk hasil cetak dibandingkan pola linear. Grid infill pada 3D printing adalah pola pengisian internal berbentuk kotak atau kisi-kisi dua arah yang digunakan untuk mengisi bagian dalam model 3D pada saat proses slicing. Disamping itu pengaruh *wall loops* pada hasil cetak 3D printing sangat besar, terutama terkait kekuatan, kualitas permukaan, ketahanan, dan waktu cetak. *Wall loops* adalah jumlah lapisan dinding (perimeter) yang mengelilingi bagian luar model pada setiap layer cetakan.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan industri manufaktur untuk menghasilkan mold prototipe dengan tingkat akurasi tinggi, yang akan berdampak langsung pada efisiensi proses produksi dan umur pakai komponen cetakan. Penyimpangan dimensi sekecil apa pun dapat menyebabkan ketidaksesuaian bentuk, kegagalan perakitan, peningkatan biaya *rework*, bahkan cacat produk. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi deviasi dimensi serta menentukan parameter pencetakan optimal berbahan PETG.

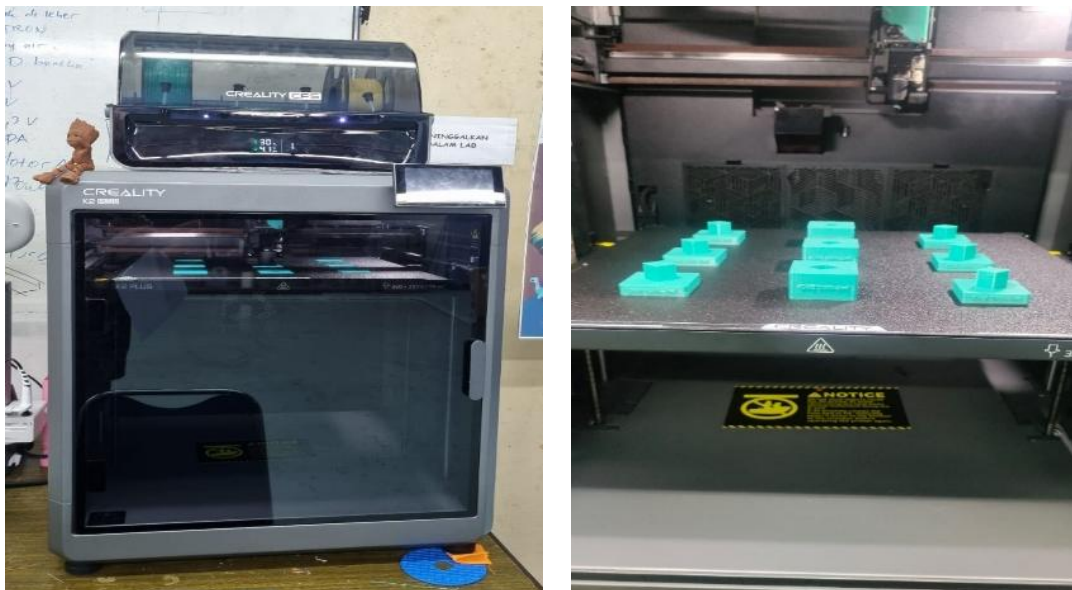
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat akurasi dimensi prototipe mold berbahan PETG yang diproduksi menggunakan teknologi 3D *printing*. Fokus utama penelitian diarahkan pada analisis deviasi dimensi hasil cetakan terhadap desain awal, serta identifikasi pengaruh variasi parameter proses pencetakan, khususnya jumlah *wall loops* dan pola *infill*, terhadap ketelitian geometris produk yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kombinasi parameter pencetakan yang optimal guna menghasilkan prototipe mold dengan tingkat akurasi tinggi dan deformasi yang minimal, sehingga layak digunakan sebagai alternatif dalam proses pengembangan produk manufaktur.

Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini dirancang melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap awal dilakukan eksperimen pencetakan 3D dengan memvariasikan parameter proses, yaitu *wall loops* dan pola *infill*, dalam pembuatan prototipe mold berbahan PETG. Selanjutnya, dilakukan pengukuran akurasi dimensi dengan membandingkan hasil cetakan terhadap desain CAD menggunakan alat ukur digital berpresisi tinggi serta perhitungan berdasarkan persamaan (1) dan (2). Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi parameter proses yang paling berpengaruh terhadap terjadinya deviasi dimensi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, tahap akhir penelitian difokuskan pada optimasi parameter pencetakan guna memperoleh kombinasi terbaik yang mampu meningkatkan akurasi dimensi hasil cetakan mold.

Hipotesis yang dikembangkan dalam penelitian ini menyatakan bahwa variasi parameter proses pencetakan 3D berpengaruh signifikan terhadap deviasi dimensi prototipe mold berbahan PETG, serta terdapat kombinasi parameter optimal yang dapat meminimalkan deviasi tersebut. Dengan pendekatan penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh kontribusi ilmiah dalam upaya optimalisasi proses 3D printing, khususnya dalam pembuatan prototipe mold yang lebih presisi, efisien, dan ekonomis, guna mendukung perkembangan industri manufaktur modern.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan pada Agustus 2025 menggunakan 3D Printer Creality K2 Plus (Gambar 2) dengan material filament PETG (Gambar 3). Objek penelitian berupa prototipe *mold cutting tools insert Tri Angle* yang terdiri dari tiga bagian (A, B, dan C). Parameter variabel yang diuji adalah jumlah *wall loops* (2, 4, dan 6) dan variasi *grid infill* sebesar 30%, 40%, dan 50%. Suhu nozzle 230°C-240°C, suhu bed 65°C-70 °C, kecepatan cetak 200 mm/s dan orientasi objek horizontal. Pengukuran dimensi panjang sisi dan ketebalan dilakukan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm oleh dua operator berbeda untuk validasi hasil. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan dimensi referensi desain. Teknik analisis menggunakan evaluasi deviasi dan stabilitas dimensi terhadap variasi parameter.



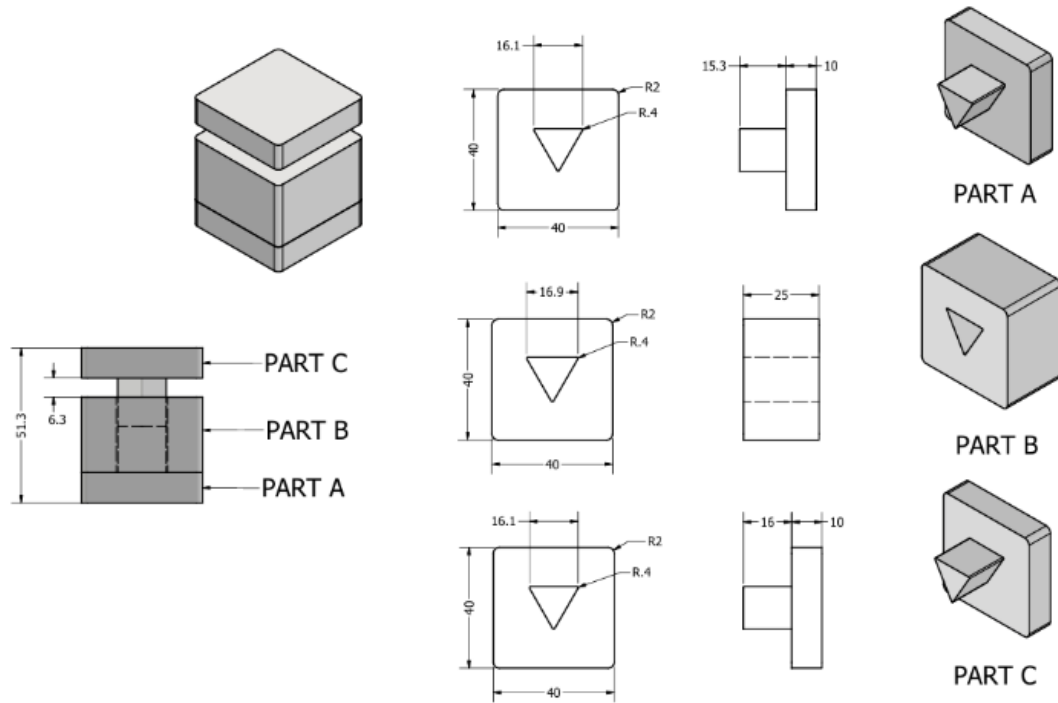
**Gambar 2.** 3D Printer Creality K2 Plus

Bahan *Filament* yang digunakan adalah jenis PETG:



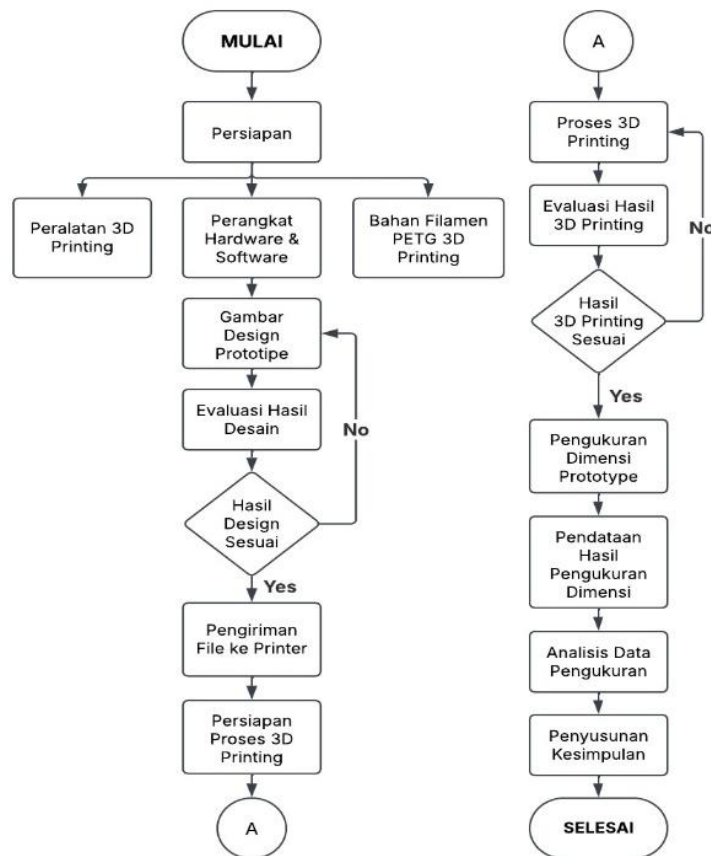
**Gambar 3.** Filament PETG

Gambar desain prototipe *tri angle mold* sebagaimana disampaikan pada gambar 1.



**Gambar 4.** Gambar teknik *mold cutting tools insert tri angle*

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagaimana disampaikan pada diagram alir berikut :



**Gambar 5.** Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, parameter proses yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Table 1.** Spesifikasi Parameter Cetak

Parameter	Nilai
Jenis Material	PETG
Printer	Creality K2 Plus
Wall Loops	2, 4, 6
Grid Infill (%)	30, 40, 50
Ketebalan Wall Loops	0.4 mm

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pencetakan *mold tri angle* dapat dilihat pada gambar berikut :



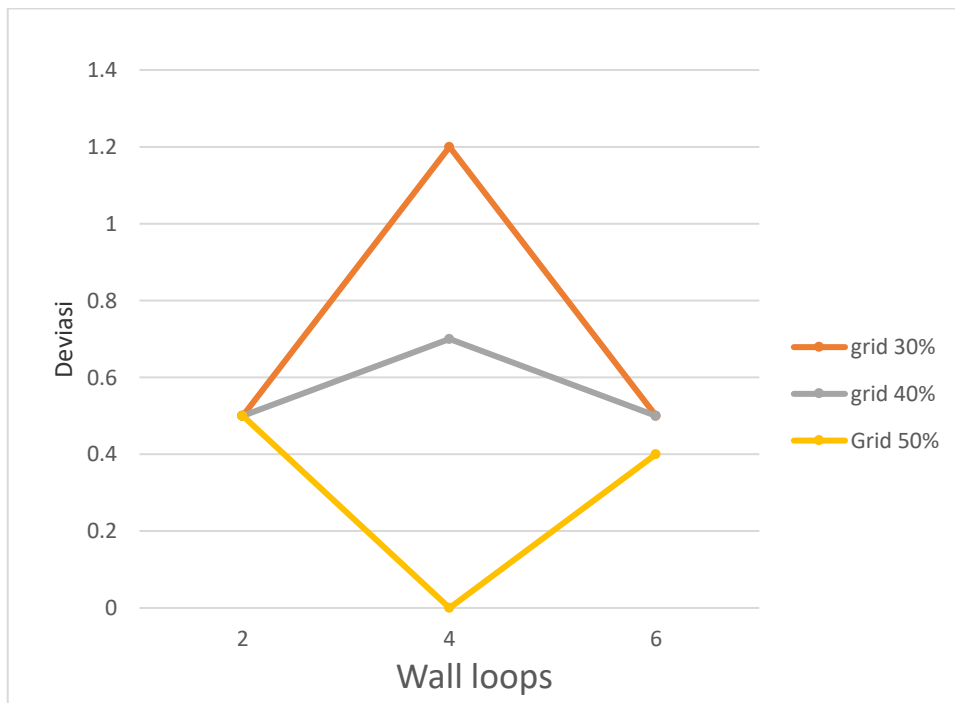
**Gambar 6.** Hasil Cetak 3D printing *tri angle mold*

Hasil pengukuran dimensi panjang sisi dan ketebalan dari tiga bagian prototipe ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran dimensi *mold tri angle*

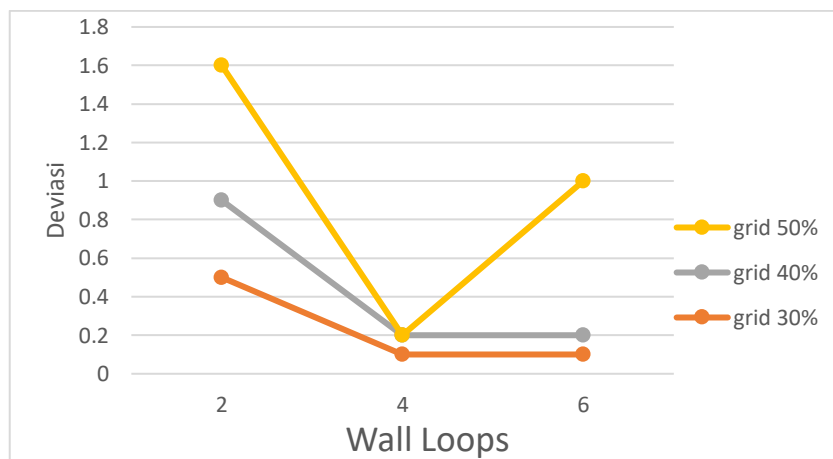
Wall Loops	Part	Pengukuran	Referensi Grid 30%			Grid 40%		Grid 50%	
			(mm)	(mm)	Deviasi	(mm)	Deviasi	(mm)	Deviasi
2	A	Panjang Sisi	16.1	16.6	0.5	16.6	0.5	16.6	0.5
		Tebal	15.3	15.4	0.1	16.0	0.7	16.1	0.8
	B	Panjang Sisi	16.9	16.3	-0.6	16.1	-0.8	16.6	-0.3
		Tebal	25.0	25.6	0.6	25.6	0.6	25.6	0.6
	C	Panjang Sisi	16.1	16.6	0.5	16.5	0.4	16.8	0.7
		Tebal	16.0	16.1	0.1	16.1	0.0	15.2	0.3
4	A	Panjang Sisi	16.1	17.3	1.2	16.8	0.7	16.1	0.0
		Tebal	15.3	16.1	0.8	16.1	0.8	15.1	-0.2
	B	Panjang Sisi	16.9	15.3	-1.6	16.1	-0.8	16.5	-0.4
		Tebal	25.0	25.2	0.2	25.6	0.6	25.2	0.2
	C	Panjang Sisi	16.1	16.6	0.5	16.7	0.6	16.5	0.4
		Tebal	15.3	15.4	0.1	15.4	0.1	15.3	0.0
6	A	Panjang Sisi	16.1	16.6	0.5	16.6	0.5	16.5	0.4
		Tebal	15.3	15.3	0.0	15.3	0.0	16.1	0.8
	B	Panjang Sisi	16.9	16.7	0.2	16.8	-0.1	16.5	-0.4
		Tebal	25.0	25.8	0.8	25.8	0.8	25.8	0.8
	C	Panjang Sisi	16.1	16.3	0.2	16.7	0.6	16.5	0.4
		Tebal	16.0	16.1	0.1	16.1	0.1	16.8	0.8

Perbandingan nilai deviasi panjang sisi *mould* (anvil) dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 7.** Perbandingan Deviasi Panjang Sisi Mould (anvil)

Pada bagian anvil, nilai deviasi yang tertinggi diperoleh sebesar 1.2 yang terjadi pada grid 30 % dengan wall loops 4, secara umum menunjukkan nilai deviasi yang rendah dimana nilai sisi *prototipe anvil* mendekati dimensi referensi. Nilai sisi yang memiliki kesamaan dengan dimensi referensi diperoleh pada grid 50% dengan wall loops 4.



**Gambar 8.** Perbandingan Deviasi Panjang Sisi Mould (punch)

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa rata-rata deviasi panjang sisi mould (punch) yang terendah diperoleh pada wall loops 4 untuk semua jenis grid yang digunakan. Pada grid 50% dan wall loop 2 diperoleh deviasi tertinggi. Pada punch ini, penggunaan grid 50% didapati deviasi lebih besar dibandingkan grid 30 % dan 40 %. Terutama pada wall loops 2 dan 6. Secara umum, panjang sisi prototipe cenderung mendekati dimensi referensi dengan deviasi maksimum  $\pm 1,2$  mm. Ketebalan menunjukkan variasi lebih besar, terutama pada wall loops 2 dan grid infill rendah. Wall loops 6 menghasilkan ketebalan paling stabil dan mendekati nilai referensi, hal ini dikarenakan dinding yang lebih tebal dan kuat meminimalisasi penyusutan dan deformasi. Persentase grid infill yang lebih tinggi (50%) juga berkontribusi terhadap peningkatan ketebalan prototipe sehingga mendekati spesifikasi desain.

Variasi pada grid infill kurang berpengaruh terhadap panjang sisi, namun mempengaruhi ketebalan, terutama pada bagian B yang memiliki ketebalan terbesar. Kombinasi wall loops 6 dengan grid 50% memberikan hasil terbaik dengan deviasi minimum pada kedua parameter dimensi. Temuan ini konsisten dengan studi terdahulu yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah wall loops dan kepadatan infill dapat meningkatkan kekuatan dan akurasi dimensi hasil cetak 3D (Mazlan et al. 2023; Tanver. 2022). Namun, peningkatan parameter ini juga berdampak pada waktu cetak yang lebih lama sehingga perlu optimasi yang seimbang antara kualitas dan efisiensi.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah wall loops dan grid infill berpengaruh signifikan terhadap akurasi dimensi prototipe mold cutting tools insert Tri Angle pada proses 3D printing berbahan PETG. Wall loops 6 dengan grid infill 40-50% menghasilkan dimensi paling akurat dan stabil baik untuk panjang sisi maupun ketebalan prototipe. Parameter ini direkomendasikan untuk produksi prototipe yang membutuhkan presisi tinggi. Adapun keterbatasan dalam penelitian ini hanya menggunakan satu jenis printer dan material, disamping itu pengujian orientasi cetak atau layer height tidak dilakukan. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji pengaruh waktu cetak dan kekuatan mekanik terhadap parameter cetak, dan simulasi FEM untuk deformasi agar menghasilkan proses manufaktur yang optimal.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Tarumanagara yang telah memberikan dana penelitian priode I Tahun 2025. Ucapan terima kepada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.

#### Daftar Pustaka

- Agarwal, K. M., P. Shubham, D. Bhatia, P. Sharma, H. Vaid, and R. Vajpeyi. 2022. "Analyzing the Impact of Print Parameters on Dimensional Variation of ABS Specimens Printed Using Fused Deposition Modelling (FDM)." *Sensors International* 3: 100149. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100149>.
- Ahmad, M. N., and A. Yahya. 2023. "Effects of 3D Printing Parameters on Mechanical Properties of ABS Samples." *Designs* 7 (6): 136. <https://doi.org/10.3390/designs7060136>.
- Ahn, Sung Hoon, Miguel Montero, David Odell, Samuel Roundy, and Paul K. Wright. 2002. "Anisotropic Material Properties of Fused Deposition Modeling ABS." *Rapid Prototyping Journal* 8 (4): 248–257. <https://doi.org/10.1108/13552540210441166>.
- Algarni, Mohammed, and S. Ghazali. 2021. "Comparative Study of the Sensitivity of PLA, ABS, PEEK, and PETG's Mechanical Properties to FDM Printing Process Parameters." *Crystals* 11 (8): 995. <https://doi.org/10.3390/cryst11080995>.
- Gibson, Ian, David Rosen, Brent Stucker, and Mahyar Khorasani. 2021. *Additive Manufacturing Technologies*. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7>.
- Gimastian, Muhammad Iqbal, Muhammad Sobron Yamin Lubis, dan Rosehan Rosehan. 2025. "Pengaruh Variasi Tool Nose Radius Pahat Karbida Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4140 Pada Proses Bubut". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 4 (2):8-16. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i2.216>.
- Gohn, A. M., D. Brown, G. Mendis, S. Forster, N. Rudd, and M. Giles. 2022. "Mold Inserts for Injection Molding Prototipe Applications Fabricated via Material Extrusion Additive Manufacturing." *Additive Manufacturing* 51: 102595. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102595>.

- Loskot, J., D. Jezbera, R. Loskot, D. Bušovský, A. Barylski, K. Glowka, and M. Zubko. 2023. "Influence of Print Speed on the Microstructure, Morphology, and Mechanical Properties of 3D-Printed PETG Products." *Polymer Testing* 123: 108055. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108055>.
- Lubis, S. Y., A. Riza, A. H. Wijaya, and S. Ariyanti. 2023. "Optimasi Parameter 3D Printing terhadap Kualitas Produk Bahan Acrylonitrile Butadiene Styrene." *Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri)* 17 (1): 58. <http://dx.doi.org/10.22441>.
- Mazlan, M. A., M. A. Anas, N. A. Nor Izmin, and A. H. Abdullah. 2023. "Effects of Infill Density, Wall Perimeter and Layer Height in Fabricating 3D Printing Products." *Materials* 16 (2): 695. <https://doi.org/10.3390/ma16020695>.
- Ranjan, N. 2022. "Dimensional and Roughness Analysis of ABS Polymer-Based 3D Printed Nuts and Bolts." *Materials Today: Proceedings* 48: 1604–1608. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.492>.
- Sun, Q., Y. Hu, Y. Yu, and Y. Zhang. 2018. "Geometric Compensation Method for Improving the Accuracy of Fused Deposition Modeling." *Journal of Manufacturing Processes* 36: 379–385.
- Sun, Qun, Gang Rizvi, Catherine Bellehumeur, and Peng Gu. 2008. "Effect of Processing Conditions on the Bonding Quality of FDM Polymer Filaments." *Rapid Prototyping Journal* 14 (2): 72–80. <https://doi.org/10.1108/13552540810862099>.
- Tanveer, M. Q., G. Mishra, S. Mishra, and R. Sharma. 2022. "Effect of Infill Pattern and Infill Density on Mechanical Behaviour of FDM 3D Printed Parts: A Current Review." *Materials Today: Proceedings* 62: 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.310>.
- Tunçel, O., Ç. Kahya, and K. Tüfekci. 2024. "Optimization of Flexural Performance of PETG Samples Produced by Fused Filament Fabrication with Response Surface Method." *Polymers* 16 (14): 2020. <https://doi.org/10.3390/polym16142020>.
- Turner, Brian N., Robert Strong, and Scott A. Gold. 2014. "A Review of Melt Extrusion Additive Manufacturing Processes: I. Process Design and Modeling." *Rapid Prototyping Journal* 20 (3): 192–204. <https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2013-0012>.
- Tymrak, Benjamin M., Michael Kreiger, and Joshua M. Pearce. 2014. "Mechanical Properties of Components Fabricated with Open-Source 3-D Printers under Realistic Environmental Conditions." *Materials & Design* 58: 242–246. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.02.038>.
- Winsen, L., J. Michel, W. M. Putra, S. Y. Lubis, and E. Siahaan. 2025. "Influence of Infill Parameters on the Tensile Strength of ABS 3D Printing Filament." *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin* 15 (1): 45–51. <https://doi.org/10.29303/dtm.v15i1.949>.