

1. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi mesin *filament 3D printer* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [4]:

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

- Q = kapasitas produksi (mm³/s)
- V = volume *filament* (mm³)
- t = waktu (s)
- r = jari-jari (mm)
- L = panjang spesimen (mm)

2. Uji Tarik

Rumus yang digunakan untuk perhitungan tegangan dan regangan, besarnya pengujian tarik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini [2],[5]:

$$\epsilon = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \dots \dots \dots (2)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (3)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (4)$$

dengan:

- L₁ = panjang awal sebelum uji tarik (mm)
- L₂ = panjang sesudah diuji tarik (mm)
- ε = regangan
- σ = tegangan tarik (N/mm²)
- F = gaya (N)
- A = luasan (mm²)
- E = modulus elastisitas (N/mm²)

3. High Density Poliyethylene (HDPE)

HDPE merupakan salah satu jenis plastik *polyetehylene* yang memiliki rantai polimer panjang dengan sedikit cabang, sehingga memiliki sifat yang kuat. Lebih dari itu, berbagai variasi aplikasi HDPE berkontribusi sebesar 17,6% pada kategori sampah plastik dan merupakan jenis sampah plastik paling banyak urutan ke 3 dalam sampah padat perkotaan. Sehingga sampah plastik HDPE memerlukan metode khusus dalam pengolahannya yang memiliki masa jenis 0,941 g/cm³–0,965 g/cm³ [3].

METODOLOGI PENELITIAN

Deskripsi Penelitian

Jika cacahan plastik terlalu lebar dan tebal maka dapat berpengaruh ke daya motor penggerak *screw* menjadi bertambah dikarenakan waktu pelelehan biji plastik semakin lama/lambat.

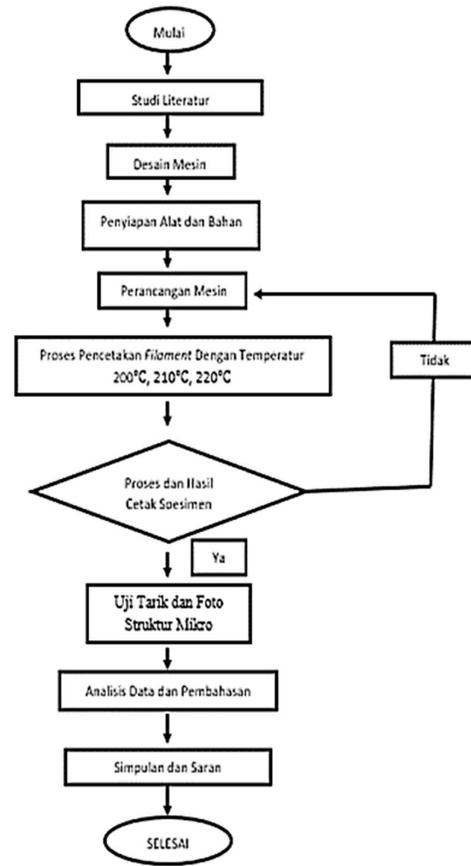
Proses ekstrusi dipengaruhi oleh temperatur. Jika temperatur yang digunakan terlalu rendah maka hasil spesimen tidak akan mencair secara sempurna dan akan

mengakibatkan daya motor bertambah dikarenakan proses pencairan plastik melambat, dan bentuk *filament* yang diproduksi tidak beraturan dan diameternya tidak seragam. Dapat dilihat pada gambar (a). Dan jika temperatur yang digunakan terlalu tinggi maka dapat menyebabkan cacat produksi pada *filament* dikarenakan *filament* yang terlalu cair dan lengket yang mengakibatkan penggumpalan pada ujung *nozle*. Dapat di lihat pada gambar (b).



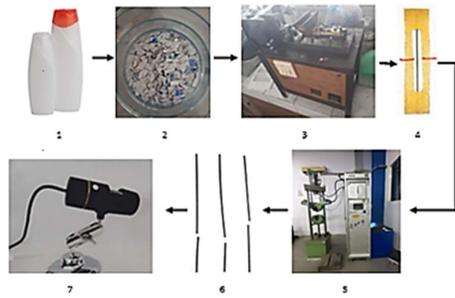
Gambar 1. Deskripsi Penelitian

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Skema Penelitian



Gambar 3. Skema Penelitian

Keterangan:

1. Plastik jenis HDPE
2. Cacahan plastik HDPE
3. Mesin ekstruder filament 3D printer
4. Filament 3D printer HDPE.
5. Mesin uji tarik merk Tarno Grocki-Prufsyteme.
6. Filament setelah di uji tarik
7. Mikroskop Lenovo Camera

Skema penelitian berfungsi agar mengetahui proses awal desain hingga perakitan komponen, proses pengamatan dan pembahasan saat uji coba

Teknik Pengambilan Data

Pada gambar 1 dapat dijelaskan pada nomor (1) persiapan bahan baku pembuatan filament menggunakan botol sampo jenis plastik HDPE (2) kemudian dicacah berukuran kurang dari 5 mm² agar proses pelelehan plastik supaya lebih cepat (3) cacahan plastik dimasukan ke hopper mesin ekstruder filament 3D printer tunggu hingga plastik keluar dari nozel (4) hasil dari produksi filament HDPE kemudian dilakukan persiapan untuk diuji tarik dengan panjang 150 mm dan ujung spesimen diberi kertas, berfungsi agar spesimen saat diuji tarik tidak terjadi selip, sesudah filament dicekam pada mesin uji tarik kemudian pada tanda berwarna merah digunting terlebih dahulu. (5) mesin uji tarik yang digunakan dalam penelitian ialah bermerk Tarno Grocki-Prufsyteme (6) hasil filament setelah dilakukan uji tarik dengan beban maksimal hingga putus (7) kemudian di foto struktur mikro pada bagian sisi dalam dan luar spesimen dengan menggunakan mocoskop lenovo camera.

Variabel Penelitian

Penentuan variabel penelitian ini, terbagi atas:

- a) Variabel tetap:
 - Plastik HDPE (*High Density Poliyethylene*)
 - Kecepatan motor 10 rpm
- b) Variabel bebas:

- Temperatur 200°C, 210°C, 220°C.
- Waktu pemanasan heater band di bawah 1 jam dan di atas 1 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sebelum melakukan proses pembuatan filament HDPE dan pengujian tarik filament HDPE. Terlebih dahulu dilakukan pengolahan data sebagai berikut:

A. Spesifikasi Mesin Ekstruder Filament 3D printer

Spesifikasi motor:

- Model = XD-60KTYZ
- Input power = 14 Watt
- Torsi = 21,65 Nm
- Rotasi = 10 rpm
- Diameter as = 7 mm
- Heater band : 2 buah (220V, 25 mm x 30 mm) 14 Watt

Bahan baku filament: Plastik HDPE

Nozel : 1,75 mm

B. Hasil Data Kapasitas Produksi Dari Mesin Ekstruder Filament 3D Printer Bahan HDPE Selama 15 menit

Data pengujian dari hasil produksi mesin ekstruder filament 3D printer dengan 3 variasi temperatur dan 2 variasi waktu pemanasan heater band yang berbeda dari masing-masing temperatur. Pengambilan data tersebut bertujuan untuk mengetahui keakuratan data yang akan diuji pada saat dilakukan pengujian.

Untuk mengetahui kapasitas produksi mesin ekstruder filament 3D printer maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Contoh pada temperatur 200 °C spesimen A;

Diket:

- d = 2,25 mm
- r = 1,125 mm
- l = 183 mm
- t = 15 menit

Ditanya:

Kapasitas produksi (Q)

Jawab:

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{V}{t} \\
 &= \frac{3,14 \cdot r^2 \cdot l}{t} \\
 &= \frac{3,14 \cdot (1,125 \text{ mm})^2 \cdot 183 \text{ mm}}{15 \text{ menit}} \\
 &= \frac{727,253 \text{ mm}^3}{15 \text{ menit}} \\
 &= 48,48 \text{ mm}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$



Gambar 4a. Pemanasan Di Bawah 1 Jam



Gambar 4b. Pemanasan Di Atas 1 Jam

Dengan:

d = diameter *filament* (mm)

r = jari jari (mm)

l = panjang *filament* (mm)

v = volume spesimen (mm^3)

t = waktu (menit)

Pada temperatur 200°C dihasilkan *filament* dengan ukuran diameter 2,25 mm dengan kecepatan produksi 48,48 mm^3/menit dan massa jenis HDPE antara 0,941 g/cm^3 –0,965 g/cm^3 atau jika di konversikan ke satuan kg yaitu [3],[5]:

$$\rho \text{ HDPE} = \frac{0,953 \text{ g}/\text{cm}^3}{1000 \text{ g}/\text{mm}^3} = 0,00095 \text{ g}/\text{mm}^3$$

$$Q = 48,48 \text{ mm}^3/\text{menit} \times 60 \text{ menit}/\text{jam} = 2908,8 \text{ mm}^3/\text{jam}$$

$$m_Q = Q \cdot \rho$$

$$= Q \cdot \text{Masa jenis HDPE} = 2908,8 \text{ mm}^3/\text{jam} \cdot 0,00095 \text{ g}/\text{mm}^3$$

$$= \frac{2,7634 \text{ g}/\text{jam}}{1000 \text{ g}/\text{kg}}$$

$$= 0,0028 \text{ kg}/\text{jam}$$

Dengan:

ρ = massa jenis HDPE (g/mm^3)

Q = kapasitas (mm^3/jam)

m_Q = berat kapasitas produksi (kg/jam)

Untuk hasil dari perhitungan dari variasi yang lain dapat di lihat pada tabel 1 di bawah:

Tabel 1. Data Kapasitas Produksi Dari Mesin *Ekstruder Filament 3D Printer* Bahan HDPE Selama 15 menit

No	T	d (mm)	r (mm)	l (mm)	Q (mm^3/menit)	Q (mm^3/jam)	m_Q (kg/jam)
pemanasan plastik di bawah 1jam							
1	200°C	2,25	1,125	183	48,48	2909,01	0,0028
2	210°C	2,22	1,11	161	41,53	2491,5	0,0024
3	220°C	2,05	1,025	122	26,83	1609,9	0,0015
Rata-rata		2,17	1,09	155,3	38,95	2336,8	0,0022
pemanasan plastik di bawah 1jam							
1	200°C	1,79	0,895	98	16,43	985,97	0,00094
2	210°C	1,74	0,87	103	16,32	979,19	0,00093
3	220°C	1,61	0,805	115	15,6	936,01	0,00089
Rata-rata		1,71	0,86	105,3	16,12	967,06	0,00092

Keterangan:

T : temperatur *heater band*.

d : diameter *filament*

r : jari-jari *filament*

l : panjang *filament*

Q : kapasitas produksi

m_Q : berat kapasitas produksi

C. Foto Spesimen *Filament* HDPE dari Segi Waktu Pemanasan *Heater Band*

Pada penyalaan *heater band* selama kurang dari 1 jam dan lebih dari 1 jam dan motor dalam keadaan masih off dengan penggunaan bahan baku plastik yang sama dapat dilihat secara visual melalui foto dari mikroskop. Dari gambar 3 menunjukkan foto luar spesimen dari hasil produksi mesin *ekstruder 3D printer* dalam waktu pemanasan kurang dari 1 jam yang dilihat melalui mikroskop, terlihat struktur yang berwarna cerah dan teksur tidak mudah patah. Sedangkan pada gambar 4 terlihat struktur berwarna gelap dan lebih halus tetapi mudah patah.

D. Hasil Foto Spesimen Dengan Variasi Temperatur dan Waktu Pemanasan *Heater band* Di Bawah 1 Jam

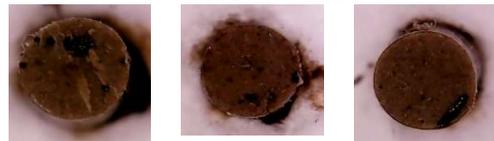


Gambar 5a. Temperatur 200°C

Gambar 5b. Temperatur 210°C

Gambar 5c. Temperatur 220°C

E. Foto Spesimen Dengan Variasi Temperatur dan Waktu pemanasan *Heater band* Di Atas 1 Jam



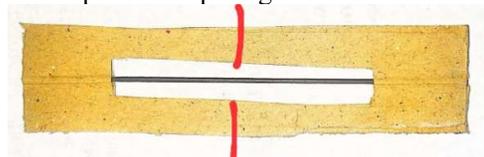
Gambar 6a. Temperatur 200°C

Gambar 6b. Temperatur 210°C

Gambar 6c. Temperatur 220°C

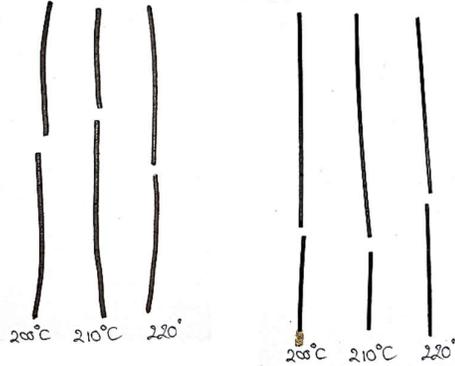
F. Uji Tarik Spesimen

Setelah melakukan proses pembuatan *filament*, dilakukan pengambilan sampel *filament*. *Filament* yang diambil sebagai sampel lalu dipotong dengan ukuran panjang 15mm. Kemudian pada ujung-ujung sampel dijepit dengan kertas karton lalu dilem, kertas karton berfungsi sebagai penahan pada penjepit mesin agar tidak terjadi selip saat melakukan proses uji tarik. Dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Sampel Sebelum Uji Tarik

Sampel *filament* yang telah disiapkan kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan uji tarik *universal testing machine* merk: *Tarno Grocki-Prufsysteme* untuk memperoleh data yang diperlukan berupa beban maksimal yang dapat bekerja pada setiap sampel *filament* sehingga di olah untuk menentukan kekuatan tarik dari setiap spesimen.



Gambar 8a. Pemanasan Di Bawah 1 Jam
Gambar 8b. Pemanasan Di Atas 1 jam

Pada data gambar di atas menunjukkan putusan spesimen setelah dilakukan pengujian tarik, putusan pada setiap sampel berbeda-beda Putusan *filament* menunjukkan bahwa semakin putusan spesimen pada bagian tengah menunjukkan bahwa struktur dari *filament* tidak terjadinya cacat dan ukuran luasan dari spesimen juga merata atau sama sehingga sehingga beban yang diberikan terdistribusi secara merata pada *filament* sehingga gaya maksimal yang diterima spesimen semakin besar.

G. Foto Mikro dan Data Setelah Uji Tarik Variasi Waktu Di Bawah 1 Jam



Gambar 9a. Temperatur 200 °C
Gambar 9b. Temperatur 210 °C
Gambar 9c. Temperatur 220 °C

H. Foto Mikro dan Data Setelah Uji Tarik Variasi Waktu Di Bawah 1 Jam



Gambar 10a. Temperatur 200 °C
Gambar 10b. Temperatur 210 °C
Gambar 10c. Temperatur 220 °C

Tabel 2. Data Hasil Setelah Pengujian Tarik Filament 3D Printer Bahan HDPE

No	Gaya maksimal	Pertambahan Panjang (mm)					
		Pemanasan di bawah 1 jam			Pemanasan di atas 1 jam		
		200 (°C)	210 (°C)	220 (°C)	200 (°C)	210 (°C)	220 (°C)
1.	1 N	0,22	0,66	0,22	0	0,22	0
2.	2 N	0,22	1,1	0,22	1,1	0,44	0
3.	3 N	0,44	1,54	0,22	2,42	0,88	0,22
4.	4 N	0,44	1,76	0,44	Putus	1,54	0,44
5.	5 N	0,66	2,2	0,88		putus	3,29
6.	6 N	1,32	2,42	1,98			Putus
7.	7 N	1,76	2,86	2,85			
8.	8 N	2,42	3,52	3,73			
9.	9 N	2,85	4,83	4,39			
10.	10 N	3,29	5,49	5,49			
11.	11 N	4,25	6,37	6,32			
12.	12 N	Putus	Putus	Putus			

Dari hasil uji tarik dan pengukuran spesimen didapatkan data gaya maksimal dari perspesimen yaitu:

Tabel 3. Data Hasil Uji Gaya Tarik Maksimal

No	Temperatur	Waktu pemanasan	Gaya Maksimal	Pertambahan panjang
1.	200 °C	Di bawah 1 jam	11 N	4,25 mm
2.	210 °C	Di bawah 1 jam	11 N	6,37 mm
3.	220 °C	Di bawah 1 jam	11 N	6,32 mm
4.	200 °C	Di atas 1 jam	3 N	2,42 mm
5.	210 °C	Di atas 1 jam	4 N	1,54 mm
6.	220 °C	Di atas 1 jam	5 N	3,29 mm

Perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut: Contoh pada temperatur 200 °C spesimen pemanasan di bawah 1 jam:

Di ketahui:

- F_{max} = Gaya maksimal
- d = 2,25 mm (dikutip dari tabel 1)

Di tanya:

- Luas alas permukaan *filament*?
- Tegangan tarik maksimal?
- Regangan?
- Modulus elastisitas?

Jawab:

$$\begin{aligned}
 - A &= 1/4 \cdot \pi \cdot (d^2) \\
 &= 3,14 \cdot (2,25^2) / 4 \\
 &= 3,974 \text{ mm}^2 \\
 - \sigma_{max} &= \frac{F_{max}}{\frac{1}{4} \cdot d^2 \cdot \pi} \\
 &= \frac{11 \text{ N}}{1/4 \cdot (2,25\text{mm})^2 \cdot 3,14} \\
 &= \frac{11 \text{ N}}{3,974 \text{ mm}^2} \\
 &= 2,7679 \text{ N/mm}^2 \\
 - \epsilon &= \frac{\Delta l}{l_1} \\
 &= \frac{4,25 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\
 &= 0,028 \\
 - E &= \frac{\sigma_{max}}{\epsilon} \\
 &= \frac{2,7679 \text{ N/mm}^2}{0,0283} \\
 &= 97,69 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dengan:

- d : diameter *filament* HDPE (mm)
- A : luas permukaan *filament* (mm²)
- F_{max} : gaya maksimal (N)
- σ_{max} : tegangan tarik maksimal (N/mm²)
- ε : regangan
- E : modulus elastisitas (N/mm²)

Pada perhitungan di atas bertujuan untuk memvalidasi data hasil pengujian tarik *filament* secara teori berdasarkan rumus yang ada.

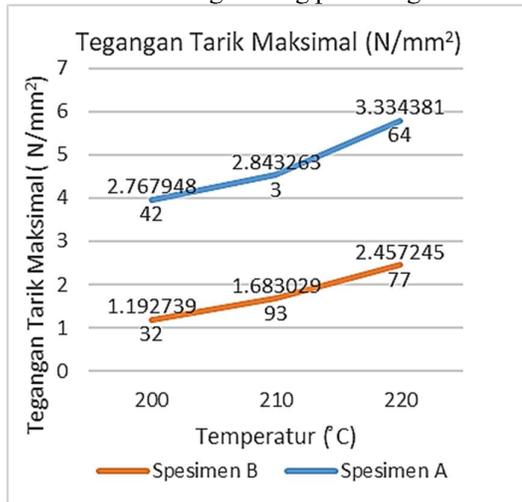
Tabel 4. Data Hasil perhitungan uji tarik maksimal dari spesimen A (pemanasan plastik di bawah 1jam) dan B (pemanasan plastik di atas 1 jam)

No	T (°C)	F _{max} (N)	L ₁ (m)	L ₂ -L ₁ (m)	D (mm)	Tegangan Tarik Maksimal (N/mm ²)	Regangan	Modulus Elastisitas (N/mm ²)
1	A 200	11	150	4,25	2,25	2,7679	0,0283	97,6923
2	A 210	11	150	6,37	2,22	2,8433	0,0424	66,9528
3	A 220	11	150	6,32	2,05	3,3344	0,0421	79,1388
4	B 200	3	150	2,42	1,79	1,1927	0,0161	73,9301
5	B 210	4	150	1,54	1,74	1,6830	0,0102	163,9315
6	B 220	5	150	3,29	1,61	2,4572	0,0239	112,0325

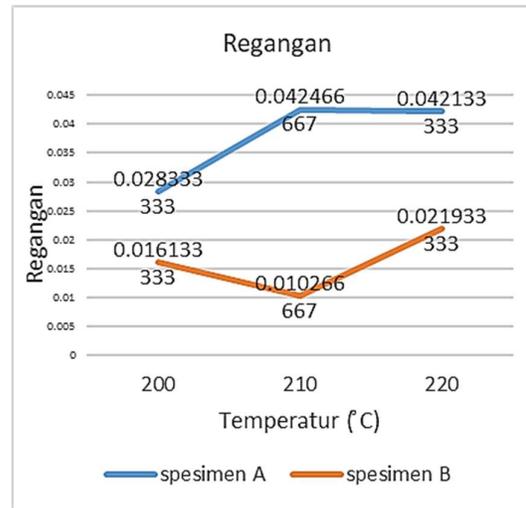
Keterangan:

- T = temperatur (°C)
- F_{max} = gaya maksimal (N)
- L₁ = panjang awal (mm)
- L₂ = panjang akhir (mm)
- D = diameter *filament* (mm)

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai tegangan tarik maksimal, regangan dari setiap spesimen *filament* seperti pada tabel 4 sehingga dapat menghasilkan data berupa grafik tegangan tarik maksimal dan regangan berdasarkan masing masing perhitungan.



Gambar 11. Grafik Kekuatan Tarik Maksimal *Filament* 3D Printer HDPE



Gambar 12. Grafik Regangan Dari Hasil Uji Tarik *Filament* 3D Printer HDPE

Keterangan:

- Spesimen A: pemanasan plastik di bawah 1 jam.
- Spesimen B: pemanasan plastik di atas 1 jam

Pada data tabel dan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan tarik maksimal dan nilai regangan berbanding terbalik, hal itu disebabkan oleh faktor ukuran diameter spesimen, semakin besar diameter spesimen maka tegangan tarik yang bekerja semakin tinggi. Faktor diameter dipengaruhi oleh tinggi rendahnya temperatur dan lama waktu pembakaran. Semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu penahanan plastik yang digunakan maka spesimen yang di produksi diameternya semakin kecil.

Pembahasan

Dari hasil pengujian spesimen data yang diperoleh dari uji tarik *filament* 3D printer HDPE maka dapat dijelaskan hubungan antara variasi temperatur 200 °C, 210 °C, 220 °C dengan kecepatan motor 10 rpm terhadap kuat tarik dan struktur mikro dari setiap sampel *filament* 3D printer HDPE adalah sebagai berikut:

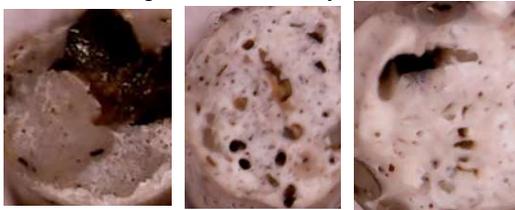
I. Kapasitas Mesin *Ekstruder Filament* 3D Printer Berbahan Baku Plastik HDPE Dengan Variasi Temperatur 200 °C, 210 °C, dan 220 °C Dengan Pemanasan Plastik Di Bawah 1 Jam dan Di Atas 1 Jam

Pada penelitian variasi waktu pemanasan di bawah 1 jam didapat nilai rata-rata kapasitas produksi dari 3 variasi temperatur adalah 2336,8 mm³/jam dengan berat 0,0022 kg/jam. Sedangkan pada variasi waktu pemanasan di atas 1 jam didapat nilai rata-rata kapasitas produksi dari 3 variasi

temperatur adalah 967,06 mm³/jam dengan berat 0,00092 kg/jam.

II. Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Pemanasan Terhadap Struktur Mikro *Filament 3D Printer HDPE*.

Pada pengujian spesimen *filament 3D printer HDPE* dengan temperatur 200 °C, 210 °C, 220 °C dan waktu pemanasan di bawah 1jam dapat dilihat struktur dalam *filament* pada gambar 13 a, b, dan c terlihat bahwa masih ada rongga-rongga dibagian dalam *filament 3D printer HDPE* karena plastik masih belum leleh secara sempurna disebabkan waktu pemanasan yang kurang sedangkan gambar 13d merupakan bagian permukaan *filament 3D printer HDPE* terlihat masih banyak terak bewarna coklat bekas dari proses sebelumnya.

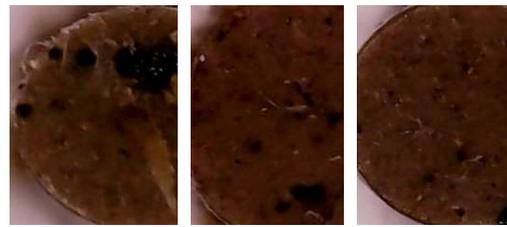


Gambar 13a. Temperatur 200 °C
 Gambar 13b. Temperatur 210 °C
 Gambar 13c. Temperatur 220 °C



Gambar 13d. Permukaan *filament* pemanasan di bawah 1jam
 Gambar 13. Foto Struktur *Filament 3D printer HDPE* pemanasan di bawah 1jam

Pada pengujian spesimen *filament 3D printer HDPE* dengan temperatur 200 °C, 210 °C, 220 °C dan waktu pemanasan di atas 1jam dapat dilihat struktur dalam *filament* pada gambar 14 a, b, dan c terlihat bahwa masih ada sedikit rongga dibagian dalam *filament 3D printer HDPE* dan warna yang dihasilkan menjadi lebih gosong di karenakan waktu pemanasan terlalu lama sedangkan gambae 14d merupakan bagian permukaan *filament 3D printer HDPE* terlihat terjadi cacat fisik dari ukuran diameter tidak seragam.



Gambar 14a. Temperatur 200 °C
 Gambar 14b. Temperatur 210 °C
 Gambar 14c. Temperatur 220 °C



Gambar 14d. Permukaan *filament* pemanasan di atas 1jam
 Gambar 14. Foto Struktur *Filament 3D printer HDPE* di atas 1jam

Dari pembahasan di atas menunjukkan bahwa temperatur yang digunakan pada saat proses *ekstruder* mempengaruhi struktur mikro dari *filament 3D printer HDPE*. Semakin kecil temperatur maka hasil *filament* akan beresiko munculnya pori-pori pada struktur dalam *filament*. Pada bagian struktur dalam dapat dilihat pada gambar 14 a,b,c. Waktu pemanasan juga mempengaruhi struktur warna dan kekerasan dari *filament 3D printer HDPE*. Semakin lama waktu yang digunakan dapat beresiko terjadi kegosongan dan berkurangnya sifat elastis dapat dilihat pada gambar 14d dan tekstur *filament* menjadi keras dan mudah patah.

III. Pengaruh variasi temperatur dan waktu pemanasan terhadap uji tarik *filament 3D printer*

Pada saat pengujian tarik nilai gaya maksimal yang bekerja pada *filament 3D printer HDPE* hingga putus pada alat menunjukkan nilai yang paling tinggi adalah 11 N pada waktu pemanasan plastik di bawah 1 jam dengan temperatur 200 °C, 210 °C, dan 220 °C dan tidak terjadi penurunan. Pada proses pemanasan dengan waktu di atas 1 jam dengan temperatur 200 °C, 210 °C, dan 220 °C nilai gaya maksimalnya yang bekerja adalah 3 N, 4 N, dan 5 N terjadi perubahan nilai dan jauh lebih kecil dibandingkan dengan waktu pemanasan di bawah 1 jam. Hal ini terjadi karena waktu pemanasan plastik terlalu lama dan menyebabkan kualitas plastik menurun.

Nilai kekuatan tarik yang didapat setelah dilakukan perhitungan menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik maksimal terbesar adalah pada variasi waktu pemanasan plastik di bawah 1 jam. Pada temperatur 220°C nilai tegangan tarik maksimalnya lebih tinggi dari pada temperatur 210°C, dan 200°C. Pada pemanasan plastik di bawah 1 jam nilai tegangan tarik lebih tinggi dari pada pemanasan plastik di atas 1 jam, ini dapat terjadi karena proses pemanasan di atas 1 jam mempunyai nilai beban maksimal lebih kecil sehingga gaya yang bekerja dibagi luasan spesimen menghasilkan kekuatan tarik yang lebih kecil.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pengamatan dan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, maka telah dicapai simpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas produksi pembuatan *filament* 3D *printer* yang paling tinggi dari hasil penelitian dengan variasi temperatur 200°C, 210°C, 220°C dan waktu pemanasan *heater band* di bawah 1 jam dan di atas 1 jam menggunakan mesin *ekstruder filament* 3D *printer* adalah temperatur 200°C dengan waktu pemanasan di bawah 1 jam yang menghasilkan produksi *filament* 48,48 mm³/menit dan berat 0,0028 kg/jam dengan kecepatan motor 10 rpm.
2. Struktur mikro yang terbaik adalah pada pemanasan plastik di atas 1 jam, sebab dengan keadaan ini struktur mikro pada bagian dalam *filament* terbentuk lebih rapat dibandingkan dengan waktu pemanasan di bawah 1 jam. Namun dari segi warna dipemanasan *heater band* di bawah 1 jam lebih cerah dibandingkan dengan waktu pemanasan di atas 1 jam yang menghasilkan warna yang gelap/gosong.
3. Hasil nilai tegangan tarik maksimal yang paling tinggi terjadi pada *filament* 3D *printer* HDPE adalah *filament* dengan variasi waktu pemanasan plastik di bawah 1 jam dan temperatur 220°C dengan nilai tegangan tarik maksimal sebesar 3,3344 N/mm², hal ini terjadi karena sifat karakteristik plastik masih dalam keadaan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, E., & Nasrun, N. (2014). Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE). *Jurnal Teknologi Kimia*.
- [2] Maulana, A. (2016). Perhitungan Tengangan Pipa Dari Discarge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software Gas Lift Compressor Station. *Jtm*, 50-62.
- [3] Rasyad, A., & Arto, B. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 176
- [4] Sharuddin, S. D. A., Daud, W. M. A. W., Aroua, M. K. (2016). A Review On Pyrolysis of Plastic Wastes. *Journal Energy Conversion and Management* 115 (2016):308-326.
- [5] Sofiana, Y. (2010). Inasea,. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Pelapis (Upsholstery) Pada Produk Interior, 96-102.
- [6] Souisa, M. (2011). Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik. *Jurnal Berekeng*, Vol. 5 No. 2 Hal. 9 – 14.
- [7] Wati, R. F., Wardana, I., Winarto, Sukarni, & Puspitasari, P. (2018). Pengaruh Penambahan Nanokatalis MnFe2O4 Terhadap Proses Pirolisis Sampah Plastik HDPE. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 221