

Miniature Design of 3D Printed Piston Cup Using PLA Filament Material in Manufacturing Process

G. A. Putero¹, M. Viqri¹, F. Risman¹, A. G. Dewantara¹

¹Mechanical Engineering, Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Jawa Timur

*Corresponding Email: 22036010004@student.upnjatim.ac.id

Abstract. The manufacturing process has evolved throughout the years, with the current existence of 3D printing methods revolutionizing the industry. In the world of manufacturing, 3D printing is essential for producing unique products through a computerized system that synchronizes with many parameters of the intended 3D printed product. The precision of the systems used in 3D printing eases the manufacturing process by displaying parameters of a product that can be thoroughly analyzed. Furthermore, the 3D printing computerized system is effective, energy-efficient, and reliable due to not having direct human involvement in the manufacturing process, thus reducing the percentage of human errors. CAD designs are used for 3D printing and can produce highly accurate 3D printed objects. Mechanical components, small objects, and CAD-accurate designs can easily be achieved through 3D printing. Additionally, 3D printing allows for the creation of miniatures with highly accurate reproductions, which is particularly valuable in industries such as aerospace, medical devices, and consumer electronics. These miniature creations can be manufactured with intricate details that were previously difficult or impossible to achieve with traditional methods. The capability to produce these detailed miniatures has opened new avenues for innovation and customization in manufacturing. Due to the many advantages and the high level of precision offered by 3D printing, many researchers are driven to continuously improve the technology. Advances in materials, printing speed, and resolution are continually being explored to expand the applications of 3D printing in various sectors. The potential for producing complex geometries and custom components on demand makes 3D printing a pivotal technology in the future of manufacturing.

Keywords: Manufacturing Process, 3D Printing, Miniature Design

1. Introduction

Perkembangan teknologi 3D *printing* telah membawa revolusi besar dalam dunia proses manufaktur. Sejak diperkenalkannya teknologi ini, banyak industri yang merasakan manfaat signifikan, mulai dari peningkatan efisiensi hingga kemampuan untuk menghasilkan produk dengan desain yang lebih kompleks dan unik. Teknologi 3D *printing* memungkinkan pembuatan produk melalui sistem terkomputerisasi yang sangat presisi, yang dapat disesuaikan dengan berbagai parameter produk yang akan dicetak. Dengan adanya teknologi ini, proses manufaktur menjadi lebih mudah dan cepat, karena parameter produk yang telah ditentukan dapat dianalisis secara langsung sebelum produksi dimulai. Selain itu, sistem terkomputerisasi ini juga efektif, hemat energi, dan dapat diandalkan karena mengurangi keterlibatan manusia secara langsung dalam proses produksi, sehingga mengurangi kemungkinan *human error* [1].

Ada beberapa metode 3D printing yang saat ini digunakan dalam industri manufaktur, di antaranya adalah *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Stereolithography* (SLA), dan *Selective Laser*

Sintering (SLS). Metode FDM menggunakan filamen termoplastik yang dilelehkan dan dibentuk sesuai dengan desain digital, sementara SLA menggunakan sinar ultraviolet untuk mengeras resin cair, dan SLS menggunakan sinar laser untuk mengikat serbuk material menjadi bentuk padat. Dibandingkan dengan Computer Numerical Control (CNC), yang merupakan teknologi pemesinan subtraktif, 3D printing adalah teknologi additif. CNC bekerja dengan menghilangkan material dari blok padat untuk membentuk objek, sedangkan 3D printing membentuk objek dengan menambahkan material lapis demi lapis. Meskipun CNC memiliki keunggulan dalam presisi dan kecepatan untuk produksi massal, 3D printing menawarkan fleksibilitas desain dan kemampuan untuk memproduksi bentuk geometris yang kompleks [2].

Salah satu material yang sering digunakan dalam proses 3D printing adalah *Polyactic Acid* (PLA), yaitu polimer termoplastik yang terbuat dari sumber daya alam terbarukan seperti tepung jagung atau tebu. PLA memiliki beberapa keunggulan, di antaranya adalah mudah digunakan, memiliki titik leleh rendah, dan ramah lingkungan karena *biodegradable*. Material ini cocok untuk pembuatan prototipe dan produk akhir yang tidak memerlukan ketahanan suhu tinggi. Dalam penggunaannya, PLA mampu menghasilkan cetakan yang halus dan detail, sehingga sangat cocok untuk berbagai aplikasi. Penggunaan PLA juga membantu mengurangi dampak lingkungan dari proses manufaktur karena material ini dapat terurai secara alami [3].

Proses manufaktur miniatur menggunakan teknologi 3D printing memerlukan akurasi tinggi yang dapat dicapai melalui parameter desain CAD yang terkomputasi. Desain CAD memungkinkan pembuatan model digital yang sangat detail dan presisi, yang kemudian diterjemahkan ke dalam proses cetak 3D. Teknologi ini memungkinkan pembuatan miniatur dengan reproduksi yang sangat akurat, yang sangat berharga dalam industri seperti *aerospace*, perangkat medis, dan elektronik konsumen. Miniatur-miniatur ini dapat diproduksi dengan detail rumit yang sebelumnya sulit atau bahkan tidak mungkin dicapai dengan metode tradisional. Kemampuan untuk memproduksi miniatur dengan akurasi tinggi membuka peluang baru untuk inovasi dan kustomisasi dalam proses manufaktur, menjadikan 3D printing sebagai teknologi kunci dalam masa depan industri manufaktur [4].

2. Method

Pada metodologi terdapat pembahasan dari tahapan proses manufaktur *3D Printed Piston Cup* yang desainnya terinspirasi dari Film oleh Disney bernama *Cars* (2006). Model dimensi desain *Piston Cup* yang didesain dengan skala dan bentuk yang dikembangkan agar memiliki waktu produksi yang efisien saat proses *3D printing*. Desain CAD *Piston Cup* dibuat menggunakan aplikasi CAD *Solidworks 2020* dan disimulasikan (dicetak) menggunakan aplikasi *FlashPrint*.

2.1 Pembuatan Desain 3D Printed Piston Cup Pada Software Solidworks 2020

Desain *Piston Cup* dibuat menggunakan aplikasi *Solidworks 2020* pada awalan proses manufaktur *3D printing*. Setelah mengambil referensi model, desain *Piston Cup* dibuat dalam bentuk CAD dengan model dimensi yang ditargetkan selesai dibawah waktu 90 menit.

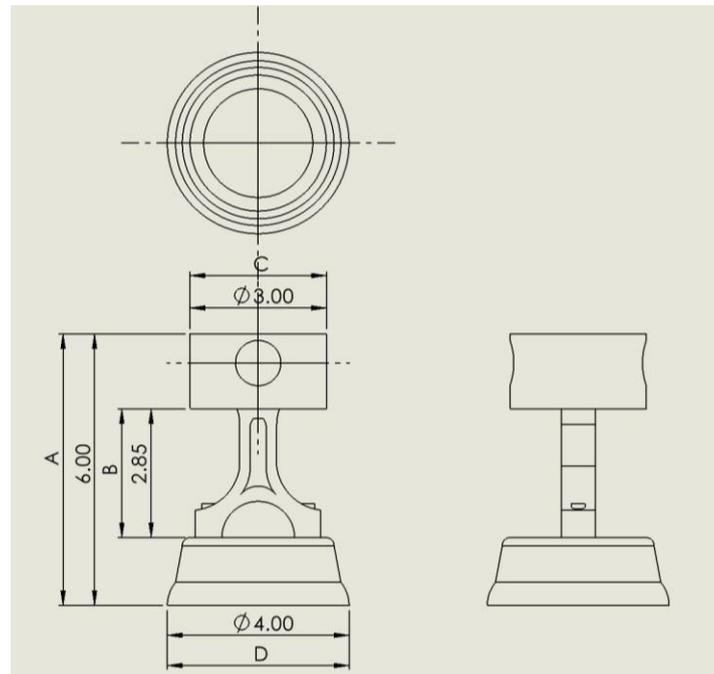


Figure 1. Sketsa 2D *Piston Cup*

Seperti pada Gambar 1 yang menggunakan satuan dimensi mm dengan tinggi total *Piston Cup* sebesar 6mm, diameter bawah 4mm, dan diameter atas 3mm dengan ketebalan *cup atas* sebesar 0,6mm. Desain *piston cup* tersebut merupakan pensederhanaan dari referensi asli dengan beberapa bagian yang dihilangkan agar proses manufaktur 3D *printing* tidak melebihi 90 enit.

2.2 Pengaturan Parameter 3D Printing Pada Software Flashprint

Proses pengaturan parameter ini yaitu dilakukan kalibrasi sebelum memulai proses 3D *Printing* yang dimana pada format file *solidworks* (sldprt) diubah ke *standard tessellation language* (STL) untuk menggambarkan bentuk geometris yang akan dicetak pada proses 3D *Printing* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

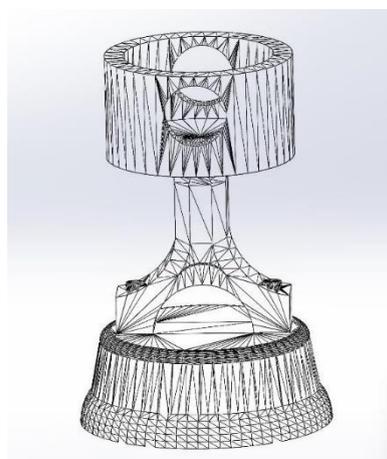


Figure 2. Format File STL

Setelah perubahan format *file* desain CAD dari SLDPRT menjadi STL, maka *file* tersebut dapat dibuka pada aplikasi *flashprint* untuk mengatur parameter atau kalibrasi sebelum proses manufaktur 3D *printing* yang dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

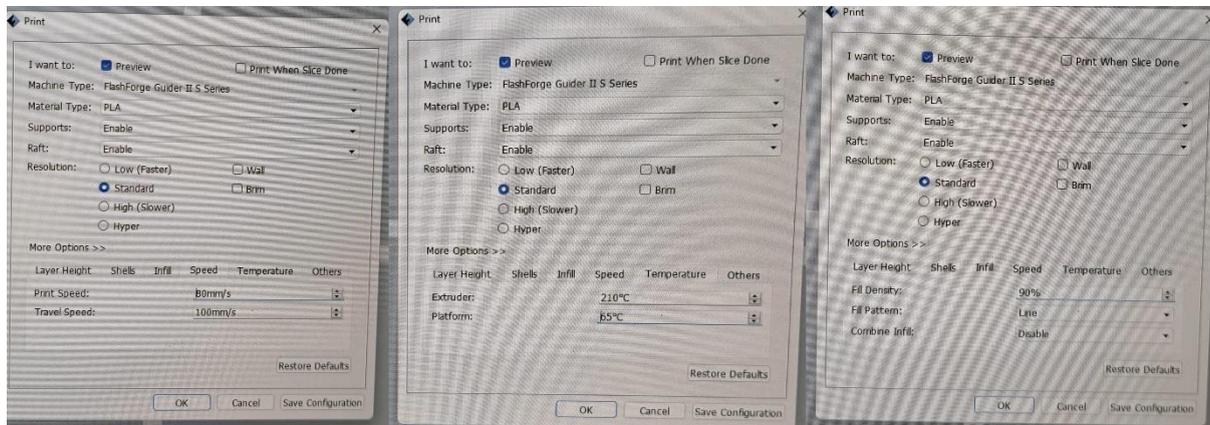


Figure 3. Pengaturan Parameter *Flashprint*

Penjelasan parameter pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa data parameter yang diatur sebelum menjalani proses 3D *Printing* adalah dengan suhu ekstruder 210°C dan *platform* 65°C, dengan suhu tersebut maka filament akan mendapatkan suhu yang sesuai untuk mendapatkan hasil sesuai dimensi desain awal, kemudian dengan *fill density* sebesar 90% dan menggunakan *pattern line* guna agar hasil 3D *printing* terbentuk padat dan tidak rapuh pada bagian dalam, kalibrasi terakhir menggunakan print speed 80mm/s guna mendapat efisiensi waktu selama proses 3D *printing*.

2.3 Estimasi Lama Waktu 3D Printing Pada Aplikasi *Flashprint*

Proses simulasi estimasi waktu dapat mengetahui waktu atau lamanya proses 3D *printing* maka simulasi akan dilakukan pada aplikasi *FlashPrint* sehingga mendapatkan waktu yang efisien seperti yang terlihat pada Gambar 4 dimana waktu estimasi pembuatan model 3D hanya membutuhkan waktu 53 menit dan material sepanjang 1,77 meter.

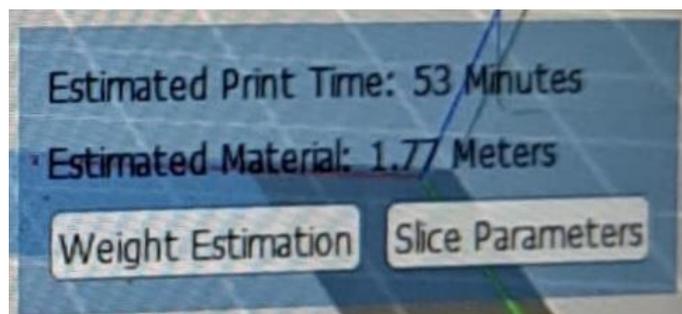


Figure 4. Estimasi Waktu dan Material 3D *Printing*

3. Results and Discussion

Objek dicetak menggunakan parameter ketinggian layer 0,10 mm dan kecepatan cetak 80 mm/s sedangkan infill density diatur pada 90%. Objek yang telah dicetak diperlihatkan pada Gambar 5.



Figure 5. Produk 3D *Printed Piston Cup*

Hasil objek akan dianalisis dimensi aslinya menggunakan alat ukur untuk dibandingkan dengan dimensi desain. Notasi angka (A, B, C, D) yang terdapat pada Gambar 1. Sketsa *Piston Cup* ditampilkan pada Tabel 1 di bawah ini untuk perbandingan dimensi desain dengan dimensi aslinya setelah pengukuran objek.

Table 1. Perbandingan Dimensi

Notasi	Dimensi Desain (cm)	Dimensi Asli (cm)	Deviasi (cm)
A	6	5,9	0,10
B	2,85	2,70	0,15
C	3	3	0,00
D	4	4	0,00

Pengukuran dimensi asli objek cetak dilakukan menggunakan penggaris. Masing-masing dimensi dalam notasi diukur sehingga didapatkan nilai deviasi antara dimensi desain dengan dimensi cetak. Data yang didapatkan dari proses pengukuran dibagi menjadi dua

kelompok. Pertama dimensi desain lalu yang kedua adalah dimensi asli kemudian data dari deviasi dimensi. Dari data yang didapat pada Tabel 1. Telah terlihat perbandingan dimensi antara dimensi desain pada sketsa gambar solidworks dan dimensi hasil cetak sehingga deviasi antara kedua dimensi tersebut dapat ditemukan deviasi dari notasi (A) sebesar 0,1 cm, deviasi notasi (B) sebesar 0,15 cm, deviasi notasi (C) adalah 0,00 cm dan deviasi pada notasi (D) sebesar 0,00 cm.

Dengan ini mengetahui bahwa jika deviasi normal yang biasa terjadi hanya sebesar 0,07 cm maka memberikan landasan untuk mengevaluasi hasil pengukuran. Namun, ditemukannya beberapa deviasi yang melampaui batas normal, seperti pada notasi (B) dengan deviasi sebesar 0,15 cm, menyoroti adanya potensi perbaikan dalam proses pencetakan. Di sisi lain, hasil tanpa deviasi pada notasi (C) dan (D) menunjukkan bahwa beberapa dimensi dapat dicapai dengan akurasi yang tinggi. Penemuan ini tidak hanya mencerminkan keakuratan teknologi pencetakan 3D, tetapi juga memberikan wawasan yang berharga bagi industri dalam menentukan area-area yang perlu ditingkatkan untuk mencapai standar akurasi yang diinginkan.

4. Conclusion

Teknologi 3D *printing* telah membawa perubahan besar dalam dunia manufaktur dengan menawarkan efisiensi, fleksibilitas desain, dan pengurangan kesalahan manusia. Sejak diciptakan oleh Chuck Hull pada tahun 1983, 3D printing telah berkembang pesat dengan berbagai metode seperti *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Stereolithography* (SLA), dan *Selective Laser Sintering* (SLS). Dibandingkan dengan teknologi pemesinan *subtractive* seperti CNC, 3D *printing* yang merupakan teknologi *additive*, memungkinkan produksi bentuk geometris yang kompleks dengan menambahkan material lapis demi lapis. Salah satu material populer dalam proses ini adalah Polyactic Acid (PLA), yang ramah lingkungan dan cocok untuk berbagai aplikasi. Selain itu, 3D *printing* memungkinkan pembuatan miniatur dengan akurasi tinggi melalui desain CAD yang detail dan presisi, membuka peluang inovasi di berbagai industri. Penelitian ini menunjukkan bahwa, meskipun terdapat beberapa deviasi dimensi dalam hasil cetak, teknologi 3D printing tetap menawarkan akurasi yang memadai dan terus memberikan wawasan berharga untuk perbaikan di masa depan.

References

- [1] Anggraini HD. Peran Teknologi 3D Printing dalam Manufaktur Komponen Mesin. WriteBox. 2023 Nov 27;1(1).
- [2] Dave HK, Davim JP, editors. Fused deposition modeling based 3D printing. Cham: Springer International Publishing; 2021 Apr 21.
- [3] Van den Eynde M, Van Puyvelde P. 3D Printing of Poly (lactic acid). *Industrial Applications of Poly (lactic acid)*. 2018:139-58.
- [4] Sulaiman F, Basri H, Sulaiman Aw, Saputra Ma, Prakoso At. PENERAPAN MESIN EKSTRUSI FILAMEN 3D PRINTER BERBASIS MATERIAL PLA PADA LINGKUP MASYARAKAT. *Jurnal Pelita Sriwijaya*. 2023 Jun 16;2(1):21-32