

PENGARUH INFILL DENSITY DAN WALL LOOPS TERHADAP AKURASI DIMENSI CETAK 3D BAHAN POLIMER

Sobron Lubis¹, Heru Budi Kusuma², Didi Widya Utama³, Gerard.T⁴, Rayland⁵, Silvi Ariyanti⁶

^{1,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: sobronl@ft.untar.ac.id

² Program Studi DKV, Fakultas Seni Rupa dan Desain, Universitas Tarumanagara, Jakarta

Email: heruk@fsrd.untar.ac.id

⁶Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Mercubuana Jakarta

Email: ariyantisilvi41@gmail.com

Masuk: 17-05-2025, revisi: 03-06-2025, diterima untuk diterbitkan: 30-05-2025

ABSTRAK

Teknologi 3D printing berkembang pesat dan menjadi solusi inovatif dalam berbagai industri yang diawali dari pembuatan prototipe sehingga produksi massal. Material ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) dan PLA (*Polylactic Acid*) digunakan karena memiliki karakteristik fisik yang kuat dan *simplification of the printing process*. Namun, tantangan utama dalam 3D printing adalah akurasi dimensi hasil cetakan, yang dapat dipengaruhi oleh parameter proses seperti *infill density* dan *wall loops*. Kedua parameter ini memberi pengaruh bagaimana material disusun selama proses pencetakan, yang berdampak langsung pada dimensi akhir produk. Ketidakakuratan ini dapat menyebabkan kerugian materi, waktu, dan biaya, serta mempengaruhi kualitas produk akhir. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi pengaruh parameter proses tersebut terhadap akurasi dimensi hasil cetakan, guna mengidentifikasi kombinasi optimal yang menghasilkan cetakan terbaik. Metode yang dilakukan secara eksperimental menggunakan 3D printing, bahan fillamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) dengan melakukan variasi parameter proses dan pengukuran akurasi dimensi hasil cetakan. Hasil cetakan berupa prototipe *funnel air velocity* karburator sepeda motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *infill density relative* kecil memberi pengaruh terhadap perubahan pada dimensi luar, namun pada dimensi ketebalan cenderung meningkat dengan peningkatan jumlah *densitas*. *wall loops* memberi pengaruh kestabilan dimensi dan mendekati dengan dimensi referensi diameter *funnel air velocity* pada 6 *wall loops* sebesar 72,09 mm.

Kata Kunci: infill density, wall loops, 3D printing, polymer

ABSTRACT

3D printing technology is developing rapidly and becoming an innovative solution in various industries starting from prototyping to mass production. ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) and PLA (*Polylactic Acid*) materials are used because they have strong physical characteristics and *simplification of the printing process*. However, the main challenge in 3D printing is the dimensional accuracy of the print results, which can be affected by process parameters such as *infill density* and *wall loops*. Both of these parameters affect how the material is arranged during the printing process, which has a direct impact on the final dimensions of the product. This inaccuracy can cause material, time, and cost losses, as well as affect the quality of the final product. The purpose of this study was to evaluate the effect of these process parameters on the dimensional accuracy of the print results, in order to identify the optimal combination that produces the best print. The method used experimentally using 3D printing, PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) filament material by varying the process parameters and measuring the dimensional accuracy of the print results. The print results are in the form of a prototype *funnel air velocity* motorcycle carburetor. The results of the study showed that the relatively small *infill density* had an effect on changes in the outer dimensions, but the thickness dimension tended to increase with increasing density. Wall loops had an effect on dimensional stability and approached the reference dimension of the *funnel air velocity* diameter on 6 *wall loops* of 72.09 mm.

Keywords: infill density, wall loops, 3D printing, polymer

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi Additive Manufacturing seperti *stereolithography (SLA)*, *selective laser sintering (SLS)*, *fused deposition modeling (FDM)*, dan *direct metal laser sintering (DMLS)* menghasilkan fleksibilitas desain, pengurangan limbah, dan kemampuan memproduksi bentuk kompleks yang sulit dicapai dengan metode tradisional. Namun, masih terdapat tantangan seperti kecepatan produksi, kualitas permukaan, dan standar kontrol mutu yang perlu diperbaiki. (Gibson, 2021), (Chua, 2014), (Ngo, 2018). Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi 3D printing telah berkembang pesat dan menjadi salah satu solusi inovatif dalam berbagai sektor industri. Teknologi ini memungkinkan pembuatan objek tiga dimensi secara cepat dan fleksibel, mulai dari prototipe hingga produksi massal. Salah satu bahan yang sering digunakan dalam proses ini adalah ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*), yang memiliki karakteristik fisik kuat serta mudah dicetak. Namun, dalam studi ini, bahan yang digunakan adalah PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*). Disamping itu potensi integrasi teknologi pencetakan 3D dengan upcycling plastik daur ulang dan biomassa limbah untuk menghasilkan komposit polimer berkelanjutan yang bertujuan untuk mengatasi masalah global terkait penanganan limbah plastik dan biomassa, serta mendukung transisi menuju ekonomi sirkular telah dilakukan kajiannya (Hassan, 2024).

Meskipun teknologi 3D printing terus mengalami penyempurnaan, tantangan terkait akurasi dimensi hasil cetak masih menjadi isu yang cukup signifikan. Ketidaksesuaian antara desain digital dan hasil cetak fisik dapat menimbulkan berbagai kerugian, baik dari sisi waktu, biaya, maupun mutu produk akhir. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah adanya variabilitas hasil cetak yang disebabkan oleh pengaturan parameter proses seperti *infill density*, *wall loop*, dan *infill pattern*. Parameter-parameter ini memberi pengaruh terhadap struktur internal dan eksternal dari objek cetak, yang berpotensi besar terhadap akurasi dimensi. Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dkk menyatakan bahwa Parameter proses sangat mempengaruhi kuat tarik material hasil cetakan. Kombinasi parameter optimal menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi, menunjukkan pentingnya pengaturan proses saat mencetak bahan PVA. (Nugroho, 2020). (Bikas, 2016). Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai pengaruh masing-masing parameter sangat penting guna mengoptimalkan proses pencetakan.

Kajian yang dilakukan oleh Mohamed dkk tentang optimasi parameter proses *Fused Deposition Modeling (FDM)* untuk meningkatkan akurasi dimensi produk cetakan 3D menggunakan pendekatan I-optimality criterion, metode statistik yang lebih efisien dibanding metode optimasi konvensional seperti Taguchi atau RSM. Parameter yang dikaji termasuk *nozzle temperature*, *layer thickness*, *raster angle*, *infill density*, dan *print speed*. Hasil validasi menunjukkan peningkatan signifikan pada presisi dimensi cetakan saat menggunakan parameter hasil optimasi. Studi ini menyimpulkan bahwa pendekatan I-optimality sangat efektif untuk desain eksperimen pada optimasi parameter proses FDM. (Mohamed, 2016). *Infill density* dalam pencetakan 3D merujuk pada persentase volume internal suatu objek yang diisi dengan material cetak. Nilai ini biasanya ditentukan dalam perangkat lunak pemotong (*slicer*) dan diekspresikan dalam persentase, mulai dari 0% (sepenuhnya kosong) hingga 100% (sepenuhnya solid). *Infill density* mempengaruhi terhadap kekuatan, berat, dan waktu pencetakan objek 3D. *Infill density* merupakan parameter penting dalam proses pencetakan 3D yang menentukan seberapa padat bagian dalam objek dicetak. Semakin tinggi persentasenya, semakin banyak material yang digunakan untuk mengisi bagian dalam objek, menghasilkan struktur yang lebih kuat dan berat. Sebaliknya, *infill density* yang lebih rendah menghasilkan objek yang lebih ringan dan menggunakan lebih sedikit material, namun efeknya kurang kuat.

Bentuk pola yang digunakan pada proses 3D printing memberi kontribusi terhadap sifat mekanik yang dihasilkan. Pola triangle menunjukkan performa kuat tarik yang baik pada kecepatan cetak 40 mm/s dan kepadatan infill 100%. (Wahyudi, 2025), (Imam, 2023). *Wall loops* (atau perimeter) adalah jumlah lapisan dinding luar yang dicetak mengelilingi objek. Variasi dalam jumlah wall loops dapat mempengaruhi akurasi dimensi sebagai berikut: Jumlah *wall loops* Lebih Banyak (≥ 3): meningkatkan ketebalan dinding, memberikan stabilitas struktural yang lebih baik, dan mengurangi distorsi, sehingga meningkatkan akurasi dimensi sedangkan jumlah *wall loops* Lebih Sedikit (≤ 1): mengurangi waktu dan material pencetakan, tetapi dapat menyebabkan dinding yang lebih tipis dan rentan terhadap deformasi, yang menurunkan akurasi dimensi.

Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter *infill density*, *wall loop*, dan *infill pattern* terhadap akurasi dimensi hasil cetak menggunakan filament PETG. Dengan memahami hubungan antara parameter-parameter tersebut dan hasil cetakan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan rekomendasi pengaturan yang lebih efektif, serta meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam produksi menggunakan teknologi 3D printing.

Urgensi penelitian ini didorong oleh meningkatnya kebutuhan industri terhadap produk-produk dengan tingkat presisi tinggi. Dengan meningkatkan akurasi hasil cetak, maka potensi kerugian dapat ditekan, dan efisiensi proses produksi dapat ditingkatkan

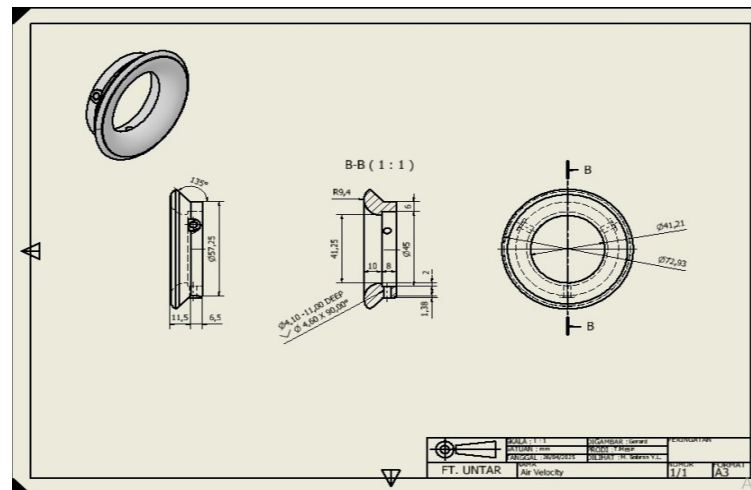
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental, di mana variabel bebas terdiri dari *infill density* (persentase kepadatan isi cetakan), *wall loop* (jumlah lapisan dinding luar), dan *infill pattern* (pola isi bagian dalam cetakan). Variabel terikat yang diukur adalah akurasi dimensi hasil cetakan, yang dibandingkan dengan dimensi desain awal dalam format digital (CAD). Bahan yang digunakan adalah Sunlu 3D Filament PETG dengan diameter standar 1.75 mm. Mesin 3D printer yang digunakan adalah tipe FDM (*Fused Deposition Modeling*) dengan nozzle berukuran 0.4 mm. Objek uji yang dicetak berupa bentuk *Funnel Air Velocity* Karburator Sepeda Motor.



Gambar 1. *Funnel Air Velocity* Karburator Sepeda Motor

Sebagai langkah awal dilakukan pembuatan gambar teknik yang digunakan sebagai referensi untuk akurasi dimensi produk yang dihasilkan melalui proses 3D Printing.



Gambar 2. Gambar Teknik *Funnel Air Velocity* Karburator

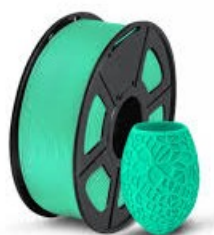
Diameter Luar Funnel = 72,93 mm
Diameter inlet = 45 mm
Diameter luar inlet = 57,25 mm
Lubang baut = 4 mm
Tebal = 6 mm

Mesin 3D Printing



Gambar 3. *3D Printer Creality*

Adapun bahan filament yang digunakan jenis Sunlu 3D Filament PETG



Gambar 4. *Sunlu 3D Filament PETG* (Sunlu, 2023)

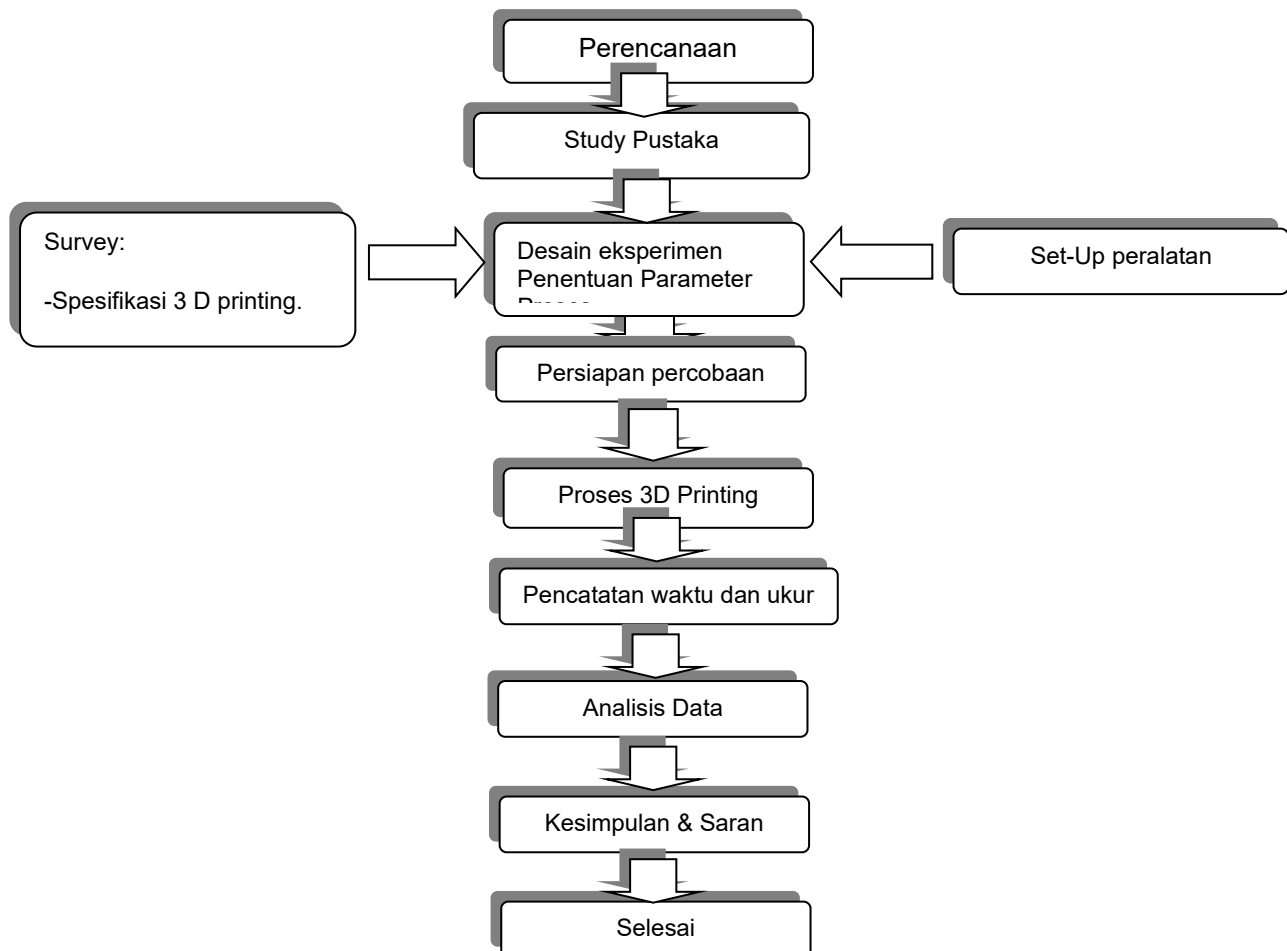
Pengukuran dimensi dilakukan dengan menggunakan *vernier caliper*. Pembuatan *design prototype* dilakukan dengan menggunakan *software fusion 360*. Sebagai parameter proses 3D printing yaitu :

Infil density : 10 %, 25 % dan 50 %

Wall loops : 2 (0,8mm), 4 (1,6 mm) dan 6 (2,4mm)

Infill patern : Grid.

Langkah-langkah percobaan yang dilakukan disampaikan pada Gambar.5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Perlakuan dan Rancangan Percobaan

Design produk yang dilakukan dalam bentuk solid, adapun profil objek berbentuk silinder. Design produk yang lakukan dengan menggunakan software autodesk fusion 360 di export ke peralatan 3 D printing, sebelumnya dilakukan perubahan file data dari bentuk gambar (jpg) kepada berbentuk perintah kerja (sls). Selanjutnya pada gambar desain letak posisi gambar diatur dengan bentuk horizontal, kemudian dilakukan proses pengerjaan. Dilakukan setting parameter proses yaitu infill density, wall loops. Selama proses pengerjaan dilakukan pencatatan waktu dan pengamatan terhadap produk yang dihasilkan. Setelah produk selesai dibuat kemudian dilakukan pengukuran dimensi untuk menganalisa analisa dimensi yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pembuatan gambar dengan menggunakan fusion 360, selanjutnya dilakukan pencetakan dengan menggunakan 3D printer. Hasil pencetakan prototype *funnel air velocity* karburator sepeda motor dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Prototype Hasil Cetak 3D *Funnel Air Velocity* Karburator *Infill Pattern Grid*

Hasil pengukuran dimensi *Funnel air velocity* disampaikan pada Tabel.1 :

Tabel 1. Data Nilai Pengukuran Dimensi *Prototype Funnel Air Velocity*
Karburator *Infill Pattern Grid*

No	Pengukuran	Dimensi Referensi (mm)	<i>Infill Density</i> (%)			<i>Wall Loops</i>		
			10	25	50	2 (0.8mm)	4 (1,6mm)	6 (2,4mm)
1	Diameter Luar Funnel	72,93	72,30	72,34	72,21	72,23	72,34	72,09
2	Diameter inlet	45	44,88	44,94	44,99	44,93	44,90	44,73
3	Diameter luar inlet	57,25	56,91	56,88	56,91	56,82	56,89	56,73
4	Lubang baut	4	3,82	3,89	3,93	3,95	3,99	3,95
5	Tebal	6	6,04	6,06	6,08	5,98	6,09	6,20

Analisis terhadap variasi dimensi cetakan 3D pada beberapa parameter *Infill Density* dan *Wall Loops*:

1. Deskripsi Data:

- Parameter variabel: *Infill Density* (10%, 25%, 50%) dan *Wall Loops* (2, 4, 6).
- Dimensi diukur: Diameter luar funnel, diameter inlet, diameter luar inlet, lubang baut, tebal,

Referensi: Ukuran ideal menurut desain (kolom ke-2).

2. Analisis Setiap Dimensi:

a. Diameter Luar Funnel (Referensi: 72,93 mm)

Hasil terkecil : 72,09 mm
 Hasil Terbesar : 72,34 mm
 Rata-rata : ~72,26 mm
 Deviasi dar referensi : 0.67 mm

Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa nilai terkecil diperoleh pada *wall loops* 6 dan nilai yang terbesar pada *wall loops* 4 dan *infill density* 25 %. Seluruh hasil berada di bawah nilai referensi. Penurunan ukuran dipengaruhi oleh penyusutan material saat pencetakan. Perbedaan relatif kecil dan cukup konsisten.

b. Diameter Inlet (Referensi: 45 mm)

Hasil terkecil	: 44,73 mm
Hasil Terbesar	: 44,99 mm
Rata-rata	: ~44,90 mm
Deviasi dar referensi	: 0.10 mm

Nilai terkecil diperoleh pada *wall loops* 6 dan yang terbesar pada *infill density* 50 %. Nilai deviasi begitu kecil dan cukup dekat dengan referensi. Sehingga dimensi ini relatif akurat terhadap model desain.

c. Diameter Luar Inlet (Referensi: 57,25 mm)

Hasil terkecil	: 56,73 mm
Hasil Terbesar	: 56,91 mm
Rata-rata	: ~56,86 mm
Deviasi dar referensi	: 0.39 mm

Nilai terkecil diperoleh pada *wall loops* 6 dan yang terbesar pada *infill density* 50 %. Ukuran dimensi yang diperoleh konsisten di bawah referensi dengan variasi yang sempit. Hal ini diakibatkan oleh penyusutan yang terjadi pada bagian funnel.

d. Lubang Baut (Referensi: 4 mm)

Hasil terkecil	: 3,82 mm
Hasil Terbesar	: 3,99 mm
Rata-rata	: ~3,92 mm
Deviasi dar referensi	: 0.08 mm

Nilai terkecil diperoleh pada *infill density* 10% dan nilai yang terbesar pada *wall loops* 4. Hasil yang diperoleh masih dalam toleransi umum, tetapi beberapa hasil (misalnya 3,82) mungkin terlalu sempit untuk ukuran baut yang sesuai.

e. Tebal (Referensi: 6 mm)

Hasil terkecil	: 5,98 mm
Hasil Terbesar	: 6,20 mm
Rata-rata	: ~6,08 mm
Deviasi dar referensi	: +0.08 mm

Nilai yang terkecil diperoleh pada *wall loops* 2 dan nilai yang terbesar pada *wall loops* 6. Pada bagian ini ketebalan yang dihasilkan rata-rata melebihi daripada referensi. Hal ini terjadi karena over-extrusion, setelan nozzle, atau lapisan bawah (*first layer*) terlalu tebal.

3. Tren Berdasarkan Parameter Cetak:

Infill Density: Tidak terlihat pengaruh besar terhadap dimensi luar. Perbedaan antar 10%, 25%, dan 50% relatif kecil untuk dimensi. Namun, ketebalan cenderung naik seiring *densitas infill*, kemungkinan karena struktur dalam mendukung dinding lebih baik.

Wall Loops: Dimensi cenderung lebih stabil dan lebih dekat ke referensi ketika *wall loops* meningkat (6 *loops*). Diameter *funnel* pada 6 *wall loops* = 72,09, paling mendekati referensi (72,93).

Kajian yang dilakukan oleh Pramono dkk menyatakan bahwa pemilihan pola infill sangat mempengaruhi kekuatan mekanik hasil cetakan, sehingga pemilihan harus disesuaikan dengan kebutuhan fungsional produk cetak 3D.(Pramono, 2022). Parameter proses dalam pencetakan 3D memberi pengaruh akurasi dimensi produk yang dicetak menggunakan filamen PETG.(Rosa, 2024).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- *Infill Density* relative kecil memberi pengaruh terhadap perubahan pada dimensi luar, namun pada dimensi ketebalan cenderung meningkat dengan peningkatan jumlah densitas.
- *Wall Loops* memberi pengaruh kestabilan dimensi dan mendekati dengan dimensi referensi Diameter *funnel air velocity* pada 6 *wall loops* sebesar 72,09 mm.
- Dimensi relatif konsisten antar variasi parameter, meskipun sebagian besar berada sedikit di bawah referensi.
- Hampir semua dimensi luar mengalami penyusutan dari ukuran desain, Dimensi tebal pada *funnel air velocity* cenderung membesar

Saran yang ingin disampaikan yaitu agar menambahkan *compensation offset* pada desain CAD untuk dimensi penting (misal lubang baut). Apabila dimensi sangat krusial, maka agar dilakukan pengujian lebih lanjut dan mempertimbangkan untuk melakukan kalibrasi printer atau perubahan material

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat yang telah memfasilitasi penelitian ini melalui skema penelitian portofolio priode II Tahun 2024. Terima kasih diucapkan kepada prodi teknik mesin yang telah memfasilitasi penelitian ini dilaboratorium mekatronika.

REFERENSI

- Bikas, H., Stavropoulos, P., & Chrysosolouris, G. (2016). Additive manufacturing methods and modelling approaches: a critical review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83, 389-405.
- Chua, C. K., & Leong, K. F. (2014). *3D Printing and additive manufacturing: Principles and applications (with companion media pack)-of rapid prototyping*. World Scientific Publishing Company.

- Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., Khorasani, M., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021). *Additive manufacturing technologies* (Vol. 17, pp. 160-186). Cham, Switzerland: Springer.
- Hassan, M., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2024). 3D printing in upcycling plastic and biomass waste to sustainable polymer blends and composites: A review. *Materials & Design*, 237, 112558.
- Imam, S. A., Prayogo, S., & Iman, M. (2023). Analisis Pengaruh Bentuk Infill Terhadap Kekuatan Tarik pada Spesimen ASTM D638-14 Material Polylactic Acid Produk Mesin Cetak 3D. *ARTIKEL ILMIAH*.
- Mohamed, O. A., Masood, S. H., & Bhowmik, J. L. (2016). Optimization of fused deposition modeling process parameters for dimensional accuracy using I-optimality criterion. *Measurement*, 81, 174-196.
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172-196.
- Nugroho, A. W., Tohidin, D., & Budiyanoro, C. (2020). Analisis pengaruh parameter proses terhadap kuat tarik produk 3D Printing dari bahan Polyvinyl Alcohol (PVA). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(2).
- Pramono, C., Salahudin, X., Samsara, E. F., & Taufik, I. (2022). Pengaruh Variasi Infill Pattern terhadap Kuat Tarik dan Kuat Bending Filamen Polylactid Acid pada Hasil Cetak Mesin Ender-3 Pro. *Journal of Mechanical Engineering*, 6(2), 54-59.
- Rosa, R., Subhan, M., & Pristiansyah, P. (2024). Pengaruh Parameter Proses Pada Pencetakan 3D Printing Terhadap Akurasi Dimensi Filamen Petg Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2(1), 79-87.
- Sunlu. (2023). *Sunlu PETG Filament Product Specifications*. [Online] Available at: www.sunlu.com
- Wahyudi, A. T., Cahyandari, D., Saefudin, S., & Subri, M. (2025). Impact of infill pattern and line width on tensile strength of PLA FDM 3d printing. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, 12(1), 98-103.

Halaman ini sengaja dikosongkan