

Pengaruh Proses Ekstrusi Terhadap Kualitas Filamen 3d Dari Material Plastik ABS Virgin

Anskarius Patong, I Made Gatot Karohika, dan I Made Widiyarta

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Permintaan terhadap filamen 3D printing semakin meningkat, namun tingginya harga filamen menjadi hambatan, khususnya bagi kalangan pendidikan dan individu. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi filamen berbahan ABS virgin secara mandiri menggunakan mesin ekstrusi Filatec PRO 3in1 dengan variasi kecepatan puller untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap diameter luar filamen. Ekstrusi dilakukan pada suhu barrel 200 °C dengan kecepatan screw yang konstan 10 rpm dan variasi kecepatan puller 10 rpm dan 12 rpm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan puller akan mengakibatkan menurunnya diameter luar filamen dari 1,62 mm menjadi 1,01 mm. Diameter tersebut tidak lagi sesuai dengan toleransi standar pencetakan 3D ($1,75 \pm 0,05$ mm). Dapat disimpulkan bahwa kecepatan puller memiliki pengaruh terhadap hasil diameter luar filamen, dan pengaturan parameter proses ekstrusi sangat penting untuk menghasilkan filamen berkualitas.

Kata kunci: Filamen 3D printing, ekstrusi, ABS virgin, kecepatan puller, diameter filamen.

Abstract

Demand for 3D printing filament is increasing, but the high price of filament is an obstacle, especially for education and individuals. This study aims to independently produce filament made from virgin ABS using the Filatec PRO 3in1 extrusion machine with variations in puller speed to determine the effect of process parameters on filament outer diameter. Extrusion was carried out at a barrel temperature of 200°C with a constant screw speed of 10 rpm and puller speed variations of 10 rpm and 12 rpm. The measurement results show that an increase in puller speed will result in a decrease in filament outer diameter from 1.62 mm to 1.01 mm. The diameter no longer conforms to the standard tolerance of 3D printing (1.75 ± 0.05 mm). It can be concluded that the puller speed has an influence on the filament outer diameter results, and setting the extrusion process parameters is very important to produce quality filaments.

Keywords: 3D printing filament, extrusion, virgin ABS, puller speed, filament diameter.

1. Pendahuluan

3D printing merupakan teknologi manufaktur aditif yang memerlukan filamen termoplastik sebagai bahan baku utama [1]. Salah satu kendala yang dihadapi pengguna 3D printer adalah tingginya harga bahan baku filamen yang ada di pasaran, hal tersebut dijadikan suatu hambatan pada proses percetakan produk, terutama pada skala individu atau pendidikan. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan alternatif produksi filamen mandiri menggunakan mesin ekstrusi dengan tipe mesin Extruder Filatec PRO 3in1 Extruder Puller Winder dengan bahan baku yang lebih terjangkau seperti biji plastik ABS virgin. ABS dikenal kuat, tahan benturan, mudah diproses, [2], dan banyak digunakan di industri. Melalui proses ekstrusi, biji ABS dapat dilelehkan dan dibentuk menjadi filamen dengan diameter standar 3D printer. Dengan memproduksi filamen sendiri, biaya dapat ditekan sekaligus meningkatkan kemandirian pengguna dalam pengelolaan material cetak 3D.

Pada konteks ini, terdapat beberapa masalah yang nantinya dibahas, di antaranya:

1. Bagaimana pengaruh parameter proses ekstrusi terhadap kualitas diameter luar filamen yang dihasilkan?

2. Bagaimana pengaruh parameter proses ekstrusi terhadap kondisi penampang geometri permukaan filamen?

Berbagai batasan ditentukan pada penelitian ini yang mencakup:

1. Saat proses produksi filament, suhu ruangan diasumsikan sama dengan suhu lingkungan 24°C.
2. Kelembapan material plastik tidak di perhitungkan
3. Klasifikasi filamen meliputi beberapa aspek penting:
 - a. Diameter luar filamen: Apakah konsisten dan sesuai dengan toleransi standar, karena pada umumnya filamen memiliki nilai ukuran yang standar 1,75 mm dan mempunyai toleransi $\pm 0,05$ mm. Artinya, diameter filamen dapat berkisar antara 1,70 mm hingga 1,80 mm.
 - b. Penampang geometri permukaan: Apakah ada cacat intrnal pada filamen. Cacat yang dimaksud adalah porositas (*void*).

2. Dasar Teori

2.1 Kajian terdahulu

[3] meneliti ekstrusi ABS dengan extruder sekrup tunggal, menunjukkan suhu (230–250 °C) dan kecepatan screw (40–60 RPM) berpengaruh langsung pada kecepatan ekstrusi. Model analitis mereka cocok 96,57% dengan eksperimen, memudahkan prediksi proses dan menunjukkan pentingnya desain serta parameter untuk kualitas hasil. [4] mengekstrusi campuran ABS dan MWCNT pada 220 °C menjadi filamen 1.75 mm, dengan variasi kandungan 0.5–4%. Filamen dengan 2% MWCNT menunjukkan peningkatan kekuatan tarik hingga 42%, tetapi kandungan lebih tinggi menurunkan performa akibat aglomerasi dan viskositas. [5] mengekstrusi campuran ABS–TPU pada 195–210 °C dengan kecepatan screw 40 RPM. Penambahan TPU meningkatkan kemampuan cetak dan mengurangi warpage. Komposisi 30% ABS–70% TPU menghasilkan permukaan paling halus dan daya serap benturan tertinggi, tetapi menurunkan kekuatan dan kekakuan. [6] mengekstrusi campuran ABS–TPU dengan variasi komposisi pada 195–210 °C dan 40 RPM. Komposisi 30% ABS–70% TPU menghasilkan permukaan paling halus dan daya serap benturan tertinggi, meskipun kekuatan dan kekakuan menurun seiring meningkatnya kandungan TPU. [7] meneliti efek re-ekstrusi ABS hingga lima kali pada 190–210 °C dan 200 RPM. Nilai MFI tetap stabil, tetapi FTIR menunjukkan degradasi oksidatif dengan gugus karbonil, ester, dan hidroksil. Warna ABS menggelap, melting point menurun, Tg sedikit naik, sementara kekuatan tarik stabil dan modulus elastisitas sedikit meningkat. [8] mengekstrusi filamen ABS–GO pada 160–210 °C. Penambahan 2% GO meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas tetapi menurunkan kelenturan. Metode pelarut menghasilkan dispersi GO lebih baik dan cetakan lebih halus tanpa penyumbatan nozzle.

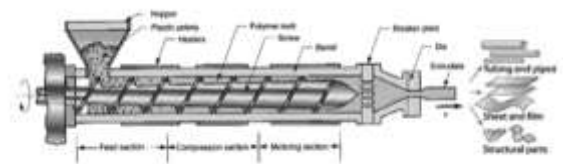
2.2 Material Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

[9] [10] menjelaskan ABS adalah jenis plastik yang terkenal karena kekuatan dan kemudahan dalam pembentukan serta pemrosesannya. Plastik ini terbentuk dari tiga bahan utama: akrilonitril, butadiena, dan stirena. Setiap bahan tersebut memberikan karakteristik khusus pada ABS;

1. Akrilonitril: menambah ketahanan terhadap panas, bahan kimia, dan kekerasan permukaan.
2. Butadiena: menjadikan plastik lebih tangguh dan tahan terhadap benturan.
3. Stirena: memudahkan ABS untuk dicetak, sekaligus memberikan kekakuan dan kekuatan

2.3 Extrusion Moulding

Ekstrusi merupakan salah satu metode manufaktur yang berlangsung secara terus-menerus dan bertujuan membentuk produk dengan bentuk penampang melintang yang seragam sepanjang panjangnya. Proses ini umumnya diaplikasikan pada berbagai jenis polimer termoplastik, serta beberapa polimer termoset tertentu. Salah satu faktor utama yang membedakan ekstrusi dari proses injection moulding adalah tingkat viskositas lelehan polimer pada suhu operasional. Pada proses ekstrusi, material yang digunakan biasanya memiliki viskositas tinggi, sehingga bentuk produk tetap stabil setelah keluar dari cetakan dan mampu dipertahankan hingga mencapai tahap pendinginan. Gambar 1 memperlihatkan skema proses cetakan ekstrusi. [11]



Gambar 1. Skema Proses Cetakan Ekstrusi

Mesin ekstrusi terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu wadah bahan (hopper), ulir (screw), elemen pemanas (heater), cetakan (die), motor penggerak, dan gearbox. Hopper berfungsi sebagai tempat awal untuk memasukkan bahan plastik. Ulir bertugas mengalirkan bahan tersebut menuju cetakan. Proses pencairan plastik dilakukan oleh pemanas, sedangkan die berperan membentuk plastik cair sesuai dengan desain yang diinginkan. Pergerakan ulir dikendalikan oleh motor listrik, dan gearbox digunakan untuk mengatur kecepatan serta arah putarannya [12].

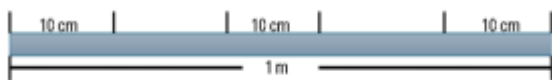
3. Metode Penelitian

Peralatan serta bahan yang dipergunakan penelitian ini di antaranya:

1. Biji plastik ABS-V
2. Mesin ekstrusi filatec filament extruder 3D printing
3. Tachometer (pengukur kecepatan puller dan screw)
4. Tang potong (memotong filamen pada bagian akhir proses ekstrusi)
5. Alat pembersih nozzle
6. Pinset (alat bantu untuk mengarahkan filamen dari nozzle sampai puller)
7. Jangka sorong (mengukur hasil diameter filamen)
8. Digital Microscope digunakan untuk melihat secara microscope pada penampang gemometri dari permukaan filamen

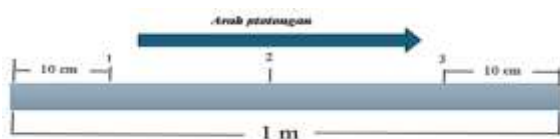
Proses pengukuran diameter dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

Pengukuran diameter luar filamen dilakukan menggunakan jangka sorong sebagai alat ukur. Proses pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda sepanjang filamen sepanjang satu meter. 3 titik tersebut adalah pangkal filamen, tengah, dan ujung dari filamen. Dari ketiga titik pengukuran tersebut (pangkal, tengah, dan ujung) masing-masing panjangnya 10 cm. Dari 10 cm untuk setiap titik pengukuran (pangkal, tengah, dan ujung) dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong pada setiap per-1 sentimeternya. Pengukuran ini diukur pada kedua sisi dari filamen (sisi horizontal dan sisi vertikal) untuk mendapatkan nilai rata-rata dari diameter luar filamen.



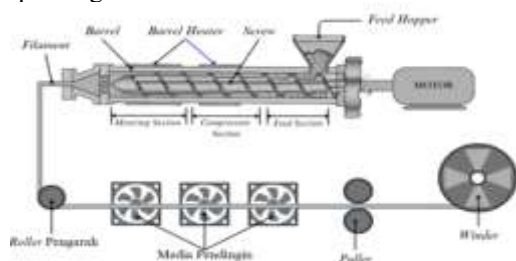
Gambar 2 Ilustrasi titik pengukuran filamen

Untuk mengetahui kondisi penampang geometri permukaan filamen, sampel diambil dari tiga titik pengukuran rata-rata diameter filamen (pangkal filamen, tengah, dan ujung filamen). Dari ketiga titik pengukuran rata-rata filamen akan mendapatkan 1 sampel. Dan sampel tersebut diambil secara kasual, yang artinya bebas untuk memilih. Bisa di bagian pangkal dari setiap titik sampel pengukuran rata-rata diameter luar filamen dan juga bisa di ujung sampel dari setiap titik sampel pengukuran rata-rata diameter luar filamen. panjang sampel tersebut 1 senti meter. Kemudian sampel tersebut akan dilakukan pengamatan untuk mengetahui kondisi penampang geometri permukaan filamen. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan alat uji makro yaitu digital microscope berserta software amcap yang disambungkan pada laptop.



Gambar 3 Ilustrasi titik pemotongan filamen

Gambar 4 menunjukkan skematik proses ekstrusi dan gambar aktualnya. Sedangkan Gambar 5 menunjukkan mesin ekstrusi filatec filament extruder 3D printing beserta.



Gambar 4 skema proses ekstrusi



Gambar 5 keterangan setiap komponen mesin ekstrusi

Keterangan:

1. Nozzel/Die (diameter nozzel 1,8 mm)
2. Screw
3. Heater Barrel
4. Hopper
5. PID controller
6. Screw switch
7. Puller switch
8. Winder switch
9. Switch knob puller dan winder
10. Switch knob kecepatan screw
11. Winder
12. Puller

4. Hasil dan Pembahasan

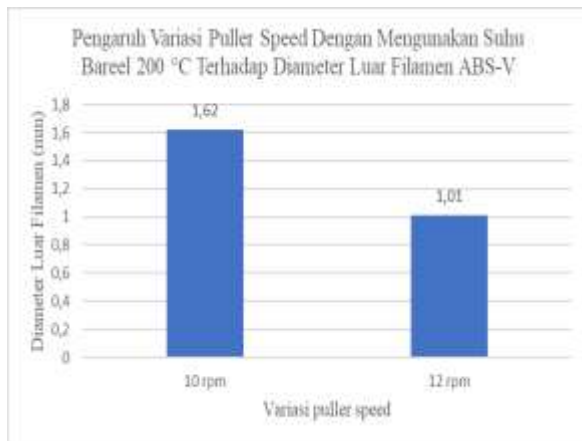
4.1. pengaruh parameter proses terhadap diameter luar filamen

Dari hasil pengujian dengan menggunakan bahan ABS-V, kecepatan screw yang konstan 10 rpm, kecepatan puller 10 rpm dan 12 rpm dan media pendingin fan, maka didapatkan hasil diameter filamen dengan suhu barrel 200°C di tabel berikut ini.

Tabel 1. Data rata-rata diameter luar filamen

Parameter Variasi	Jenis plastik	Suhu Barrel °C	Puller RPM	R 1	R 2	R 3	Rata-rata (mm)
1	ABS -V	200	10	1.67	1.71	1.47	1.62
			12	1.16	0.99	0.87	1.01

Untuk memperjelas perbedaan hasil berdasarkan parameter proses diatas dengan hasil berupa data numerik. Data numerik tersebut akan diubah dalam bentuk gambar grafik dibawah ini.



Gambar 6 Pengaruh Parameter Proses Terhadap Diameter Filamen

Grafik pada gambar 6 menunjukkan diameter filamen mengalami penurunan ukuran diameter luar dari 1,62 mm pada 10 RPM menjadi 1,01 mm pada 12 RPM dengan suhu pada barrel 200 °C.

4.2 kondisi penampang geometri permukaan filamen.

Tabel 2. Kondisi penampang geometri permukaan

Sampel Ket	Pangkal	Tengah	Ujung
ABS-V, 200 °C, 10 Rpm, R 1			
ABS-V, 200 °C, 10 Rpm, R 2			
ABS-V, 200 °C, 10 Rpm, R 3			
ABS-V, 200 °C, 12 Rpm, R 1			
ABS-V, 200 °C, 12 Rpm, R 2			
ABS-V, 200 °C, 12 Rpm, R 3			

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran screw yang konstan 10 rpm dan puller yang bervariasi yaitu 10 rpm dan 12 rpm pada proses ekstrusi berpengaruh terhadap diameter luar filamen ABS virgin dengan menggunakan suhu barrel 200 °C. Kecepatan puller 10 rpm menghasilkan diameter rata-rata filamen sebesar 1,62 mm, mendekati standar 1,75 mm dengan toleransi $\pm 0,05$ mm. Sebaliknya, peningkatan kecepatan puller menjadi 12 rpm menyebabkan diameter filamen menurun menjadi rata-rata 1,01 mm, jauh di bawah standar. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan puller mempercepat laju aliran dan tarikan filamen, sehingga diameter filamen menyusut.

Secara keseluruhan, hasil dokumentasi foto menunjukkan bahwa filamen ABS Virgin yang diekstrusi pada suhu 200°C dengan kecepatan penarik 10 dan 12 rpm menghasilkan permukaan yang rata dan bebas pori. Namun, pada kondisi yang sama dengan kecepatan penarik 10 rpm, porositas terlihat muncul pada bagian pangkal dan ujung filamen pada pengulangan ke-3, seperti yang ditunjukkan oleh lingkaran biru pada gambar kondisi penampang geometri filamen dari tabel 2.

Void ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti: pada saat proses ekstrusi dimulai dari memasukkan pelet plastik ke dalam hopper atau di dalam screw ekstruder, udara bisa saja ikut terperangkap, dan mungkin material ABS-V mengandung uap air yang menguap menjadi gas saat dipanaskan di dalam barel ekstruder. meskipun material ABS Virgin bersifat homogen.

Daftar Pustaka

- [1] N. Shahrubudin, T. C. Lee, and R. Ramlan, "An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 1286–1296. doi: 10.1016/j.promfg.2019.06.089.
- [2] S. Olivera, H. B. Muralidhara, K. Venkatesh, K. Gopalakrishna, and C. S. Vivek, "Plating on acrylonitrile–butadiene–styrene (ABS) plastic: a review," Apr. 01, 2016, *Springer New York LLC*. doi: 10.1007/s10853-015-9668-7.
- [3] Y. Gopal Mittal, P. Kamble, G. Gote, Y. Patil, A. Kumar Mehta, and K. P. Karunakaran, "Manufacturing Letters A Novel Analytical Model for Screw Extrusion of Thermoplastic ABS with Emphasis on Additive Manufacturing-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>) Peer-review under responsibility of the Scientific Committee of the NAMRI/SME," 2023, [Online]. Available: www.sciencedirect.com
- [4] T. H. Le, V. S. Le, Q. K. Dang, M. T. Nguyen, T. K. Le, and N. T. Bui, "Microstructure evaluation and thermal–mechanical properties of abs matrix composite filament reinforced with multi-walled carbon nanotubes by a single screw extruder for fdm 3d printing," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 19, Oct. 2021, doi: 10.3390/app11198798.
- [5] B. Thavornyutikarn, C. Aumnate, W. Kosorn, N. Nampichai, and W. Janvikul, "Acrylonitrile Butadiene Styrene/Thermoplastic Polyurethane Blends for Material Extrusion Three-Dimensional Printing: Effects of Blend Composition on Printability and Properties," *ACS Omega*, vol. 8, no. 47, pp. 45013–45025, Nov. 2023, doi: 10.1021/acsomega.3c06595.
- [6] E. K. Karahaliou and P. A. Tarantili, "Stability of ABS compounds subjected to repeated cycles of extrusion processing," *Polym Eng Sci*, vol. 49, no. 11, pp. 2269–2275, 2009, doi: 10.1002/pen.21480.
- [7] E. K. Karahaliou and P. A. Tarantili, "Stability of ABS compounds subjected to repeated cycles of extrusion processing," *Polym Eng Sci*, vol. 49, no. 11, pp. 2269–2275, 2009, doi: 10.1002/pen.21480.
- [8] C. Aumnate, A. Pongwisuthiruchte, P. Pattananuwat, and P. Potiyaraj, "Fabrication of ABS/Graphene oxide composite filament for fused filament fabrication (FFF) 3D Printing," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/2830437.
- [9] T. T. Wicaksano, C. Budiyanoro, and H. Sosiati, "Karakterisasi Sifat Mekanis dan Sifat Thermal Campuran Daur Ulang Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Dan Polycarbonate (PC)," *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [10] M. Iman, "Surat Pencatatan," *Repository.Uin-Suska.Ac.Id*, 2023, [Online]. Available: [http://repository.uin-suska.ac.id/26740/1/Haki Buku Genealogi Intelektual Melayu Tradisi Pemikiran Islam Abad ke 19 di Kerajaan Riau Lingga.pdf](http://repository.uin-suska.ac.id/26740/1/Haki%20Buku%20Genealogi%20Intelektual%20Melayu%20Tradisi%20Pemikiran%20Islam%20Abad%20ke%2019%20di%20Kerajaan%20Riau%20Lingga.pdf)
- [11] I. Mawardi and H. Lubis, *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Penerbit Andi, 2019.
- [12] H. Fransiscus, S.T., M.T., S. S. Tjandra, M. Pangestu, and L. Handranto, "Perancangan Eksperimen Proses Ekstrusi Dengan Bahan Plastik Bekas Pakai," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 11, no. 2, pp. 157–166, Oct. 2022, doi: 10.26593/jrsi.v11i2.5750.157-166.



Anskarius Patong program studi Sarjana Teknik Mesin di Universitas Udayana, dari tahun 2021 sampai 2025. Menyelesaikan studi dengan mengambil topik penelitian di bidang Rekayasa Manufaktur yang berfokus dalam pembuatan filamen 3D Printing menggunakan metode ekstrusi.