

ANALISA PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT SCREW EXTRUDER TERHADAP KEAKURATAN DIAMETER FILAMENT 3D PRINTER BERBAHAN RECYCLED ABS, RECYCLE HDPE, DAN POLYPROPYLENE

Fendra Eka Nugroho^{1)*}, Fenoria Putri²⁾, Indra Gunawan²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya Jln. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

*email korespondensi: fendraekanugroho8@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Received:
14/07/2022

Accepted:
13/11/2022

Online-Published:
28/02/2023

ABSTRAK

Mesin ekstrusi baru dengan material HDPE recycle (botol oli), ABS, POLY PROPYLENE. Filamen dengan kualitas yang baik adalah filamen yang memiliki daya tahan tinggi dan memiliki diameter yang stabil. Pada penelitian ini menggunakan variabel Bahan dan sudut screw. Penumpukan sampah plastik menjadi masalah utama dibanyak negara, termasuk Indonesia. Namun disisi lain, ada juga teknologi yang mengalami perkembangan dengan pesat yaitu, 3D Printing. Dengan perkembangan 3D Printing berbasis plastik, diperlukan sebuah kreatifitas untuk membuat inovasi 3D Printing lebih ramah lingkungan. Ini dapat dicapai dengan menggunakan Filament 3D Printing yang terbuat dari plastik daur ulang. Penelitian ini mengambarkan. Pada kombinasi perlakuan extrusion screw 0°, 15° Dan 25° dengan Bahan HDPE, ABS, POLY PROPYLENE menghasilkan rata-rata diameter mendekati 1.75 mm, yaitu 1.76 mm. Dari hasil eksperimen menggunakan Anova diketahui respon rata-rata diameter dipengaruhi oleh kecepatan penarik filament karena Karena $f_{hitung} = 0,519553 > f_{0,05(2;4)} = 6,9443$. Namun, setelah menerima parameter optimasi, hasil akhir menunjukkan cacat kualitas Filament. Seperti permukaannya kasar dan mudah ditekuk. Oleh karena itu, tidak mungkin membuat objek pada 3D Printer menggunakan Filament yang terbuat dari bahan jenis polypropylene dan bahan daur ulang plastik ABS dan HDPE.

Kata Kunci : Mesin extrusi, Diameter Filamen 3D, ABS HDPE POLY PROPYLENE, Sudut Srew, Metode Anova

ABSTRACT

New extruder with recydlled HDPE material (oil bottle), ABS, Polypropylene. High quality filaments are characterized by high durability and constant diameter. In this study, we used material variables dan helix angles. Accumulation of plastic waste is a major problem in many countries, including Indonesia. On the other hand, there is also a rapidly growing technology, namely 3D printing. With the development of plastic based 3D Printing, it has become very important to make 3D printing innovations more environmentally friendly. This can be achieved by using 3D printing filaments made from recycled plastic. This research is envolving. Combining 0°, 15°, and 25° extrusion screwing with HDPE, ABS, and polypropylene materials, the average diameter is close to 1.75mm to 1.76mm. Because $= 0.519553 > 0.05 (2;4) = 6,9443$. However after receiving the optimization parameters, the final result shows a defect in filament quality. Make the surface rough and easy to bend. Therefore, it is not possible to create object on a 3D printer using filaments made of polypropylene and recycled ABS and HDPE plastic.

Keywords: Filament, Extrusion, Pulling Speed, Extrusion Temeperature, Filament Diameter

© 2023 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:
doi.org/10.5281/zenodo.7684182

1 PENDAHULUAN

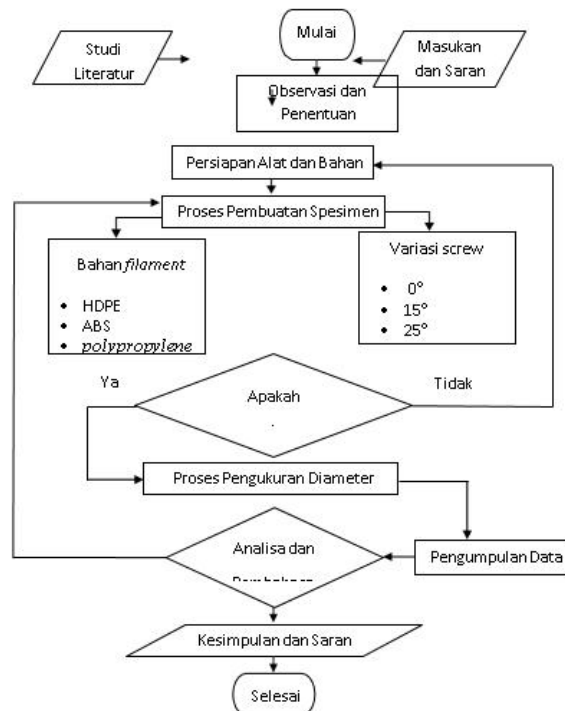
Sampah plastik adalah salah satu dari masalah utama terhadap pencemaran lingkungan, baik di darat maupun di laut. Sampah plastik yang memiliki sifat sulit untuk terurai, proses pengolahannya bersifat toksin dan karsinogenik, serta membutuhkan waktu hingga ratusan tahun untuk terurai secara alami. Namun di sisi lain, ada juga teknologi yang berkembang pesat: *3D printing*. Dengan berkembangnya *3D printing* plastik menjadi sangat penting untuk membuat inovasi *3D Printing* lebih ramah lingkungan. Proses mencetak 3 dimensi menjadi produk menggunakan proses additif, yaitu dengan menambahkan bahan-bahan dasar secara bertahap sesuai dengan bentuk digital yang dikehendaki (Dicky Seprianto dkk, 2017). Teknologi 3D Printer berkembang pesat dalam beberapa waktu terakhir, sehingga memerlukan mesin *filament extruder* yang dapat mendaur ulang atau memproduksi filamen dengan jenis bahan seperti *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Permintaan *filament 3D Printer* dimasa sekarang mengalami peningkatan secara signifikan. Sementara itu, *filament 3D Printer* komersial yang beredar di pasaran masih mengimpor bahan dari luar negeri. (R.A. Tya, Y. Setyoadi, dan A. Burhanudin, 2020).

Untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang menumpuk secara berlebihan, perlu dilakukan pemanfaatan sampah plastik dengan melakukan pengolahan sampah plastik pada pembuatan filamen 3D printer dengan mesin ekstrusi *single screw extruder*. *Screw* pada mesin ekstrusi adalah komponen utama dari *ekstruder* plastik yang bertindak sebagai poros penggerak dan mesin pemotong, dan juga merupakan pengaduk plastik panas di dalam barrel (Tatang Suryana, 2019). Ini adalah masalah yang sering dihadapi oleh ekstrusi plastik untuk pembuatan filamen printer 3D. Sejauh ini, diameter filamen printer 3D tidak konstan.

Salah satu jenis sampah plastik yang dapat diolah menjadi *Filament* adalah *high density polyethylene* (HDPE). HDPE mempunyai kelebihan dari *polyethylene* lainnya yaitu sebagai sifat mekanik yang baik seperti pada kekuatan tekan tarik yang tinggi, kekakuan tinggi, titik mencair dan kiralinitas (Vasile C dan Pascu, M, 2005). Perencanaan yang dilakukan adalah mendesain ulang *screw* dengan membuat variasi sudut heliks *screw*, yang bertujuan untuk meningkatkan keluaran (*outflow*) untuk mengurangi cacat produk jika terjadi cacat rata-rata. Artinya, dimensi produk tidak boleh sama/berbeda. Cobalah tiga bahan berbeda: ABS daur ulang, HDPE daur ulang, dan biji plastik *polypropylene*. Filamen dengan kualitas yang baik adalah filamen yang memiliki daya tahan tinggi dan memiliki diameter yang stabil, namun produk yang tidak konsisten disebabkan oleh diameter filamen yang tidak beraturan (Angatkina, K, 2018).

2 BAHAN DAN METODA

Pada penelitian kali ini, memiliki langkah-langkah penelitian. Berikut ini gambaran diagram alir penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 1. Diagram Alir

2.1 Alat

Alat - alat yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Mesin Ekstrusi.
2. Mesin Pendingin
3. Mesin Penarik *filament*
4. Mesin Penggulung *filament*
5. Jangka Sorong
6. Screw 0°, 15°, 25°

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah limbah plastik jenis *High density polyethylene*, *ABS*, dan *biji plastik polypropylene*. Sampah plastik *high density polyethylene* yang digunakan berupa botol oli bekas dan sampah plastik *ABS* yang digunakan berupa body motor bekas seperti pada Gambar 2. Kemudian limbah tersebut diolah menjadi bentuk cacahan plastik seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Botol Oli Bekas



Gambar 3. Cacahan plastik dari botol oli bekas

2.3 Proses Pembuatan *Filament*

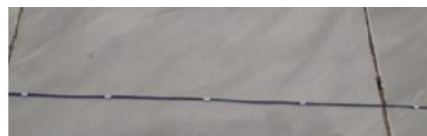
Proses pembuatan *filament* dimulai dengan mengatur parameter sesuai dengan variasi yang telah ditentukan yaitu, kecepatan penarik *filament* 2 Rpm, 6 Rpm, dan 10 Rpm, kemudian untuk suhu nya 160°C, 170°C, 180°C. Kemudian dilanjutkan dengan memasukkan cacahan plastic ke dalam *hopper* dan menghidupkan mesin ekstrusi.



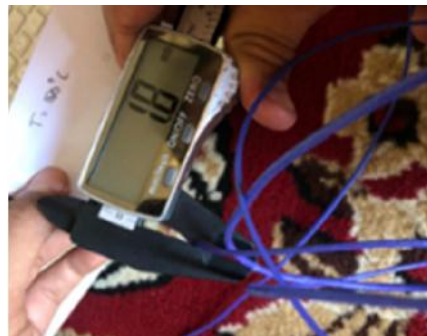
Gambar 4. Proses Pembuatan *Filament*

2.4 Pengukuran Diameter *Filament*

Dalam melakukan pengukuran diameter *filament*, menggunakan alat ukur jangka sorong. Pengukuran dilakukan dengan pengambilan 5 titik dari panjang *filament* yang dihasilkan, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 2 kali (replikasi).



Gambar 5. Proses Pengukuran *Filament*



Gambar 6. Proses Pengukuran *Filament*

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Diameter *Filament*

Pengolahan Data yang dilakukan pada penelitian ini adalah data dari hasil proses pada pembuatan *filament 3D printer* dengan Mesin *ekstruder single screw* dengan respon yaitu diameter *filament* yang di hasilkan. Pada pengujian ini yang dilakukan terdapat 3 variasi sudut *helix screw* yang digunakan yaitu 0°, 15° dan 25°, dengan bahan *Recycled ABS*, *Recycle HDPE*, Dan *Polypropylene* yang menjadi parameter pengukuran hasil yaitu diameter hasil filament.

Tabel 1. Hasil Pengukuran diameter *filament* pada variasi Sudut Screw dan jenis bahan biji plastik yang berbeda

Bahan Sudut Screw	Recycle d ABS	Rata-rata Diameter (mm)	Recycle d HDPE	Rata-rata Diameter (mm)	Polypro pylene	Rata-rata Diameter (mm)
0°	2,6	2.3	1,2	0.98	1,5	1.38
	2,6		1,0		1,3	
	1,9		0,8		1,7	
	2,4		0,9		0,9	
	2,0		1,0		1,5	
15°	0,6	1.14	2,9	2.56	1,3	1.4
	1,4		2,4		1,4	

	1,1		2,6		1,9	
	1,5		2,4		1,1	
	1,1		2,5		1,3	
	2,8		2,5		1,6	
	2,1		3,2		1,4	
25°	2,0	1.76	2,7	2.58	1,5	1.52
	1,2		1,9		1,5	
	0,7		2,6		1,6	

Gambar 7. Hasil Pengukuran *Filament 3D Printer*

3.2 Analisa Pengaruh Variabel Temperatur Suhu dan kecepatan penarik *Filament* Terhadap Akurasi Dimensi Diameter *Filament*

Dari data pengukuran ketebalan pada Tabel 1 dapat dianalisis pengaruh variable Sudut *Helix Screw* dan bahan yang digunakan terhadap diameter *filament*. Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi nilai respon sampel yang disiapkan, analisis varians (analisis varians dua arah) untuk menganalisis data pengukuran, menggunakan 2 faktor dan 1 respon. Pengujian sampel dilakukan secara random sesuai dengan matrik rancangan pengukuran pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil ANOVA dari pengukuran dimensi diameter Spesimen

	Recycle ABS	Recycle HDPE	Polypropylene	T Baris
0°	2,3	0,98	1,38	4,66
15°	1,14	2,56	1,4	5,1
25°	1,76	2,58	1,52	5,86
T Kolom	5,2	6,12	4,3	15,62

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
0°	3	4,66	1,553333333	0,458133333
15°	3	5,1	1,7	0,5716
25°	3	5,86	1,953333333	0,308933333
Recycle ABS	3	5,2	1,733333333	0,336933333
Recycle HDPE	3	6,12	2,04	0,8428
Polypropylene	3	4,3	1,433333333	0,005733333

1. Hipotesis

- $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$
 $H_1 : \text{minimal ada satu } \alpha_i \neq 0$
- $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$
 $H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0$

2. Taraf nyata (α) = 5% = 0,05 (nilai *ftab*) :

a. Untuk baris

$$V1 = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V2 = (k - 1)(b - 1) = (3 - 1)(3 - 1) = 4$$

$$(V1; 2) = f_{0,05}(2; 4) = 6,9443$$

b. Untuk kolom

$$V1 = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V2 = (k - 1)(b - 1) = (3 - 1)(3 - 1) = 4$$

$$(V1; 2) = f_{0,05}(2; 4) = 6,9443$$

3. Perhitungan

a. Jumlah kuadrat total (JKT/SS Total)

$$(JKT) = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k x_{ij}^2 - \frac{T^2}{kb}$$

$$= 2,3^2 + 1,14^2 + 1,76^2 + \dots + 1,52^2 - \frac{15,52^2}{3(3)}$$

$$= 30,0324 - 27,109378$$

$$= 2,923022$$

b. Jumlah Kuadrat Baris (JKB/SS Baris)

$$(JKB) = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{k} - \frac{T^2}{kb}$$

$$= \frac{5,2^2 + 6,12^2 + 4,3^2}{3} - \frac{15,52^2}{3(3)}$$

$$= 27,661467 - 27,109378$$

$$= 0,552089$$

c. Jumlah Kuadrat Kolom (JKK/SS Kolom)

$$(JKK) = \frac{\sum_{j=1}^k T_j^2}{k} - \frac{T^2}{kb}$$

$$= \frac{4,66^2 + 5,1^2 + 5,86^2}{3} - \frac{15,52^2}{3(3)}$$

$$= 27,355067 - 27,109378$$

$$= 0,245689$$

d. Jumlah Kuadrat Error (JKE/SS Error)

$$(JKE) = JKT - JKB - JKK$$

$$= 2,923022 - 0,552089 - 0,245689$$

$$= 2,125244$$

e. Derajat bebas Baris (df) = $b-1 = 3-1 = 2$

f. Derajat bebas Kolom (df) = $k-1 = 3-1 = 2$

g. Derajat bebas Error (df) = $(k-1)(b-1) = (3-1)(3-1) = 4$

h. Derajat bebas Total (df) = $kb-1 = 3 \cdot 3-1 = 8$

i. Rata-rata kuadrat Baris (S_{1^2} /Rata-rata Baris)

$$S_{1^2} = \frac{JKB}{db} = \frac{0,552089}{3-1}$$

$$= 0,276044$$

j. Rata-rata kuadrat Kolom (S_{2^2} /Rata-rata Kolom)

$$S_{2^2} = \frac{JKK}{db} = \frac{0,245689}{3-1}$$

$$= 0,122844$$

k. Rata-rata kuadrat Error (S_{3^2} /Rata-rata Error)

$$S_{3^2} = \frac{JKE}{db} = \frac{2,125244}{(3-1)(3-1)}$$

$$= 0,531311$$

l. Fhitung Baris (f_1)

$$f_1 = \frac{S_{1^2}}{S_{3^2}} = \frac{0,276044}{0,531311}$$

$$= 0,519553$$

m. Fhitung Kolom (f_2)

$$f_2 = \frac{S_{2^2}}{S_{3^2}} = \frac{0,122844}{0,531311}$$

$$= 0,231210$$

ANOVA

Source of Variation (Sumber Varians)	SS (Jumlah kuadrat)	Df	MS (Rata-rata kuadrat)	F (Fhitung)	P-value	F crit (F table)
Rows	0,245688889	2	0,122844444	0,231210005	0,803487443	6,94427191
Columns	0,552088889	2	0,276044444	0,519553306	0,630104947	6,94427191
Error	2,125244444	4	0,531311111			
Total	2,923022222	8				

Kesimpulan

- Karena $F_{hitung} = 0,519553 < f_{0,05(2;4)} = 6,9443$. Maka H_0 diterima. Jadi, setiap bahan sama besar diameter untuk ketiga sudut *helix extrusion*.
- Karena $F_{hitung} = 0,231210 < f_{0,05(2;4)} = 6,9443$. Maka H_0 diterima. Jadi sudut *helix extrusion* memiliki diameter filament sama besar untuk setiap bahan yang digunakan.

4 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa data penelitian yang telah diuji, maka bisa disimpulkan terdapat perbedaan ukuran diameter *filament* yang signifikan. Pada kombinasi perlakuan *extrusion Screw* 0° , 15° dan 25° dengan Bahan ABS, HDPE dan *Polypropylene* yang menghasilkan rata-rata diameter mendekati 1.75 mm, yaitu 1.76 mm. Dari hasil percobaan menggunakan *Anova* diketahui respon rata-rata diameter dipengaruhi oleh kecepatan penarik *filament* karena Karena $F_{hitung} = 7,2859 > f_{0,05(2;4)} = 6,9443$.

DAFTAR PUSTAKA

- Angatkina, K.: *Recycling of HDPE from MSW waste to 3D printing filaments*. (2018) Badan pengawas obat dan makanan (BPOM). 2016. Plastik sebagai kemasan pangan. Diakses dari BADAN POM pada 20 Maret 2021. <http://ik.pom.go.id/v2015/artikel/Plastiksebagaikemasanpangan.pdf>.
- D. Seprianto, R. Wilza, dan Iskandar. 2017. Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D *Printing* Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri. Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2017. ISBN 978-602-73461-6-1
- R.A.Tya, Y. Setyoadi, dan A.Burhanudin.2020. Rancang Bangun Mesin *Filament Extruder* yang berbasis Arduino Mega2560 dengan hasil *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Science And Engineering National Seminar 5 (SENS 5). 17 Desember 2020. Semarang, Indonesia.
- Suryana. Tatang. 2019. "Desain Modifikasi *Screw Extruder* Untuk Meningkatkan *Outflow* Yang Optimal Dan Meninimalkan Cacat Produk Pada Plastik". Jurnal Ilmiah Teknobiz Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila. Vol. 9 No. 1.
- Vasile C dan Pascal M. 2005. *Practical guide to polyethylene*. Rapra Technology Limited.