Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 4, Nomor 1, 2026, P. 423-432
E-ISSN: 2986-6340
Licenced by CC BY-SA 4.0
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18330098

Analisis Pembuatan Filamen *3D Printing* Berbahan Pati Kulit Singkong Dengan *Polylactic Acid* (PLA) Pada Mesin Ekstruder

Gilbert Doni Ambarita[1], Andita Nataria Fitir Ganda[2], Diah Wulandari[3], Dewi Puspitasari[4]
[1,2,3,4]Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231
E-mail: anditaganda@unesa.ac.id

Abstrak

PLA merupakan jenis filamen yang cukup populer dikarenakan material ini sering digunakan sebagai bahan baku bioplastik yang memiliki kemampuan terurai secara alami. Namun, harga filamen PLA juga cukup tinggi sehingga tidak semua orang mampu untuk mendapatkannya dan terdapat kelemahan pada karakterisitik polylactic acid yang dimana memiliki sifat hidrofobik. Pati kulit singkong sebagai bahan tambahan alternatif yang memiliki sifat hidrofilik untuk menutupi dari kelemahan sifat PLA. Namun dengan kombinasi rasio yang tidak tepat pada kedua bahan akan memperburuk struktur kekuatan dari PLA dan pati kulit singkong. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kekuatan tarik pada bahan polylactic acid dengan pati kulit singkong dengan raiso (PLA) 60:40 (PKS), (PLA) 70:30 (PKS), dan (PLA) 80:20 (PKS) pada mesin ekstruder. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pendekatan kuantitatif. Pembuatan spesimen dilakukan dengan proses penyatuan kedua bahan yang dimixing terlebih dahulu sesuai rasio yang ditentukan, kemudian di proses pada mesin ekstruder dengan suhu 160°C. Hasil dari spesimen dilakukan pengujian yang mengacu pada standar ASTM D2256. Hasil penelitian pada rasio (PLA) 80:20 (PKS) memiliki kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 44,43 MPa dengan regangan tarik yang diperoleh sebesar 0,0241. Jadi semakin rendah rasio pati maka semakin baik peningkatan pada kekuatan tarik yang diperoleh.
Kata kunci: *3D Printing, Bioplastik, Filamen, Pati Kulit Singkong, PLA, Uji Tarik.*

Abstract

PLA is a quite popular type of filament because this material is often used as a raw material for bioplastics which have the ability to decompose naturally. However, the price of PLA filament is also quite high, making it inaccessible to everyone, and there is a weakness in the characteristics of polylactic acid, namely its hydrophobic nature. Cassava peel starch as an alternative additive possesses a hydrophilic nature to cover the weakness of PLA's properties. However, an incorrect combination ratio of the two materials will worsen the structural strength of the PLA and cassava peel starch. The objective of this research is to analyze the tensile strength of polylactic acid material with cassava peel starch at ratios of (PLA) 60:40 (CPS), (PLA) 70:30 (CPS), and (PLA) 80:20 (CPS) on an extruder machine. This research uses a quantitative approach experimental method. The specimen preparation was carried out by first mixing the two materials according to the determined ratio, and then processing them in an extruder machine at a temperature of 160°C. The resulting specimens were tested following the ASTM D2256 standard. The research results show that the (PLA) 80:20 (CPS) ratio has the highest average tensile strength of 44.43 MPa with a tensile strain of 0,0241. Thus, the lower the starch ratio, the better the increase in the obtained tensile strength
Keywords: *3D Printing, Bioplastic, Filament, Cassava Peel Starch (CPS), PLA, Tensile Test.*

Article Info
Received date: 10 Januari 2026 Revised date: 15 Januari 2026 Accepted date: 21 Januari 2026

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi 3D *printing* atau yang biasa disebut *additive manufacture* (AM) berkembang pesat disektor industri, terutama industri plastik. Salah satu jenis metode 3D *printing* yaitu FDM (*Fused Deposition Modeling*). Dimana memanfaatkan bahan baku filamen atau termoplastik sebagai bahan baku utama hasil dari proses ekstrusi. Filamen

merupakan bahan mentah berbentuk benang atau serat yang biasa digunakan sebagai bahan untuk desain teknologi 3D *print*. Jenis filamen yang sering digunakan yaitu PLA (*Polylactic Acid*) [1].

Polylactic Acid (PLA) merupakan penguat aditif berbahan dasar laktat, dihasilkan melalui proses fermentasi mengandung banyak karbohidrat seperti, jagung, tebu, atau umbi-umbian yang mudah terurai sehingga ramah lingkungan. PLA akan menjadi pendukung pati kulit singkong dalam pembuatan filamen *3D printing* yang akan diteliti. Sifat PLA yaitu *biodegradabilitas*, transparansi,titik lebur pada suhu rendah, kekuatan mekanik, dan memiliki sifat termal.

Pemanfaatan kulit singkong menjadi salah satu solusi altenatif sebagai salah satu sumber pembuatan filamen bioplastik yang dimana diolah menjadi pati sehingga dapat digabungkan dengan PLA sebagai filamen untuk mengurangi penggunaan PLA. [2].

Pati kulit singkong telah banyak dikembangkan sebagai bahan campuran filamen bioplastik. Namun, *film* yang terbuat dari pati ini mudah pecah, sehingga perlu diubah agar menjadi *film* yang tahan air dan kuat dalam sisi fisik dan mekanis [3]. Pati memiliki sifat hidrofilik yang menyebabkan pati rentan terhadap air, namun dengan adanya penambahan PLA menjadikan sifat hidrofilik dari pati dapat diimbangi oleh PLA karena mememiliki sifat hidrofobik [4]. Permasalahan yang dapat terjadi yaitu ketika pencampuran bahan tidak sesuai dengan persentase takarannya dan suhu pengolahan yang tidak sesuai, memungkinkan terjadi kegagalan pada filamen yang dihasilkan.

Sebuah penelitian menunjukkan bahwa dengan konsentrasi (PLA) 60/40 (PKS) pada suhu antara 65°C -120°C menghasilkan kekuatan tarik sebesar 2,32 Mpa [5]. sedangkan penelitian lain menunjukkan bahwa dengan konsentrasi (PLA) 70/30 (PKS) dan (PLA) 80/20 (PKS) dengan suhu ekstrusi antara 157°C-170°C menghasilkan kekuatan tarik 9,6 MPa dan 9,7 MPa [6]. Berdasarkan perbedaan yang dihasilkan dari beberapa konsentrasi, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dari ketiga konsentrasi tersebut dengan gabungan bahan PLA dan pati kulit singkong untuk diolah menjadi filamen serta dilakukan uji tarik untuk mencari kekuatan tarik dan elongasi pada filamen tersebut.

Berdasarkan uraian diatas peneliti harus mengetahui proses dari setiap pengolahan bahan hingga menjadi filamen untuk dicari kekuatan tarik dan elongasinya. Sehingga peneliti dapat fokus pada topik "Analisis Pembuatan Filamen *3D Printing* Berbahan Pati Kulit Singkong dengan *Polylactid Acid* (PLA) Pada Mesin Ekstruder".

Penelitian berfokus pada pengembangan filamen yang dibuat dari *Polylactic Acid* (PLA) dan pati kulit singkong yang diproses menggunakan metode ekstrusi pada mesi ekstruder dengan suhu 160°C. Menggunakan tiga variasi konstrasi bahan sebagai objek penelitian yaitu (PLA) 60/40 (PKS), (PLA) 70/30 (PKS), dan (PLA) 80/20 (PKS).

Tujuan utama dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu untuk menganalisis kekuatan tarik dan elongasi filamen dari bahan konsesntrasi yang telah ditentukan dengan pengujian tarik.

DASAR TEORI

3D Printing

Kosep dasar *3D Printing* atau biasa disebut manufaktur aditif merupakan proses manufaktur yang menciptakan objek tiga dimensi dengan menambahkan material lapis demi lapis berdasarkan model digital [7]. Beberapa metode yang digunakan dalam *3D printing* secara umum sebagai berikut:

1. *Fused Deposition Modeling* (*FDM*): Metode ini menggunakan serat termoplastik yang dipanaskan dan diekstrusi melalui nosel untuk membuat objek lapis demi lapis.
2. *Fotopolimerisasi* (*SLA*) : Menggunakan resin cair yang diawetkan lapis demi lapis menggunakan lampu UV.

3. *Sintering laser selektif* (*SLS*) : Memanfaatkan sinar laser untuk menerangi dan melelehkan bahan bubuk menjadi bentuk yang diinginkan.

Filamen

Filamen adalah bahan mentah yang digunakan untuk mencetak desain yang dibuat menggunakan perangkat lunak di komputer [8]. Filamen adalah satu hal penting perlu di pertimbangkan dalam proses *3D printing*, tersedia dalam dua ukuran diameter standar 1,75 mm dan 3 mm. Filamen memilik banyak jenis diantaranya adalah *polylactic acid* (PLA), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *polyethylene terephthalate glycol* (PETG), *thermoplastic polyurethane* (TPU), dan lain sebagainya. Semakin tinggi kualitas serat, benda yang dihasilkan maka makin kuat dan indah.

AsamPolilaktat/*Polylactic Acid (PLA)*

PLA merupakan jenis poliester alifatik yang terdiri dari asam laktat sebagai unit dasarnya. PLA dapat dibuat melalui proses polimerisasi asam laktat atau melalui cara yang disebut polimerisasi pembukaan cincin laktida.

Berbagai keuntungan dari PLA yaitu mudah terurai, ketersediaannya yang baik, ramah lingkungan, karakter anti-bakteri, dan sifat mekanik serta termalnya yang unggul. Namun, ada juga beberapa kelemahan PLA yang telah diidentifikasi, seperti rendahnya daya tahan, kemampuan penghalang yang minimal, daya tahan terhadap panas yang lemah, dan rendahnya suhu transisi kaca [9]. Beberapa sifat-sifat yang dimiliki PLA adalah sebagai berikut :

1. Sifat Mekanik : PLA memiliki daya tarik yang kuat, elastisitas yang baik, tetapi cenderung mudah patah.
2. Sifat termal : PLA memiliki titik transisi kaca (Tg) sekitar 50-60°C dan temperatur leleh (Tm) sekitar 170-180°C. Ini membuat penggunaan PLA terbatas di tempat yang memiliki suhu tinggi.
3. Sifat biodegrabilitas : Sebagai plastik yang dapat terurai, PLA mampu hancur dalam lingkungan kompos yang dikelola dengan baik dalam jangka waktu 6-12 bulan.

PLA terbuat dari unit dasar - Asam laktat (2 asam hidroksi propionat), yang ditemukan oleh ilmuwan asal Swedia, Scheele, pada tahun 1780. Asam laktat memiliki dua bentuk yang berbeda, yaitu isomer L(+) yang berputar searah jarum jam dan isomer D(-) yang berputar berlawanan arah jarum jam [9].

Pemanfaatan Pati Kulit Singkong Sebagai Filamen

Singkong atau ubi kayu (*Manihot esculenta crantz*) merupakan sumber karbohidrat yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Singkong mengandung 34% karbohidrat. Indonesia menyumbang 4,97% produksi singkong dunia, menduduki peringkat kelima. Pada tahun 2019, luas panen singkong mencapai 630.000 hektare dan produksinya mencapai 16,35 juta ton [10].

Setiap kilogram singkong umumnya menghasilkan 15-20% kulit umbi [11-12]. Hal ini, dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan pati yang nantinya digunakan sebagai *film* plastik biodegradasi. Kulit singkong mengandung HCN atau asam hidrosianat yang sangat tinggi bersifat racun baik dalam bentuk bebas maupun bentuk kimia yang memiliki kandungan *glikosida*, *phaseulonathin*, *linamarin*, dan *metilinamarin/lotaustrain*. HCN yang terkandung sangat tinggi , yaitu sebesar 18,0-3094 ppm per 100 gram kulit singkong. Penghilangan asam hidrosianat dapat dilakukan dengan mudah ketika kulit singkong diolah melalui perendaman, pengeringan, perebusan, dan fermentasi. Komposisi kandungan pati yang terdapat pada kulit singkong berkisar 44-59% yang dapat dilihat pada tabel berikut.

tabel 1 Komposisi Kimia Kulit Singkong

Komposisi Kimia	Nilai
Air	7,9-10,32%
Pati	44-59%
Protein	1,5-3,7%
Lemak	0,8-2,1%
Serat	17,5-27,4%
Abu	0,2-2,3%
Ca	0,42-0,77%
Mg	0,12-0,24%
P	0,02-0,10%
HCN	18,0-309,4 pp

(Sumber : Maladi, 2019)

PROSES EKSTRASI

Proses ekstrusi plastik merupakan suatu teknik yang terkenal dan banyak diterapkan dalam industri polimerisasi. Untuk dapat memproduksi produk plastik yang berkualitas tinggi, sangat penting untuk mengatur dan mengendalikan suhu di setiap zona dengan ketepatan yang baik. Proses ekstrusi plastik adalah metode produksi dengan proses peleburan plastik yang kemudian dibentuk menjadi berbagai produk yang menghasilkan profil berkelanjutan seperti pipa, tabung, film plastik dan isolasi kawat. Umumnya proses dimulai dengan memasukan bahan plastik ke dalam silinder ekstruder yang kemudian secara bertahap bahan dicairkan melalui energi mekanik yang dihasilkan oleh rotasi sekrup, serta melalui pemanas yang sudah di atur, kemudian polimer cair akan dipaksa masuk ke dalam bentuk bentuk yang megeras selama proses pendinginan [13].

Uji Tarik (Tensile Stregth)

Uji tarik merupakan proses menempatkan beban pada bahan dengan arah menjauhi titik pusat untuk mengetahui sifat mekanisnya. Salah satu hasil yang didapatkan dari uji tarik yaitu perubahan bentuk atau deformasi pada bahan, yang terjadi akibat pergeseran butiran kristal hingga terlepasnya ikatan kristal karena gaya maksimum [14]. Sifat mekanik yang didapat dalam uji tarik yaitu kekuatan tarik (*ultimate tensile strength*), kekuatan mulur (*yield strength or yield point*), elongasi (*elongation*), elastisitas (*elasticity*), dan pengurangan luas penampang (*reduction of area*) [15].

Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan material uji dengan gaya tarik secara terus-menerus, sehingga panjang bahan terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, yang bertujuan untuk menentukan nilai tarik [16]. Pengukuran kekuatan tarik bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya bahan harus berhimpit dengan garis sumbunya sehingga beban tarik lurus terjadi. Namun, gaya lentur muncul ketika gaya tarik sudut berhimpit. Standar internasional seperti ASTM E8, JIS, DIN, dan SNI mengatur prosedur dan spesifikasi specimen untk uji tarik, baik untuk material logam maupun non-logam. Penerapan standar ini bertujuan untuk memastikan konsistensi hasil pengujian. Sehingga, data yang diperleh dapat dibandingkan secara universal [17].

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2025 – Juli 2025 yang berlokasi di gedung Vokasi, Universtias Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur dan Fakultas Teknik, Politeknik Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur dengan alur sebagai berikut :

Studi Literatur : penelitian ini diawali dengan pengumpulan informasi melalui penelitian terdahulu mengenai 3D *printing,* filamen, asam polilaktat, pemanfaatan pati singkong sebagai filamen, serta uji tarik.

Persiapan alat dan bahan : alat dan bahan utama yang dibutuhkan yaitu pati kulit singkong, *Polylactic acid* (PLA), mesin ekstruder.

Pembuatan filamen pada mesin ekstruder : pembuatan filamen dengan rasio (PLA) 60:40 (PKS), (PLA) 70:30 (PKS), dan (PLA) 80:20 (PKS).

Pengujian material hasil hasil ekstrusi : memverifikasi bahwa filamen yang telah dibuat siap melanjutkan ke tahap uji tarik.

Pengambilan data hasil pengujian : spesimen yang melaluhi tahap proses didata untuk memproses ke tahap selanjutnya

Uji tarik : spesimen dilakukan ke tahap uji tarik. Pengujian dilakukan bertempat pada Politeknik Negeri Malang, Malang, Jawa timur.

Analisis data hasil uji tarik : menganalisis data hasil uji tarik dari filamen pati singkong masing – masing spesimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis beberapa variasi rasio *polylactic acid* dengan pati kulit singkong yang diolah pada mesin ekstruder dengan suhu 160°C, kemudian hasil dari pengolahan yang berbentuk benang filamen dilakukan uji tarik pada setiap variasi rasio dengan standar yang telah ditentukan untuk mengetahui hasil kekuatan tarik serta elongasi yang dihitung dengan rumus yang ditentukan.



Gambar 1. Hasil Spesimen

Hasil Pembuatan Spesimen

Spesimen yang dihasilkan oleh bahan *polylactic acid* dengan pati kulit singkong adalah filamen dengan bentuk benang. Pada setiap variasi rasio antara PLA dan PKS memiliki hasil dimensi filamen yang sama, dimensi filamen dibuat mengacu pada standar ASTD D2256, dengan panjang minimal 250 mm dan diameter minimal 1,75 mm. Dimensi filamen dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. Dimensi specimen

Hasil Pengujian Tarik

Pengujian berlangsung sesuai standar ASTM D2256, dimana setiap spesimen dipasang pada *Universal Testing Machine* (UTM) dan dilengkapi extensometer untuk mengukur regangan

selama berlangsung. Spesimen dijepit pada mesin kemudian mesin menarik benang secara perlahan dan memberikan beban maksimum hingga benang putus. Data dari hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Tarik

Rasio PLA+PKS	Spesiemen	Tensile Strength	Elongation (ΔL / mm)
(PLA) 60 : (KS) 40	1	6,4	3,55
	2	9,4	3,28
	3	8,6	2,45
	Rata-rata	6,53	3,09
(PLA) 70:(PKS) 30	1	10,8	3,38
	2	9,8	1,42
	3	10,2	7,64
	Rata-rata	10,2	4,14
(PLA) 80:(PKS) 20	1	9,4	5,70
	2	11,8	4
	3	11,2	6,84
	Rata-Rata	10,8	5,51

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada variasi (PLA) 60:40 (PKS) memiliki rata-rata beban tarik maksimum 6.53 kg dan elongasi 5,06 mm. Pada variasi (PLA) 70:30 (PKS) meningkat menjadi 10,2 kg dan 5,8 mm. Sementara pada variasi (PLA) 80:20 (PKS) peningkatan beban tarik mejadi yang tertinggi 10,8 kg, akan tetapi elongasi menurun lebi rendah pada variasi (PLA) 70:30 (PKS), yaitu 5,51 mm.

Langkah awal dengan mengubah satuan kilogram (Kg) ke dalam newton (N):\

F = Beban maksimum kg x gravitasi 9,8 (m/s^2)

= 11,8 kg x 9,8 (m/s^2)

= 115,64 kg.(m/s^2)

F = 115,64 N

Luas penampang dihitung melalui perhitungan dengan π=3,14/4 x diameter$^{(2)}$ =

A $= \frac{3,14}{4}$ x $(1,75\ mm)^2$

A $= \frac{3,14}{4}$ x 3,0625 mm

A = 2,404 mm^2

Dari hasil tersebut didapatkan rumusan kekuatan uji tarik sebagai berikut:

$\sigma = \frac{F}{A}$

$\sigma = \frac{115,64\ N}{2,404\ mm^2}$

σ = 48,103 N/mm^2 (MPa)

Keterangan:
σ = Kekuatan tarik (MPa)
F = Beban maksimum (N)
A = Luas penampang (mm^2)
Setelah ditemukan kekuatan tarik, dilakukan perhitungan rata – rata kekuatan tarik maksimum dan regangan tarik dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2
Hasil Tegangan Tarik dan Regangan Tarik

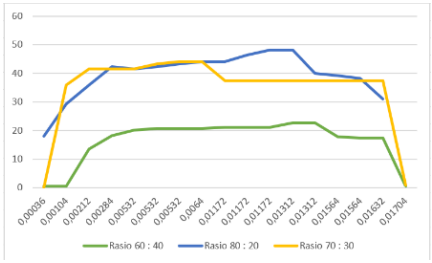
Rasio PLA+PKS	Spesiemen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan Tarik
(PLA) 60 : (PKS) 40	1	33,14	0,0142
	2	38,31	0,0131
	3	35,05	0,0098
	Rata-rata	33,14	0,01236
(PLA) 70:(PKS) 30	1	38,31	0,0135
	2	39,95	0,0056
	3	41,58	0,0305
	Rata-rata	39,94	0,033
(PLA) 80:(PKS) 20	1	39,54	0,231
	2	48,1	0,016
	3	45,65	0,0273
	Rata-Rata	44,43	0,0241

Hasil dari perhitungan dari nilai rata-rata tegangan tarik dan regangan tarik pada setiap masing-masing variasi spesimen (PLA) 60:40 (PKS), (PLA) 70:30 (PKS), dan (PLA) 80:20 (PKS) pada Tabel 6 akan dimasukkan kedalam bentuk grafik sebagai berikut:

Pada gambar tersebut, terlihat dari antara ketiga variasi rasio yang diuji hasil menunjukkan bahwa pada rasio (PLA) 60:40 (PKS) memiliki tegangan tarik terendah yaitu, 26,62 MPa. Sebaliknya pada rasio (PLA) 80:20 (PKS) pada grafik menunjukkan hasil dengan tegangan tarik tertinggi yaitu, 44,43 Mpa. Dengan adanya penambahan filler berupa pati kulit singkong sebesar 20% dengan PLA mampu memberikan kekuatan mekanik yang baik. Namun, pemberian pati yang berlebihan pada PLA juga dapat terjadi penurunan kekuatan mekanik material dikarenakan pati tidak terdistribusi secara merata serta, terjadi pelemahan ikatan antar material akibat dari sifat PLA (hidrofobik) dan pati kulit singkong (hidrofilik) [18].

Berdasarkan grafik diatas bahwa regangan tarik tertinggi specimen dengan variasi (PLA) 60:40 (PKS) memiliki nilai regangan tarik 0,01236, sedangkan pada regangan tarik variasi (PLA) 70:30 (PKS) mengalami penurunan dimana nilai regangan tariknya 0,033. Pada variasi (PLA) 80:20 (PKS) menunjukkan nilai regangan tarik tertinggi sebesar 0,0241. Pencampuran material PLA dengan pati kulit singkong menghasilkan nilai regangan tarik yang lebih rendah akibat sifat

dari kedua bahan material yang tidak homogen menyebabkan kekakuan pada material. Namun, walaupun nilai regangan tarik yang dihasilkan rendah material masih dapat diaplikasikan pada hal tertentu yang membutuhkan kekakuan [19].



Gambar 3. Kurva Tegangan-Regangan Tarik.
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan grafik yang disajikan menunjukkan bahwa masing-masing spesimen menghasilkan nilai beban tarik tertinggi dengan variasi rasio (PLA) 80:20 (PKS), (PLA) 70:30 (PKS), dan (PLA) 60:40 (PKS). Setiap kurva menunjukkan karakteristik yang berbeda akibat pengaruh campuran pati pada PLA.

a. Variasi (PLA) 80:20 (PKS) (Garis Merah)

Kurva spesimen variasi 80:20 menunjukkan tegangan maksimum sebesar 44,43 MPa, dengan regangan 0,0241. Kurva ini mengalami peningkatan yang paling puncak diantar rasio yang lainnya. Hal ini disebabkan oleh dominasi PLA yang membantu mempertahankan matriks kontinu, sementara penambahan 20% pati berfungsi sebagai filler yang dapat memperbaiki struktur internal yang menghasilkan material lebih kuat dan cukup elastis.

b. Variasi (PLA) 70:30 (PKS) (Garis Biru)

Kurva spesimen variasi 70:30 menunjukkan tegangan maksimum sebesar 39,94 MPa, dengan regangan 0,033. Kurva menunjukkan kenaikan pada zona plastis yang yang relative panjang sebelum mengalami penurunan. Menandakan raiso ini memiliki komposisi yang seimbang antara pati dan PLA, sehingga sifat mekanik meningkat serta, dominasi dari PLA cukup untuk memprtahan kekuatan tarik sehingga pati memberikan kontribusi terhadap fleksibilitas [19].

c. Variasi (PLA) 60:40 (PKS) (Garis Kuning)

Kurva spesimen variasi 60:40 menunjukkan tegangan maksimum sebesar 33,14 MPa, dengan regangan 0,01236. Kurva cenderung stabil tanpa kenaikan signifikan, menandakan specimen yang dihasilkan cenderung lebih rapuh dan kekuatan tarik menurun. Hal ini disebabkan akibat dari kandungan pati yang terlalu besar pada campuran bahan menyebabkan kompabilitas yang buruk antrak matriks PLA (hidrofobik dan) pati (hidrofilik) [20].

SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan selama penelitian berlangsung dapat disimpulkan material PLA yang dicampur dengan pati kulit singkong menghasilkan perbedaan kekuatan tarik serta regangan tarik pada beberapa variasi persentase yang digunakan yakni, (PLA) 60:40 (PKS), (PLA) 70:30 (PKS), dan (PLA) 80:20 (PKS). Hasil menunjukkan bahwa pada komposisi variasi (PLA) 80:20 (PKS) memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 44,43 Mpa dan nilai regangan tarik yakni 0,0241. Pada variasi (PLA) 70:30 (PKS) kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 39,39 MPa, akan tetapi regangan tarik yang dihasilkan memiliki nilai yang paling rendah yakni, 0,033. Sedangkan, kekuatan tarik pada variasi (PLA) 60:40 (PKS) menunjukkan nilai terendah sebesar 33,14 MPa dan regangangan tarik sebesar 0,01236. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil rasio pati yang diberikan pada PLA, maka semakin baik kekuatan tarik yang dihasilkan. Namun,

regangan yang dihasilkan tidak konsisten dan cenderung memiliki nilai lebih rendah dikarenakan bahan yang kaku.

REFERENSI

[1] Baru, J., Lindo, M., Mansyur, S., & Malik, M. (2024). Jurnal Teknik Industri Manajemen Dan Manufaktur Jurnal Teknik Industri Universitas Proklamasi 45 Perancangan Alat Daur Ulang Limbah Filament 3D Printing Jenis Pla/Pla+ Sebagai Bahan Baku Produksi Objek 3D. *Jtim*, *1*(1), 1–7. https://ejournal.up45.ac.id/index.php/jtim

[2] Abotbina, W., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A., Sultan, M. T. H., Alkbir, M. F. M., Sulaiman, S., Harussani, M. M., & Bayraktar, E. (2022). Recent Developments in Cassava (Manihot esculenta) Based Biocomposites and Their Potential Industrial Applications: A Comprehensive Review. *Materials*, *15*(19). https://doi.org/10.3390/ma15196992.

[3] Warsiki, E., Setiawan, I., & Hoerudin. (2020). Sintesa Komposit Bioplastik Pati Kulit Singkong-. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, *42*(2), 37–45.

[4] Wahyu Saptahadi et al. (2021). *JURNAL INTEGRASI PROSES Website : http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip SINTESIS BLEND FILM PLA-PATI MENGGUNAKAN ASAM ASETAT GLASIAL SEBAGAI COMPATIBILIZER 1 Program Studi Magister Teknik Kimia , Pascasarjana , Universitas Sultan Ageng Tirtayasa , Jal*. *10*(1), 37–41.

[5] Rahmayetty, Kanani, N., & Yudo, E. (2018). Pengaruh Penambahan PLA pada Pati Terplastisasi Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Blend Film. *Jurnal Umj*, 1–9.

[6] Yusoff, N. H., Pal, K., Narayanan, T., & de Souza, F. G. (2021). Recent trends on bioplastics synthesis and characterizations: Polylactic acid (PLA) incorporated with tapioca starch for packaging applications. *Journal of Molecular Structure*, *1232*. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.129954

[7] Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing Second Edition.* New York: Springer New York Heidelberg Dordrecht Londo

[8] Prasetijo, A. P. (2024). *Pembuatan Mesin Ekstrusi Plastik untuk Filamen 3D Printer Kapasitas 2 Kg/Jam.* Malang: Politeknik Negeri Malang.

[9] Trivedi, A. K., Gupta, M. K., & Singh, H. (2023). PLA based biocomposites for sustainable products: A review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, *6*(4), 382–395. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.02.002

[10] Asmoro, N. W. (2021). Karakteristik dan Sifat Tepung Singkong Termodifikasi (Mocaf) dan Manfaatnya pada Produk Pangan. *Journal of Food and Agricultural Product*, *1*(1), 34. https://doi.org/10.32585/jfap.v1i1.1755

[11] Maladi, I. (2019). Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio-Compatible Zink Oksida. In *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*.

[12] Suryati, S., Meriatna, M., & Marlina, M. (2017). Optimasi Proses Pembuatan Bioplastik Dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *5*(1), 78. https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.81

[13] Chandra, M. A., & Hidayat, M. F. (2022). Kekerasan Filament Hasil Ekstrusi Berbahan Dasar Limbah Plastik Low Density Polythylene Dengan Metode Ekstrusi. *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur Dan Industri)*, *3*(2), 50–58.

[14] Irvan Septyan Mulyana. (2023). Analisa Uji Tarik Pada Spesimen S355J2+N DenganStandar AS 1391 Untuk Bahan Material ContainerFLAT TOP WAGON (PPCW). *Jurnal Teknik Mesin* , *12*(2), 149–150.

[15] Muktar Sinaga, A. S. (2023). Pengujian Kuat Tarik dan Uji Lengkung Baja Tulangan Sirip 280 Pada SNI 2052 : 2017. *Berdikari*, *6*(2), 4.

[16] Salindeho, R. D., Soukota, J., & Poeng, R. (2018). Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, *2*(2), 88–98.

[17]krisnawan, deddy. (2015). *Perancangan rubber grip tools sebagai alat bantu mesin uji tarik di laboratorium pengetahuan bahan fti-UAJY* (doctoral dissertation, UAJY)

[18] da Silva, N. R., Ferreira, L. A., Madeira, P. P., Teixeira, J. A., Uversky, V. N., & Zaslavsky, B. Y. (2020). Linear Relationships between Partition Coefficients of Different Organic Compounds and Proteins in Aqueous Two-Phase Systems of Various Polymer and Ionic Compositions. *Polymers*, *12*(7), 1452. https://doi.org/10.3390/polym12071452

[19] Nazrin, A., Sapuan, S. M., & Zuhri, M. Y. M. (2020). Mechanical, Physical and Thermal Properties of Sugar Palm Nanocellulose Reinforced Thermoplastic Starch (TPS)/Poly (Lactic Acid) (PLA) Blend Bionanocomposites. *Polymers*, *12*(10), 2216.

[20] Nagy B, Miskolczi N, Eller Z. Improving Mechanical Properties of PLA/Starch Blends Using Masterbatch Containing Vegetable Oil Based Active Ingredients. Polymers (Basel). 2021 Sep 2;13(17):2981. doi: 10.3390/polym13172981. PMID: 34503021; PMCID: PMC8434555.

[21] Wu Y, Gao X, Wu J, Zhou T, Nguyen TT, Wang Y. Biodegradable Polylactic Acid and Its Composites: Characteristics, Processing, and Sustainable Applications in Sports. Polymers (Basel). 2023 Jul 19;15(14):3096. doi: 10.3390/polym15143096. PMID: 37514485; PMCID: PMC10384257.