

ANALISIS LEBAR POTONGAN BOTOL PLASTIK IDEAL PADA PEMBUATAN FILAMEN PET MENGGUNAKAN MESIN 3D PULTRUSION HIKU TECH

Christian Imanuel Ranteliling¹⁾, Misrianto²⁾, Marulan Andivas³⁾

Program Studi Teknik Industri Universitas Balikpapan

e-mail: ¹⁾christian.imanuel1511@gmail.com, ²⁾misrianto@uniba-bpn.ac.id, ³⁾andivas@uniba-bpn.ac.id

ABSTRAK

Mesin 3D Pultrusion Hiku Tech merupakan mesin pembuat filamen PET dari sampah botol plastik PET yang dirancang oleh mahasiswa Teknik Industri Universitas Balikpapan. Mesin tersebut masih memerlukan penyesuaian dalam menangani ukuran potongan botol plastik PET dengan lebar yang berbeda. Lebar potongan dapat mempengaruhi kualitas hasil filamen PET dan waktu pembuatan filamen PET, jika potongannya terlalu lebar atau sempit. Penelitian ini bertujuan mengetahui lebar potongan botol plastik yang ideal pada pembuatan filamen PET dengan melihat kualitas dari hasil filamen PET dan pengaruh lebar potongan botol plastik terhadap waktu pembuatan filamen PET. Penelitian ini menggunakan metode pengecekan kualitas hasil filamen dan metode regresi linear sederhana. Hasil skoring lebar potongan 8 mm banyak menghasilkan skoring 2 sebanyak 23 sampel, lebar potongan 9 mm banyak menghasilkan skoring 4 sebanyak 18 sampel, dan lebar potongan 10 mm banyak menghasilkan skoring 2 sebanyak 20 sampel. Hasil analisis regresi linear menyatakan lebar potongan 8 mm dan 10 mm tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan filamen PET, sedangkan lebar potongan 9 mm memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan filamen PET. Sehingga, pada pembuatan filamen PET dengan lebar potongan botol plastik 8 mm, 9 mm, dan 10 mm, ditemukan bahwa lebar potongan yang ideal pada pembuatan filamen PET adalah lebar potongan 9 mm.

Kata kunci: 3D Printing, Filamen PET, Lebar Potongan, Mesin 3D Pultrusion Hiku Tech, Waktu Pembuatan

ABSTRACT

Hiku Tech 3D Pultrusion Machine is a PET filament making machine from PET plastic bottle waste designed by Industrial Engineering students of University of Balikpapan. The machine still needs adjustment in handling the size of PET plastic bottle pieces with different widths. The width of the cut can affect the quality of PET filament and the time of making PET filament, if the cut is too wide or narrow. This study aims to determine the ideal cut width of plastic bottles in PET filament making by looking at the quality of PET filament results and the effect of plastic bottle cut width on PET filament making time. This research uses the method of checking the quality of filament results and the simple linear regression method. The scoring results of the 8 mm cut width produced a score of 2 for 23 samples, the 9 mm cut width produced a score of 4 for 18 samples, and the 10 mm cut width produced a score of 2 for 20 samples. The results of linear regression analysis state that the width of 8 mm and 10 mm pieces has no positive and significant effect on the time of making PET filaments, while the width of 9 mm pieces has a positive and significant effect on the time of making PET filaments. Thus, in the manufacture of PET filaments with cut widths of 8 mm, 9 mm, and 10 mm plastic bottles, it was found that the ideal cut width in the manufacture of PET filaments is a cut width of 9 mm.

Keywords: 3D Printing, Hiku Tech 3D Pultrusion Machine, Manufacturing Time, PET Filament, Piece Width

PENDAHULUAN

3D Printing merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk membuat benda padat tiga dimensi dengan desain digital [1]. *Fused Deposition Modelling* (FDM) merupakan metode yang sering digunakan pada 3D Printing untuk pembuatan objek tiga dimensi dengan mencetak lapisan demi lapisan menggunakan plastik berjenis *thermoplastic* yang dilelehkan hingga terbentuk suatu objek tiga dimensi [2]. Metode FDM berpotensi mengatasi masalah sampah plastik, karena beberapa dari material jenis *thermoplastic* bisa didapatkan dari sampah plastik [3]. Perlu diketahui bahwa proses penguraian sampah

plastik dengan tanah dapat memakan waktu hingga 100-500 tahun. Sedangkan jika sampah plastik dibakar dapat mengeluarkan zat beracun berjenis *Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins* [4]. Permasalahan tersebut dapat ditangani menggunakan konsep daur ulang (*recycle*) dari konsep 3R dengan mengolah kembali bahan baku yang sudah tidak terpakai [5].

Polyethylene Terephthalate (PET) termasuk salah satu jenis *thermoplastic* yang dapat didaur ulang (*recycle*) dan mudah didapatkan [6]. Dari beragam jenis plastik, yang paling sering di buang ke lingkungan adalah jenis plastik PET, yang umumnya ditemukan dalam bentuk kantong plastik dan botol plastik [7]. PET memiliki karakteristik mudah meleleh sehingga mudah dibentuk, dan memiliki sifat elastis [8]. Keunggulan yang dimiliki plastik jenis PET adalah dapat diolah menjadi produk yang murah dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Salah satu produk olahan plastik jenis PET adalah menjadi filamen [9]. Filamen merupakan bahan baku yang digunakan pada proses pencetakan *3D Printing*. Filamen berbentuk silinder panjang dan mempunyai beberapa macam diameter. Filamen berfungsi sebagai objek atau bentuk nyata dari desain yang telah di buat sebelumnya dalam suatu aplikasi [10].

Bahan pembuatan filamen PET mudah ditemukan pada lingkungan Universitas Balikpapan (UNIBA) yaitu dari sisa penggunaan botol air plastik. Pada laboratorium proses manufaktur UNIBA terdapat mesin *3D Pultrusion Hiku Tech* yang merupakan mesin pembuat filamen PET dari sampah botol plastik PET yang dirancang oleh mahasiswa Teknik Industri UNIBA dan dapat membantu memenuhi kebutuhan praktikum proses manufaktur dalam penyediaan filamen untuk mesin *3D Printing*. Mesin ini menggunakan metode *pultrusion* dalam proses pembuatannya. Proses pembuatan filamen menggunakan metode *pultrusion* dapat menghasilkan tingkat diameter yang lebih stabil daripada metode *ekstrusion* [11]. Prinsip kerja alat dengan metode *pultrusion* adalah potongan botol plastik melewati *nozzle* yang dilubangi khusus sehingga memungkinkan proses *pultrusion* filamen [6]. Agar dapat diolah menjadi filamen, sampah botol plastik harus dalam bentuk gulungan tali plastik. Untuk itu, dibutuhkan suatu alat pemotong botol plastik yang dapat berguna dalam memotong sampah botol plastik menjadi bentuk yang dapat di proses pada saat pembuatan filamen PET [12].

Pemotong botol plastik merupakan *part* untuk memotong botol plastik menjadi gulungan tali plastik dengan ukuran lebar potongan yang dapat disesuaikan. Ada beberapa macam ukuran lebar yang dipakai saat memotong botol. Terdapat beberapa penelitian mengenai pembuatan filamen PET dengan berbagai macam ukuran, seperti menggunakan lebar potongan 10 mm yang menghasilkan filamen dengan diameter 1,75 mm [13] dan lebar potongan 9 mm pada botol plastik PET merk *crystalin*, serta lebar potongan 10 mm pada botol plastik PET merk *club*, yang keduanya menghasilkan diameter yang konsisten [14]. Pada proses pembuatan filamen PET lebar potongan botol plastik dapat mempengaruhi hasil dari filamen. Potongan yang terlalu lebar atau sempit dapat menyebabkan variasi dalam kualitas filamen, selain itu lebar potongan dapat mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan, dan mesin *3D Pultrusion* memerlukan penyesuaian untuk menangani potongan botol plastik dengan lebar yang berbeda [6]. Oleh karena itu, perlu untuk melakukan serangkaian eksperimen dan penyesuaian untuk menemukan lebar potongan botol plastik yang ideal untuk pembuatan filamen.

Berdasarkan latar belakang di atas dan penelitian tentang lebar potongan botol plastik PET yang telah dilakukan sebelumnya. Dapat diketahui bahwa sampah botol plastik PET dapat diolah kembali menjadi filamen *3D Printing*, kemudian lebar potongan botol plastik PET dianggap sebagai faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan filamen PET, dan perlu mencari ukuran lebar potongan botol plastik yang ideal untuk mesin *3D Pultrusion Hiku Tech*. Penelitian sebelumnya belum mendalami pengaruh dari lebar potongan terhadap

waktu pembuatan filamen serta kualitas dari filamen yang dihasilkan. Sehingga, penulis merencanakan penelitian lanjut dengan fokus pada aspek tersebut. Dengan demikian, penulis akan melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Lebar Potongan Botol Plastik Ideal Pada Pembuatan Filamen PET Menggunakan Mesin 3D Pultrusion Hiku Tech".

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Manufaktur Program Studi Teknik Industri Universitas Balikpapan. Data penelitian dikumpulkan melalui studi pustaka, observasi, dan dokumentasi. Studi pustaka melalui penelusuran berbagai sumber literatur seperti jurnal ilmiah, buku, artikel, dan dokumen yang terkait dengan penelitian. Observasi yang dilakukan dalam penelitian dengan melihat proses pembuatan filamen PET pada mesin 3D Pultrusion Hiku Tech. Dokumentasi yang dikumpulkan dalam penelitian berupa data waktu dan foto-foto saat pembuatan filamen PET. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengecekan kualitas hasil filamen dan analisis regresi linear sederhana.

Pengecekan Kualitas Hasil Filamen

Pengecekan kualitas hasil filamen dilakukan untuk memastikan bahwa filamen PET yang telah dibuat menghasilkan kualitas yang baik dan konsisten. Pada penelitian ini, pengecekan diawali dengan melihat hasil filamen PET yang telah diberi tanda dengan jarak per 10 cm. Setiap jarak akan dilihat dan diperiksa apakah terdapat kecacatan pada hasil filamen menggunakan tabel karakteristik kegagalan dan keberhasilan pada Tabel 1 [15].

Tabel 1. Karakteristik Kegagalan dan Keberhasilan

Kegagalan	Keberhasilan
Permukaan kasar	Permukaan halus
Melting kurang sempurna	Kepadatan yang baik
Terdapat lekukan	Diameter sempurna

Hasil kegagalan dan keberhasilan selanjutnya akan digunakan untuk pemberian nilai skoring pada hasil filamen PET pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Skoring

Nilai	Keterangan
1	Jika hasil filamen memperoleh 3 kegagalan dan 0 keberhasilan dari tabel karakteristik
2	Jika hasil filamen memperoleh 2 kegagalan dan 1 keberhasilan dari tabel karakteristik
3	Jika hasil filamen memperoleh 1 kegagalan dan 2 keberhasilan dari tabel karakteristik
4	Jika hasil filamen memperoleh 0 kegagalan dan 3 keberhasilan dari tabel karakteristik

Analisis Regresi Linear Sederhana

Metode regresi linear sederhana merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi hubungan matematis dalam bentuk persamaan antara satu variabel tak bebas dengan satu variabel bebas. Dalam hal ini variabel X berperan sebagai variabel bebas/independen dan variabel Y berperan sebagai variabel tak bebas/dependen. Variabel independen dalam penelitian ini adalah lebar potongan botol plastik 8 mm, 9 mm, dan 10 mm, sedangkan variabel dependen dalam penelitian ini adalah waktu pembuatan filamen PET. Peneliti mengolah data dengan bantuan aplikasi SPSS. Persamaan regresi linear sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = a + bx \quad (1)$$

Dimana:

$\hat{Y}$ = Variabel tak bebas/dependen

X = Variabel bebas/independen

a = Parameter *intercept*

b = Parameter koefisien regresi variabel bebas

Pada penelitian ini, terdapat beberapa pengujian yang digunakan dalam analisis regresi linear sederhana. Pertama, uji t dikenal sebagai uji koefisien regresi. Pada penelitian, uji ini dilakukan menggunakan program SPSS dengan melihat nilai pada tabel *coefficients*. Jika nilai probabilitas signifikan lebih kecil dari 0,05, maka variabel bebas memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel tak bebas. Dengan kriteria jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sedangkan jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Kedua, uji F untuk menentukan apakah model regresi yang diestimasi layak atau tidak. Pada penelitian, uji ini dengan melihat nilai pada tabel *Analisis of Varians* (ANOVA). Jika nilai probabilitas signifikan lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak atau dapat dikatakan bahwa model regresi yang diestimasi layak, sedangkan jika nilai probabilitas signifikan lebih besar dari 0,05, maka H_0 diterima atau dapat dikatakan bahwa model regresi yang diestimasi tidak layak [16]. Dan ketiga, uji R^2 untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variabel lebar potongan botol plastik (X) terhadap waktu pembuatan filamen (Y). Dalam program SPSS nilai koefisien determinasi (R^2) ditunjukkan pada tabel model *summary* dengan melihat nilai *R Square* dan nilai koefisien regresi untuk mengetahui seberapa kuat korelasi antar kedua variabel. Maka terdapat kategori korelasi berdasarkan nilai R adalah sebagai berikut [17]:

Tabel 3. Kategori Korelasi

Interval	Keterangan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat kuat

Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian yang validitasnya belum terbukti sampai data terkumpul. Dan juga suatu perkiraan yang bisa benar atau salah, akan ditolak jika terbukti salah dan akan diterima jika didukung oleh fakta-fakta yang ditemukan. Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Lebar Potongan botol plastik (8 mm, 9 mm, dan 10 mm) tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan filamen PET.

H_1 : Lebar Potongan botol plastik (8 mm, 9 mm, dan 10 mm) berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan filamen PET.

Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan yang terdapat pada penelitian diawali dengan peneliti menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk proses pengumpulan data. Peralatan yang diperlukan mencakup mesin 3D *pultrusion* Hiku Tech dan material yang digunakan adalah botol plastik berukuran 1,5 liter. Dalam menyiapkan bahan peneliti melakukan pemerataan permukaan botol, membersihkan, dan memotong botol plastik. Sementara itu, dalam persiapan alat, peneliti melakukan pemanasan pada *blockheat* yang terdapat pada mesin hingga mencapai suhu yang diinginkan yaitu 75°C , dan mengatur RPM yang ada pada mesin dengan kecepatan 7 rpm. Selanjutnya peneliti menentukan ukuran-ukuran lebar potongan yang akan digunakan pada mesin 3D *pultrusion* Hiku Tech. Penentuan lebar potongan yang akan digunakan berdasarkan dari sumber-sumber studi literatur, yang dimana peneliti menggunakan lebar potongan botol plastik 8 mm, 9 mm, dan 10 mm. Kemudian masuk kedalam proses pembuatan filamen, yang juga akan dilakukan perhitungan waktu pembuatan filamen menggunakan stopwatch. Perhitungan waktu akan dimulai setelah melalui nozzle dan perhitungan akan berhenti setelah mencapai jarak 10 cm.

Lalu dari proses pembuatan akan menghasilkan filamen PET dari ukuran lebar potongan botol plastik 8 mm, 9 mm, dan 10 mm. Kemudian, peneliti akan melakukan pengecekan filamen dengan memberikan skoring masing-masing filamen yang dihasilkan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan dari tabel karakteristik kegagalan dan keberhasilan, dan tabel skoring. Selanjutnya melakukan pengolahan data untuk mengetahui kemungkinan adanya hubungan antara lebar potongan botol plastik dan waktu pembuatan filamen PET, hal tersebut dilakukan menggunakan aplikasi SPSS dengan metode regresi linear sederhana dan pengujian hipotesis yang terdiri dari uji t, uji F, dan uji R^2 . Variabel-variabel yang akan di input kedalam aplikasi SPSS, meliputi variasi lebar potongan, dan waktu pembuatan masing-masing filamen yang dihasilkan. Kemudian proses pembahasan untuk menganalisis semua proses uji. Output yang didapatkan adalah mengetahui ukuran lebar potongan yang ideal dalam pembuatan filamen. dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan yang akan menjawab pertanyaan dari latar belakang masalah, dan peneliti juga merumuskan saran untuk perbaikan pada penelitian mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan dan perhitungan data yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung di Laboratorium Terintegrasi Teknik Industri Universitas Balikpapan. Pada saat pembuatan filamen PET memperoleh hasil cetak filamen PET dan data waktu sesuai dengan variasi ukuran lebar potongan botol plastik, yaitu 8 mm, 9 mm, dan 10 mm. Selanjutnya data diolah menggunakan metode regresi linear sederhana dengan bantuan aplikasi SPSS.

Filamen PET Lebar Potongan 8 mm

1. Pengecekan Hasil Filamen

Pada filamen PET yang menggunakan lebar potongan 8 mm yang dapat dilihat pada Gambar 1 diperoleh hasil panjang filamen sekitar 3 meter untuk 30 sampel dengan waktu pembuatan ± 15 menit, dan terdapat lebih banyak kegagalan dibandingkan dengan keberhasilan pada hasil filamen PET.



Gambar 1. Hasil Cetak Filamen Lebar Potong 8 mm

Hasil nilai skoring dari 30 sampel untuk filamen PET lebar potongan 8 mm setelah dianalisis menggunakan Tabel 1 diperoleh sebanyak 7 sampel memiliki nilai skoring 1, dan 23 sampel memiliki nilai skoring 2.

Kegagalan yang ditemukan pada filamen PET ini yaitu hampir secara keseluruhan menghasilkan melting yang kurang sempurna karna lebar potongan yang digunakan kurang tepat, terdapat beberapa lekukan dan permukaan yang kasar karna permukaan yang kurang rata serta lebar potongan gulungan tali plastik yang tidak konstan.

2. Uji Analisis Regresi Linear Sederhana

Pada Tabel 4 adalah data hasil dari 30 sampel pada proses pembuatan filamen PET menggunakan lebar potongan botol plastik 8 mm yang akan digunakan untuk uji analisis regresi linear sederhana.

Tabel 4. Data Filamen Lebar Potongan 8 mm

No	Lebar Potong (mm)	Suhu Panas (°C)	Waktu Pembuatan (detik)
1	8	75	31,61
2	8	75	30,44
3	8	75	30,55
4	8	75	33,72
5	8	75	31,79
6	8	75	31,82
7	8	75	32,34
8	8	75	30,94
9	8	75	30,97
10	8	75	29,71
11	8	75	30,54
12	8	75	29,52
13	8	75	29,57
14	8	75	29,72
15	8	75	29,48
16	8	75	30,25
17	8	75	28,43
18	8	75	30,09
19	8	75	29,01
20	8	75	27,82
21	8	75	28,91
22	8	75	29,48
23	8	75	28,87
24	8	75	29,51
25	8	75	29,83
26	8	75	29,78
27	8	75	29,61
28	8	75	29,98
29	8	75	30,12
30	8	75	30,17

Hasil uji analisis regresi linear sederhana menggunakan aplikasi SPSS menghasilkan nilai-nilai sebagai berikut:

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	31.446		85.434	.000
	LebarPotongan	-.083		-4.025	.000

a. Dependent Variable: Waktu

Gambar 2. Hasil Coefficients

Berdasarkan hasil uji pada Gambar 2 maka dapat diperoleh persamaan regresi linear sederhana ini:

$$\hat{Y} = 31,446 + (-0,083)x$$

Persamaan di atas menghasilkan nilai konstanta (a) sebesar 31,446 yang berarti jika variabel lebar potongan 8 mm tidak dimasukkan dalam penelitian maka waktu pembuatan filamen PET akan meningkat 31,446% atau nilainya konstan. Nilai koefisien (b) sebesar -0,083 memiliki arti bahwa penambahan 1% nilai lebar potongan maka waktu pembuatan akan menurun sebesar 0,083 dan hasil negatif dari koefisien menyimpulkan bahwa lebar potongan memiliki pengaruh negatif terhadap waktu pembuatan filamen PET.

Pada Gambar 2 juga dilakukan pengujian koefisien regresi atau uji t. Uji ini untuk menentukan apakah terdapat pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial atau individual. Hasil uji t yang diperoleh adalah menghasilkan nilai koefisien regresi variabel lebar potongan 8 mm (thitung) sebesar -4,025 dengan ttabel sebesar 2,048, signifikansi variabel lebar potongan 8 mm terhadap variabel waktu pembuatan filamen sebesar 0,000 atau lebih kecil dari nilai alpha 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai thitung < ttabel, signifikansi 0,000 < 0,05, dan hasil negatif pada nilai koefisien yang berarti H_0 diterima H_1 atau lebar potongan dengan ukuran 8 mm tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan PET.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15.649	1	15.649	16.198	.000 ^b
	Residual	27.051	28	.966		
	Total	42.700	29			

a. Dependent Variable: Waktu

b. Predictors: (Constant), LebarPotongan

Gambar 3. Hasil *Analisis of Varians* (ANOVA)

Langkah untuk menentukan apakah model regresi yang diestimasi layak atau tidak maka dilakukan pengujian keterandalan model atau uji F. Kata layak berarti bahwa model yang diestimasi dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Berdasarkan hasil ANOVA pada Gambar 3 dapat diperoleh hasil uji F yang menunjukkan nilai $F_{hitung} = 16,198 > \text{nilai } F_{tabel} = 4,210$, dan diketahui bahwa nilai signifikansi $0 < 0,05$ maka H_0 ditolak H_1 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel lebar potongan ukuran 8 mm dengan variabel waktu pembuatan filamen PET dan dapat dikatakan bahwa model regresi yang diestimasi layak digunakan.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.605 ^a	.366	.344	.98291

a. Predictors: (Constant), LebarPotongan

Gambar 4. Hasil *Summary*

Pada Gambar 4 digunakan untuk melakukan uji R^2 yang dapat membantu dalam mengetahui seberapa besar pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil uji ini dilihat dari yang pertama nilai R sebesar 0,605 yang termasuk kategori korelasi kuat. Sedangkan yang kedua dilihat dari nilai $R Square$ sebesar 0,366 atau 37%, yang dapat disimpulkan bahwa lebar potongan botol plastik 8 mm memiliki hubungan sebesar 37% terhadap waktu pembuatan filamen PET. Sisanya 63% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak ada dalam model regresi atau yang tidak diteliti.

Filamen PET Lebar Potongan 9 mm

1. Pengecekan Hasil Filamen

Pada filamen PET yang menggunakan lebar potongan 9 mm yang dapat dilihat pada Gambar 5 diperoleh hasil panjang filamen sekitar 3 meter untuk 30 sampel dengan waktu pembuatan ± 17 menit, dan terdapat lebih sedikit kegagalan dibandingkan dengan keberhasilan pada hasil filamen PET.



Gambar 5. Hasil Cetak Filamen Lebar Potong 9 mm

Hasil nilai skoring dari 30 sampel untuk filamen PET lebar potongan 9 mm setelah dianalisis menggunakan Tabel 1 diperoleh sebanyak 3 sampel yang memiliki nilai skoring 2, 9 sampel yang memiliki nilai skoring 3, dan 18 sampel yang memiliki nilai skoring 4. Pada filamen PET ini tidak memiliki nilai skoring 1.

Kegagalan yang ditemukan pada filamen PET ini yaitu hanya beberapa yang menghasilkan permukaan kasar dan terdapat lekukan, hal ini dapat disebabkan oleh permukaan yang kurang rata serta lebar potongan gulungan tali plastik yang tidak konstan.

2. Uji Analisis Regresi Linear Sederhana

Pada Tabel 5 adalah data hasil dari 30 sampel pada proses pembuatan filamen PET menggunakan lebar potongan botol plastik 9 mm yang akan digunakan untuk uji analisis regresi linear sederhana.

Tabel 5. Data Filamen Lebar Potongan 9 mm

No	Lebar Potong (mm)	Suhu Panas (°C)	Waktu Pembuatan (detik)
1	9	75	32,59
2	9	75	32,82
3	9	75	33,49
4	9	75	31,71
5	9	75	34,61
6	9	75	29,74
7	9	75	34,84
8	9	75	30,99
9	9	75	34,92
10	9	75	31,5
11	9	75	33,21
12	9	75	34,56
13	9	75	34,17
14	9	75	34,68
15	9	75	34,39
16	9	75	34,51
17	9	75	34,23
18	9	75	34,26
19	9	75	34,33
20	9	75	33,44
21	9	75	34,36
22	9	75	34,22
23	9	75	34,49
24	9	75	32,96
25	9	75	34,66
26	9	75	34,09
27	9	75	34,91
28	9	75	33,64
29	9	75	33,59
30	9	75	34,12

Hasil uji analisis regresi linear sederhana menggunakan aplikasi SPSS menghasilkan nilai-nilai sebagai berikut:

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	32.745	.439	74.617	.000
	LebarPotongan	.060	.025	2.409	.023

a. Dependent Variable: Waktu

Gambar 6. Hasil *Coefficients*

Berdasarkan hasil uji pada Gambar 6 maka dapat diperoleh persamaan regresi linear sederhana ini:

$$\hat{Y} = 32,745 + 0,060x$$

Persamaan di atas menghasilkan nilai konstanta (a) sebesar 32,745 yang berarti jika variabel lebar potongan 8 mm tidak dimasukkan dalam penelitian maka waktu pembuatan filamen PET akan meningkat 32,745% atau nilainya konstan. Nilai koefisien (b) sebesar 0,060 memiliki arti bahwa penambahan 1% nilai lebar potongan maka waktu pembuatan akan meningkat sebesar 0,060 dan hasil positif dari koefisien menyimpulkan bahwa lebar potongan memiliki pengaruh positif terhadap waktu pembuatan filamen PET.

Pada Gambar 6 juga dilakukan pengujian koefisien regresi atau uji t. Uji ini untuk menentukan apakah terdapat pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial atau individual. Hasil uji t yang diperoleh adalah menghasilkan nilai koefisien regresi variabel lebar potongan 9 mm (*t*hitung) sebesar 2,409 dengan *t*tabel sebesar 2,048, signifikansi variabel lebar potongan 9 mm terhadap variabel waktu pembuatan filamen sebesar 0,000 atau lebih kecil dari nilai alpha 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *t*hitung > *t*tabel, signifikansi 0,000 < 0,05, dan hasil positif pada nilai koefisien yang berarti H_0 ditolak H_1 atau lebar potongan dengan ukuran 8 mm berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan PET.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7.968	1	7.968	5.802	.023 ^b
	Residual	38.452	28	1.373		
	Total	46.421	29			

a. Dependent Variable: Waktu
b. Predictors: (Constant), LebarPotongan

Gambar 7. Hasil *Analysis of Varians* (ANOVA)

Langkah untuk menentukan apakah model regresi yang diestimasi layak atau tidak maka dilakukan pengujian keterandalan model atau uji F. Kata layak berarti bahwa model yang diestimasi dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Berdasarkan hasil ANOVA pada Gambar 7 dapat diperoleh hasil uji F yang menunjukkan nilai $F_{hitung} = 5,802 > \text{nilai } F_{tabel} = 4,210$, dan diketahui bahwa nilai signifikansi $0 < 0,05$ maka H_0 ditolak H_1 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel lebar potongan ukuran 9 mm dengan variabel waktu pembuatan filamen PET dan dapat dikatakan bahwa model regresi yang diestimasi layak digunakan.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.414 ^a	.172	.142	1.17188

a. Predictors: (Constant), LebarPotongan

Gambar 8. Hasil *Summary*

Pada Gambar 8 digunakan untuk melakukan uji R^2 yang dapat membantu dalam mengetahui seberapa besar pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil uji ini dilihat dari yang pertama nilai R sebesar 0,414 yang termasuk kategori korelasi sedang. Sedangkan yang kedua dilihat dari nilai R Square sebesar 0,172 atau 17%, yang dapat disimpulkan bahwa lebar potongan botol plastik 9 mm memiliki hubungan sebesar 17% terhadap waktu pembuatan filamen PET. Sisanya 83% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak ada dalam model regresi atau yang tidak diteliti.

Filamen PET Lebar Potongan 10 mm

1. Pengecekan Hasil Filamen

Pada filamen PET yang menggunakan lebar potongan 10 mm yang dapat dilihat pada Gambar 9 diperoleh hasil panjang filamen sekitar 3 meter untuk 30 sampel dengan waktu pembuatan ± 18 menit, dan terdapat lebih banyak kegagalan dibandingkan dengan keberhasilan pada hasil filamen PET.



Gambar 9. Hasil Cetak Filamen Lebar Potong 10 mm

Hasil nilai skoring dari 30 sampel untuk filamen PET lebar potongan 10 mm setelah dianalisis menggunakan Tabel 1 diperoleh sebanyak 6 sampel yang memiliki nilai skoring 1, 20 sampel yang memiliki nilai skoring 2, dan 4 sampel yang memiliki nilai skoring 3. Pada filamen PET ini tidak memiliki nilai skoring 4.

Kegagalan yang ditemukan pada filamen PET ini yaitu hampir secara keseluruhan menghasilkan permukaan kasar pada hasil filamen dan melting yang kurang sempurna, hal ini disebabkan oleh lebar potongan yang digunakan kurang tepat atau kebesaran, dan juga terdapat beberapa lekukan karna lebar potongan gulungan tali plastik yang tidak konstan.

2. Uji Analisis Regresi Linear Sederhana

Pada Tabel 6 adalah data hasil dari 30 sampel pada proses pembuatan filamen PET menggunakan lebar potongan botol plastik 10 mm yang akan digunakan untuk uji analisis regresi linear sederhana.

Tabel 6. Data Filamen Lebar Potongan 10 mm

No	Lebar Potong (mm)	Suhu Panas (°C)	Waktu Pembuatan (detik)
1	10	75	41,09
2	10	75	42,14
3	10	75	41,81
4	10	75	41,69
5	10	75	41,31
6	10	75	38,19
7	10	75	40,96
8	10	75	39,28
9	10	75	38,16
10	10	75	36,59

Lanjutan Tabel 6. Data Filamen Lebar Potongan 10 mm

No	Lebar Potong (mm)	Suhu Panas (°C)	Waktu Pembuatan (detik)
11	10	75	36,54
12	10	75	34,99
13	10	75	35,64
14	10	75	34,54
15	10	75	33,61
16	10	75	34,99
17	10	75	33,04
18	10	75	35,54
19	10	75	31,02
20	10	75	37,64
21	10	75	33,37
22	10	75	34,97
23	10	75	33,15
24	10	75	33,21
25	10	75	33,03
26	10	75	31,89
27	10	75	34,44
28	10	75	33,67
29	10	75	36,12
30	10	75	34,71

Hasil uji analisis regresi linear sederhana menggunakan aplikasi SPSS menghasilkan nilai-nilai sebagai berikut:

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	40.850	.738	55.354	.000
	LebarPotongan	-.297	.042	-.804	.000

a. Dependent Variable: Waktu

Gambar 10. Hasil *Coefficients*

Berdasarkan hasil uji pada Gambar 10 maka dapat diperoleh persamaan regresi linear sederhana ini:

$$\hat{Y} = 40,850 + (-0,297)x$$

Persamaan di atas menghasilkan nilai konstanta (a) sebesar 40,850 yang berarti jika variabel lebar potongan 8 mm tidak dimasukkan dalam penelitian maka waktu pembuatan filamen PET akan meningkat 40,850% atau nilainya konstan. Nilai koefisien (b) sebesar -0,297 memiliki arti bahwa penambahan 1% nilai lebar potongan maka waktu pembuatan akan menurun sebesar 0,297 dan hasil negatif dari koefisien menyimpulkan bahwa lebar potongan memiliki pengaruh negatif terhadap waktu pembuatan filamen PET.

Pada Gambar 10 juga dilakukan pengujian koefisien regresi atau uji t. Uji ini untuk menentukan apakah terdapat pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependen secara parsial atau individual. Hasil uji t yang diperoleh adalah menghasilkan nilai koefisien regresi variabel lebar potongan 10 mm (thitung) sebesar -7,149 dengan ttabel sebesar 2,048, signifikansi variabel lebar potongan 10 mm terhadap variabel waktu pembuatan filamen sebesar 0,000 atau lebih kecil dari nilai alpha 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai thitung < ttabel, signifikansi 0,000 < 0,05, dan hasil negatif pada nilai koefisien yang berarti H_0 diterima H_1 atau lebar potongan dengan ukuran 10 mm tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap waktu pembuatan PET.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	198.474	1	198.474	51.103	.000 ^b
	Residual	108.748	28	3.884		
	Total	307.222	29			

a. Dependent Variable: Waktu

b. Predictors: (Constant), LebarPotongan

Gambar 11. Hasil *Analisis of Varians* (ANOVA)

Langkah untuk menentukan apakah model regresi yang diestimasi layak atau tidak maka dilakukan pengujian keterandalan model atau uji F. Kata layak berarti bahwa model yang diestimasi dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Berdasarkan hasil ANOVA pada Gambar 11 dapat diperoleh hasil uji F yang menunjukkan nilai $F_{hitung} = 51,103 > \text{nilai } F_{tabel} = 4,210$, dan diketahui bahwa nilai signifikansi $0 < 0,05$ maka H_0 ditolak H_1 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara variabel lebar potongan ukuran 10 mm dengan variabel waktu pembuatan filamen PET dan dapat dikatakan bahwa model regresi yang diestimasi layak digunakan.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.804 ^a	.646	.633	1.97075

a. Predictors: (Constant), LebarPotongan

Gambar 12. Hasil *Summary*

Pada Gambar 12 digunakan untuk melakukan uji R^2 yang dapat membantu dalam mengetahui seberapa besar pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen. Hasil uji ini dilihat dari yang pertama nilai R sebesar 0,804 yang termasuk kategori korelasi sangat kuat. Sedangkan yang kedua dilihat dari nilai R^2 sebesar 0,646 atau 65%, yang dapat disimpulkan bahwa lebar potongan botol plastik 10 mm memiliki hubungan sebesar 65% terhadap waktu pembuatan filamen PET. Sisanya 35% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak ada dalam model regresi atau yang tidak diteliti.

KESIMPULAN

Pada pembuatan filamen PET menggunakan mesin 3D *Pultrusion Hiku Tech* dengan lebar potongan botol plastik 8 mm, 9 mm, dan 10 mm, ditemukan bahwa lebar potongan yang ideal pada pembuatan filamen PET adalah lebar potongan 9 mm. Hal ini berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan. Pada pengecekan kualitas filamen skoring yang dihasilkan 18 sampel berhasil dari 30 sampel, sisanya adalah 12 sampel kegagalan seperti permukaan kasar dan terdapat lekukan. Berdasarkan hasil analisis regresi linear sederhana yang menyatakan terdapat pengaruh sebesar 17%, serta pengaruh positif dan signifikan antara lebar potongan dengan waktu pembuatan. Setelah memaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat dua saran dari peneliti. Pertama, terkait dengan material diharapkan penelitian lebih lanjut dapat menggunakan berbagai jenis plastik lainnya untuk menentukan apakah lebar potongan ideal berbeda untuk masing-masing jenis plastik. Kedua, terdapat faktor lain yang mempengaruhi waktu pembuatan filamen, sehingga penelitian lebih lanjut dapat mencari atau memahami faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pembuatan selain lebar potongan botol plastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Secara khusus, peneliti ingin menyampaikan

apresiasi kepada tim Hiku Tech atas bantuan dan dukungan teknis yang sangat berharga. Terima kasih juga dosen pembimbing yang telah memberikan masukan berharga dan panduan selama proses penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan filamen PET dan mesin 3D Pultrusion di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H.A. Latif, I.A. Rosid, G.S. Dewi, and M.G.D. Jatiningsih, “Optimasi Multi Parameter Mesin 3D Printer FDM untuk Material Thermoplastic Polyurethane Guna Menghasilkan Error Dimensi Terkecil Menggunakan Metode 2K Factorial Design,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 41–49, 2024, [Online]. Available: <https://journal.untar.ac.id/index.php/industri/article/view/27105>.
- [2] A.K. Putra, F. Fidiyanto, B. Prakoso, R.Z. Armantya, M.K. Sandi, and F.H.S. Al Haris, “Perakitan 3D Printer Fused Deposit Modeling (FDM) Berbasis Arduino Mega 2560,” *Gaung Inform.*, vol. 12, no. 2, pp. 123–133, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.usahidsolo.ac.id/index.php/GI/article/view/380>.
- [3] H.A. Pamasaria, T.H. Saputra, A.S. Hutama, and C. Budiyanoro, “Optimasi Keakuratan Dimensi Produk Cetak 3D Printing berbahan Plastik PP Daur Ulang dengan Menggunakan Metode Taguchi,” *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 4, no. 1, pp. 12–19, 2020, [Online].
- [4] C.A. Rahmayani and Aminah, “Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup di Kota Semarang,” *J. Pembang. Huk. Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 18–33, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jphi/article/view/10231>.
- [5] C. Candra, N. Sutarna, M. Mustika, M.C. Utami, and N.D. Cahyani, “Pemanfaatan Sampah Plastik Melalui Ecobrick Di Desa Cikondang,” *BERNAS J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 4, pp. 2731–2739, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31949/jb.v4i4.6640>.
- [6] M. Taufik, G.S. Lubis, and M. Ivanto, “Rancang Bangun Mesin Pultrusion Pembuat Filamen 3D Printing Berbasis Limbah Plastik Botol PET,” *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/view/60639>.
- [7] Kamaliah, “Pemanfaatan Limbah Sampah Plastik Menjadi Bata Beton,” *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 4, no. 2, pp. 41–46, 2019, [Online]. Available: <https://journal.umpr.ac.id/index.php/mitl/article/view/1063>.
- [8] K. Mikula, D. Skrzypczak, G. Izydorczyk, J. Warchoř, K. Moustakas, K. Chojnacka and A. Witek-Krowiak, “3D printing filament as a second life of waste plastics—a review,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 10, pp. 12321–12333, 2021, [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-10657-8>.
- [9] H. Tondi, “Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer,” *Skripsi Tek. Mesin, Fak. Teknol. Ind. Univ. Islam Indones.*, pp. 1–66, 2019, [Online].
- [10] D.B. Santoso, “Laporan Akhir Rekayasa Mesin Pembuat Filamen dari Sampah Botol PET untuk 3D Printing,” Universitas Tidar, 2022. [Online]. Available: <https://repository.untidar.ac.id/index.php?p=fstream-pdf&fid=32735&bid=12620>.
- [11] K. Minchenkov, A. Vedernikov, A. Safonov, and I. Akhatov, “Thermoplastic Pultrusion: A Review,” *Polym.*, vol. 13, no. 2, pp. 1–36, 2021, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/2/180>.
- [12] A. Sinaga, “Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Transmisi Puli dan Sabuk dengan Kapasitas 30 Kg,” Universitas HKBP Nommensen, 2021. [Online]. Available: <http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/5905>.

- [13] I. Tylman and K. Dzierzek, "Filament for a 3D Printer from Pet Bottles-Simple Machine," *Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.*, vol. 9, no. 10, pp. 1386–1392, 2020, [Online].
- [14] N. Umam, "Rancang Bangun Alat Pembentuk Filament 3D Printer dari Botol Plastik Merk Crystalin dan Club," 2023, [Online]. Available: <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/16943/>.
- [15] Hanafi, I. Sujana, and R.A. Wicaksono, "Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing," *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 20–26, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtm/article/51308/75676591465>.
- [16] W. Kosasih, L.L. Salomon, Suhartono, M.A. Kartawidjaja, M. Mulyadi, "Optimization of Injection Molding Process Parameter Setting Using 3^k General Factorial Design and Data Visualization," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri: Jurnal Keilmuan Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 11, no. 1, 2023.
- [17] H. Purwanto, "Analisis Kepuasan Penumpang Terhadap Layanan Free Wifi di Terminal Bandara Udara XYZ dengan Menggunakan Regresi Linier dan SPSS," *JSI (Jurnal Sist. Informasi)*, vol. 7, no. 1, pp. 109–136, 2020, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jsi/article/view/386>.