

Pengaruh Suhu Nosel Terhadap Akurasi Cetakan 3D Printer Dengan Filamen Daur Ulang RPET

Arjon, I Made Gatot Karohika, dan I Made Widiyarta
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Additive Manufacturing (AM) merupakan salah satu bentuk kemajuan teknologi dalam bidang manufaktur yang telah diterapkan secara luas di berbagai sektor, seperti pendidikan, konstruksi, dan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu nozzle terhadap akurasi dimensi hasil cetakan 3D printing dengan menggunakan filamen daur ulang berbahan dasar *Recycled Polyethylene Terephthalate (RPET)*. Objek uji yang dicetak memiliki bentuk balok dengan dimensi rancangan $20\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$, menggunakan pola infill concentric, suhu bed 85°C , dan kecepatan pencetakan 50 mm/s . Variasi suhu nozzle yang digunakan dalam penelitian ini adalah 255°C dan 260°C . Evaluasi akurasi dimensi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran pada sumbu X, Y, dan Z terhadap dimensi desain awal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu nozzle 260°C memberikan hasil cetakan dengan akurasi dimensi yang lebih tinggi dan lebih mendekati spesifikasi rancangan dibandingkan dengan suhu 255°C .

Kata kunci: 3D Printer, Suhu Nosel, Akurasi, RPET

Abstract

Additive Manufacturing (AM) is one of the advancements in manufacturing technology that has been widely applied across various sectors, including education, construction, and healthcare. This study aims to analyze the effect of nozzle temperature variations on the dimensional accuracy of 3D printed objects using recycled filament made from *Recycled Polyethylene Terephthalate (RPET)*. The test specimen used in this study is a rectangular block with a design dimension of $20\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$, printed using a concentric infill pattern, with a bed temperature of 85°C and a printing speed of 50 mm/s . The nozzle temperatures varied between 255°C and 260°C . Dimensional accuracy was evaluated by comparing the measured dimensions along the X, Y, and Z axes with the original design specifications. The results show that a nozzle temperature of 260°C produced printed objects with higher dimensional accuracy and closer conformity to the design specifications compared to the results obtained at 255°C .

Keywords: 3D Printer, Nozzle Temperature, Accuracy, RPET

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi pada era saat ini menunjukkan laju pertumbuhan yang sangat signifikan, khususnya dalam bidang manufaktur. Kepopuleran AM bisa dilihat dengan penggunaannya telah banyak ditemukan di berbagai bidang, seperti dalam pendidikan, konstruksi, kesehatan, dan sebagainya [9].

Ada begitu banyak jenis dari AM, akan tetapi saat ini yang paling sering digunakan ialah jenis *Fused Deposition Modeling (FDM)*, atau lebih dikenal dengan sebutan 3D printing [4]. Pengoperasian alat ini yakni dengan memanfaatkan filamen jenis termoplastik untuk mencetak produk sesuai dengan yang diinginkan. Adapun jenis-jenis filamen termoplastik yaitu *Polyethylene Terephthalate Glycol (PETG)*, *Polylactic Acid (PLA)*, *Nylon*, *Polycarbonate (PC)*, dan *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)* [5].

Akan tetapi, kepopuleran 3D printer saat ini menyebabkan banyak filamen yang dijual dengan harga yang cukup tinggi. Mengatasi permasalahan tersebut, perlu adanya solusi dalam membuat filamen yang memiliki harga yang terjangkau. Maka dari itu, pada penelitian ini memanfaatkan salah satu jenis material termoplastik yang banyak dijumpai di lingkungan sekitar yaitu limbah botol plastik berbahan

dasar *Polyethylene Terephthalate (PET)* yang didaur ulang menjadi filamen, atau dikenal sebagai *Recycled Polyethylene Terephthalate (RPET)* dengan metode pultrusi, untuk mendukung keberlanjutan dalam proses pencetakan 3D [7].

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui kualitas dari filamen yang digunakan dari RPE menghasilkan produk yang berkualitas baik, maka dilakukannya pengukuran terhadap akurasi dimensi pada produk yang dicetak. Diambil produk yang dibuat berupa balok ukuran $20\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 5\text{ mm}$. Dengan menggunakan beberapa parameter berupa *infill pattern concentric*, suhu nosel 255°C dan 260°C , *bed temperature* 85°C , dan kecepatan prin 50 mm/s yang didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu [1][2][3][9].

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh suhu nosel 255°C dan 260°C terhadap akurasi dimensi cetakan?

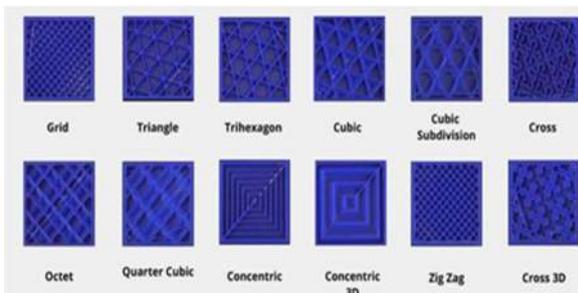
Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengaruh suhu ruang pada saat melakukan pencetakan dianggap sama.
2. Pengaruh kelembaban pada filamen tidak diperhitungkan.
3. Kualitas cetakan berupa akurasi dimensi.

2. Dasar Teori

3D printing merupakan sebuah teknologi yang filamen melalui beberapa lapisan mengikuti produk yang telah dirancang sebelumnya[8].

Gambar 1, merupakan jenis-jenis isian (*infill pattern*) yang biasanya digunakan untuk melakukan pencetakan sebuah produk. Dimana pemilihan *infill pattern* dapat disesuaikan sesuai dengan kemauan dari pengguna. *Infill pattern* memiliki peran yang sangat penting terhadap hasil cetakan seperti kekuatan dari produk yang dicetak, kekasaran permukaan dan jumlah filamen yang digunakan selama proses pencetakan.

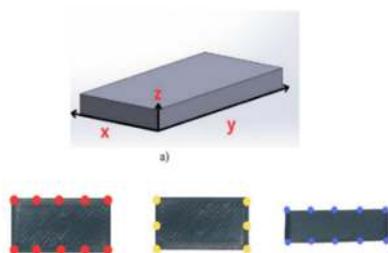


Gambar 1. Jenis-Jenis *Infill Pattern*

Umumnya, filamen 3D printing yang banyak digunakan memiliki diameter sebesar 1,75 mm, akan tetapi ada juga beberapa jenis diameter yang digunakan seperti 2,85 mm dan 3 mm, yang memiliki toleransi ukuran sekitar $\pm 0,05$ mm [6].

Agar mengetahui produk yang dicetak memiliki kualitas yang baik, salah satu cara yang dapat digunakan adalah melakukan pengukuran akurasi dimensi. Pengukuran akurasi dimensi bertujuan untuk melihat hasil akhir cetakan produk apakah menghasilkan nilai akurasi dimensi yang sama antara dimensi pada saat membuat desain produk di *software* desain. Adapun beberapa penyebab yang dapat mempengaruhi akurasi dimensi meliputi kecepatan *print*, suhu nozzle dan sebagainya.

Dalam melakukan pengukuran dimensi pada produk yang dicetak, akan menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*). Pengukuran dilakukan berdasarkan tiga sumbu utama pergerakan printer, yaitu sumbu X, Y, dan Z. Pada setiap sumbu, ditentukan beberapa titik ukur yang merepresentasikan area tertentu dari objek untuk memperoleh hasil yang representatif terhadap keseluruhan dimensi.



Gambar 2. Titik-Titik Pengukuran Dimensi

Gambar 2 memperlihatkan lokasi titik-titik pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi dimensi cetakan berdasarkan masing-masing sumbu X, Y, dan Z.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap akurasi dimensi. Untuk menentukan akurasi dimensi, dilakukan pengukuran untuk memastikan ukurannya mengalami perubahan atau tidak, dengan menggunakan produk yang sama. Setiap variasi pada penelitian ini dilakukan pencetakan sebanyak 5 kali pengulangan. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui jenis filamen RPET apakah memungkinkan untuk dijadikan filamen serta mendapatkan parameter yang tepat dalam mencetak filamen *recycle*. Pada gambar 3, dapat dilihat cara melakukan pengukuran menggunakan jangka sorong pada produk disetiap sumbu.



Gambar 3. Cara Pengukuran Dimensi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengaruh Suhu Nosel 255°C dan 260°C Terhadap Akurasi Dimensi Sumbu X

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan data hasil pengukuran dimensi pada sumbu X menggunakan jangka sorong.

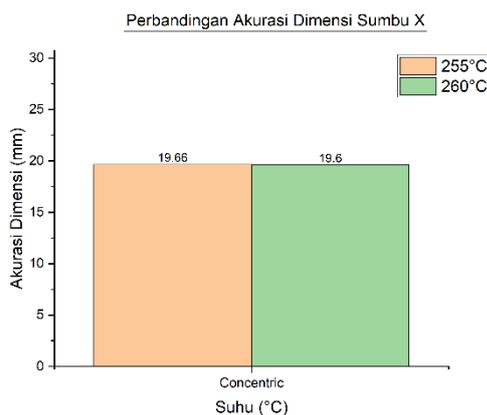
Selanjutnya, pada Gambar 4 akan dibuat dalam bentuk grafik perbandingan antara hasil pengukuran suhu nosel 255°C dan 260°C .

Tabel 1 : Hasil Pengukuran Sumbu X Suhu Nosel 255°C

Spesimen	Hasil Pengukuran (mm)			Rata-rata (mm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	19,6	19,52	19,82	19,65
2	19,64	19,73	19,59	19,65
3	19,59	19,68	19,68	19,65
4	19,69	19,71	19,64	19,68
5	19,53	19,66	19,83	19,67
Rata-rata				19,66

Tabel 2 : Hasil Pengukuran Sumbu X Suhu Nosel 260°C

Spesimen	Hasil Pengukuran (mm)			Rata-rata (mm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	19,59	19,56	19,66	19,60
2	19,58	19,58	19,7	19,62
3	19,49	19,56	19,63	19,56
4	19,67	19,54	19,56	19,59
5	19,68	19,64	19,58	19,63
Rata-rata				19,60



Gambar 4. Perbandingan Akurasi Dimensi Sumbu X

Dari gambar 4, menunjukkan bahwa pada sumbu X, di suhu nosel 255°C memiliki nilai akurasi dimensi rata-rata sebesar 19,66 mm, dan ketika suhu nosel naik menjadi 260°C nilai akurasi rata-rata mengalami penurunan menjadi 19,6 mm. Hal ini disebabkan karena pada filamen RPET terjadi penyusutan. Dimana semakin leleh filamen yang diekstrusi maka penyusutan yang terjadi lebih besar saat proses pendinginan

4.2. Pengaruh Suhu Nosel 255°C dan 260°C Terhadap Akurasi Dimensi Sumbu X

Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan data hasil pengukuran dimensi pada sumbu Y menggunakan jangka sorong.

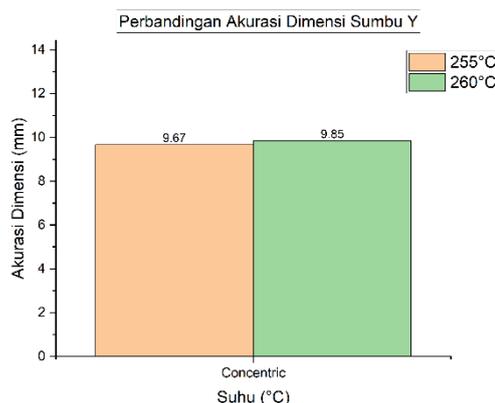
Selanjutnya, pada Gambar 5 akan dibuat dalam bentuk grafik perbandingan antara hasil pengukuran suhu nosel 255°C dan 260°C .

Tabel 3 : Hasil Pengukuran Sumbu Y Suhu Nosel 255°C

Spesimen	Hasil Pengukuran (mm)					Rata-Rata (mm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
1	9,72	9,7	9,72	9,68	9,55	9,67
2	9,66	9,7	9,8	9,93	9,65	9,75
3	9,73	9,79	9,7	9,7	9,67	9,72
4	9,57	9,59	9,6	9,59	9,6	9,59
5	9,65	9,65	9,65	9,55	9,6	9,62
Rata-rata						9,67

Tabel 4 : Hasil Pengukuran Sumbu Y Suhu Nosel 260°C

Spesimen	Hasil Pengukuran (mm)					Rata-Rata (mm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
1	9,88	9,66	9,59	9,65	9,7	9,87
2	9,55	9,5	9,5	9,6	9,57	9,90
3	9,58	9,59	9,52	9,51	9,55	9,82
4	9,6	9,6	9,47	9,59	9,59	9,86
5	9,6	9,62	9,6	9,59	9,62	9,83
Rata-rata						9,85



Gambar 5. Perbandingan Akurasi Dimensi Sumbu Y

Dari gambar 5, diperoleh hasil bahwa pada suhu nosel nosel 255°C memiliki nilai akurasi dimensi rata-rata sebesar 9,67mm, dan ketika suhu nosel naik menjadi 260°C nilai akurasi rata-rata meningkat menjadi 9,85 mm. Hal ini disebabkan oleh adanya bagian yang sedikit menonjol pada sumbu Y, yang terbentuk akibat aliran filamen yang tidak merata pada suhu 260°C. Ketidakteraturan ini menyebabkan hasil pengukuran dimensi pada sumbu Y menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dimensi rancangannya.

4.3. Pengaruh Suhu Nosel 255°C dan 260°C Terhadap Akurasi Dimensi Sumbu Z

Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan data hasil pengukuran dimensi pada sumbu Z menggunakan jangka sorong.

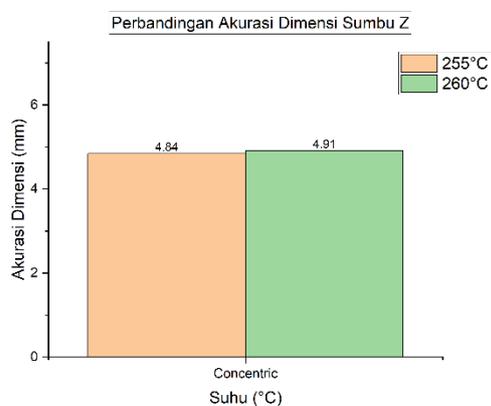
Selanjutnya, pada Gambar 6 akan dibuat dalam bentuk grafik perbandingan antara hasil pengukuran suhu nosel 255°C dan 260°C .

Tabel 5 : Hasil Pengukuran Sumbu Z Suhu Nosel 255°C

Spesimen	Hasil Pengukuran (mm)					Rata-Rata (mm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
1	5	4,8	4,83	4,82	4,79	4,85
2	4,9	4,84	4,92	4,88	4,88	4,88
3	4,73	4,8	4,77	4,8	4,8	4,78
4	4,89	4,88	4,9	4,86	4,84	4,87
5	4,89	4,8	4,82	4,86	4,82	4,84
Rata-rata						4,84

Tabel 6 : Hasil Pengukuran Sumbu Z Suhu Nosel 260°C

Spesimen	Hasil Pengukuran (mm)					Rata-Rata (mm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
1	5,07	5,07	4,93	5,03	5,01	5,02
2	4,86	4,87	4,81	4,85	4,83	4,84
3	4,89	4,99	4,96	4,97	4,95	4,95
4	4,92	4,91	4,9	4,92	4,91	4,91
5	4,86	4,78	4,82	4,85	4,85	4,83
Rata-rata						4,91



Gambar 6. Perbandingan Akurasi Dimensi Sumbu Z

Gambar 6 dapat dilihat bahwa di suhu nosel 255°C memiliki nilai akurasi dimensi rata-rata sebesar 4,84 mm, dan ketika suhu nosel naik menjadi 260°C nilai akurasi rata-rata meningkat menjadi 4,91 mm. Hal ini disebabkan oleh adanya bagian yang sedikit menonjol pada sumbu Z, yang terbentuk akibat aliran filamen yang tidak merata pada suhu 260°C. Ketidakteraturan ini menyebabkan hasil pengukuran dimensi pada sumbu Z menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dimensi rancangannya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh suhu nosel terhadap akurasi cetakan 3D printer dengan filamen daur ulang RPET, produk berupa balok berukuran 20 mm × 10 mm × 5 mm, maka secara keseluruhan yang menggunakan *infill pattern concentric*, suhu nosel 255°C dan 260°C, *bed temperature* 85°C, dan kecepatan prin 50 mm/s, suhu yang paling mendekati ukuran objek yang telah ditetapkan ialah suhu nosel 260°C *bed temperature* 85°C, dan kecepatan prin 50 mm/s.

Daftar Pustaka

- [1] Aryanto, Pebri, M Zaenudin, Ykp Saleh, And N C Hidayat. 2023. *Pengaruh Suhu Dan Analisis Kekuatan Material PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Ekstrusi Pada Mesin Filamen Maker 3D Printer*.
- [2] Azami, I., P. Kurniasih, Subuhhiah, A. Amantha, N. Habiiburrahman, And N.H. Sari. 2024. *Filamen Printer 3D Berbasis Limbah PET (Polyethylene Terephthalate) Dan Kitosan Cangkang Udang. Dinamika Teknik Mesin* 14(1): 82–87. Doi:10.29303/Dtm.V14i1.759.
- [3] Ben , Rezg M, Nazzer, M, Othmani, R., Montagne, A.(2025). Multi-Criteria Selectivity Of PLA Polymer 3D Printing Parameters: Impact On The Roughness Of Finished Surfaces. *Progress in Addictive Manufacturing*.
- [4] Cahyati, Sally, P. A. Reky. 2023. *The Effect Of Infill Pattern And Density Parameters On Tensile Strength Of Polymer Materials In 3D Printing*. Rekaya Mesin. Jakarta Barat : Universitas Trisakti
- [5] Grabowik, Cezary, Kalinowski, Krzysztof, Cwikla, Grzegorz, Paprocka, Iwona, & Kogut, Pawel. (2017). *Tensile Tests of Specimens Made of Selected Group of the Filament Material Manufactured with FDM Method. MATEC Web of Conferences, 112, 4017. EDP Science*.
- [6] Kevin, M., Zulham Fatwa, And Widya Jufri. 2023. *Pengembangan Mesin Ekstrusi Filamen 3d Printer Dengan Sistem Kendali Semi Otomatis*.
- [7] Pamasaria, Herda, Agus, Tri, Hannanto Saputra, Adhi Setya Hutama, And Cahyo Budiyanoro. 2020. “Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing Berbahan Plastik PP Daur Ulang Dengan Menggunakan Metode Taguchi.” *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)* 4(1): 12–19. Doi:10.18196/Jmpm.4148.
- [8] Putra, Sadana, Kumara, And Ranicarfita, Ulin Sari. 2018. *12 Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi 2018 SENSITEK 2018 STMIK Pontianak*. Http://Www.Insinyoer.Com/Wp-.

- [9] Suzen, Z, S, Hardiansah, And Yulianto. 2020. “Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun.” *Jurnal Teknologi Manufaktur* 12(02): 73–80.

	<p>Arjon, program studi Sarjana Teknik Mesin di Universitas Udayana, dari tahun 2021 sampai 2025. Menyelesaikan dengan mengambil studi topik penelitian di bidang Manufaktur yang berfokus dalam Pencetakan produk menggunakan 3D Print dengan memanfaatkan limbah botol plastik sebagai bahan utama pembuatan filamen (RPET).</p>
<p>Selama kuliah, aktif dalam kegiatan baik di dalam maupun di luar kampus. Di tahun 2023, juga aktif dalam perlombaan akademik yang menorehkan prestasi seperti Lomba Essai tingkat Nasional di Universitas Sriwijaya serta lomba non akademik seperti lomba paduan suara di Festival Bali Jani dan berhasil mendapatkan Juara 3.</p>	