



PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *POLYLACTIC ACID* DAN *FILLER* KULIT SINGKONG TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN LAJU BIODEGRADASI

Aris Al Nur Rachman^{a*}, Andita Nataria Fitri Ganda^a, Dewi Puspitasari^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60231, Indonesia

*Corresponding authors at: aris.22021@mhs.unesa.ac.id (A.R.Aris) Tel.: +6281234471700

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 11 Desember 2025

Direvisi pada 04 Februari 2026

Disetujui pada 18 Februari 2026

Tersedia daring pada 28 Februari 2026

Kata kunci:

Bioplastik, kulit singkong, *polylactic acid*, biodegradasi, kekuatan tarik.

Keywords:

Bioplastic, cassava peel, *polylactic acid*, biodegradation, tensile strength.

ABSTRAK

Permasalahan limbah plastik yang sulit diatasi mendorong pencarian material yang lebih ramah lingkungan, dengan bioplastik yang terbuat dari *Polylactic acid* (PLA) dan penambahan *filler* organik dari kulit singkong. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan bagaimana rasio PLA dan pati kulit singkong yang berbeda memengaruhi karakteristik mekanik dan seberapa cepat bioplastik yang dihasilkan terurai. Desain eksperimental menggunakan empat campuran berbeda, dengan menggunakan pengisi kulit singkong pada kadar 0%, 10%, 20%, dan 30%. Proses pembuatannya melibatkan pencampuran dan pembentukan menggunakan cetakan injeksi, sedangkan evaluasinya meliputi penilaian kekuatan tarik sesuai dengan ASTM D638 dan pengujian biodegradasi di tanah selama empat minggu. Menurut temuan, keberadaan pengisi secara nyata memengaruhi kekuatan saat ditarik, fleksibilitas, dan seberapa jauh material tersebut dapat meregang. Campuran yang mengandung 30% pengisi menunjukkan sifat mekanik yang paling baik, dengan kekuatan tarik 67,24 MPa, modulus elastisitas 123,66 MPa, dan elongasi 6,33%. Mengenai biodegradasi, sampel dengan 30% pengisi menunjukkan penurunan berat terbesar, yaitu 14%, jauh lebih besar daripada PLA murni, yang hanya terurai sekitar 3,4%. Bioplastik yang terbuat dari PLA dan kulit singkong menunjukkan potensi sebagai material berkelanjutan, menunjukkan sifat mekanik yang sesuai dan laju degradasi yang lebih cepat, sehingga layak untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif plastik konvensional.

ABSTRACT

The ongoing issue of plastic waste has prompted the pursuit of more environmentally benign materials. This has resulted in the development of bioplastics from *polylactic acid* (PLA) and the incorporation of organic fillers from cassava peels. The objective of this investigation was to ascertain the extent to which diverse ratios of cassava peel starch and PLA influence the mechanical properties and the rate at which the resulting bioplastics degrade. The experimental design employed four distinct formulations, each of which contained cassava peel filler at concentrations of 0%, 10%, 20%, and 30%. The evaluation procedure consisted of tensile strength assessment in accordance with ASTM D638 and biodegradation testing in soil for four weeks, while the manufacturing process involved mixing and forming using injection moulding. The tensile strength, flexibility, and the extent to which the material could be stretched were all substantially influenced by the presence of filler, as indicated by the results. The mixture with 30% filler exhibited the most favourable mechanical properties, with a tensile strength of 67.24 MPa, an elastic modulus of 123.66 MPa, and an elongation of 6.33%. The sample with 30% filler exhibited the greatest weight loss, at 14%, in terms of biodegradation. This is substantially greater than the decomposition rate of pure PLA, which was only approximately 3.4%. Bioplastics derived from cassava skins and PLA demonstrate the potential to be sustainable materials, as they possess appropriate mechanical properties and accelerate degradation rates. Consequently, they are deserving of further investigation as an alternative to conventional plastics.

1. PENGANTAR

Masalah sampah plastik merupakan tantangan besar yang sulit diatasi. Produksi plastik tahunan melebihi 460 juta ton metrik, yang digunakan untuk berbagai kepentingan. Perkiraan menunjukkan bahwa sekitar 20 juta ton metrik sampah plastik mencemari ekosistem setiap tahun. Angka ini diperkirakan akan meningkat secara signifikan sebelum tahun 2040 tiba (IUCN, 2025). Plastik yang berasal dari sumber petroleum menimbulkan tantangan karena tidak terurai dengan cepat, dan pembuatannya melibatkan emisi karbon yang cukup besar. Pembakaran sampah plastik menghasilkan karbon dioksida maupun asap berbahaya, dan keberadaan plastik yang tidak dapat terurai sebagai polutan di lingkungan laut menyebabkan terbentuknya mikroplastik berbahaya, yang mengancam kehidupan laut (Prata dkk., 2019; Gutberlet, 2023; Kibria dkk., 2023). Kekhawatiran terhadap dampak lingkungan dan tingginya jejak karbon mendorong pencarian material alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya bioplastik (Naser dkk., 2021; Nazari & Aziz, 2020).

Bioplastik merupakan kategori plastik yang dapat diuraikan oleh organisme hidup kecil, dapat mengurangi jumlah karbon yang dilepaskan ke udara dan memiliki peluang signifikan untuk mengurangi kerusakan ekologis yang disebabkan oleh plastik konvensional (Abe dkk., 2021). Pati adalah bioplastik umum yang banyak dibuat karena ketersediaannya yang melimpah dan berasal dari sumber daya yang berkelanjutan (Sobeih dkk., 2025). Di Indonesia, limbah kulit singkong yang dibuang berpotensi besar untuk mengekstraksi pati, mengingat jumlah signifikan yang dihasilkan oleh industri yang berfokus pada tapioka, makanan ringan, dan berbagai produk singkong. Pemanfaatan sumber daya yang sering diabaikan ini mendorong model ekonomi yang berkelanjutan dan memiliki potensi untuk menurunkan biaya yang terkait dengan pembuatan bioplastik (Mies & Mulyati, 2025).

Namun, bioplastik yang terbuat dari pati asli cenderung mudah patah, menarik molekul air, dan tidak dapat menahan temperatur tinggi (Jiya dkk., 2024). Sebaliknya, *Polylactic Acid* (PLA) adalah polimer yang berasal dari tanaman dan banyak digunakan karena dapat terurai secara alami, kompatibel dengan jaringan hidup, serta tidak menimbulkan risiko toksisitas; meskipun demikian, kekurangannya meliputi kecenderungan mudah pecah, kerentanan terhadap kelembapan, dan harga yang relatif tinggi (Li dkk., 2020; Hussain dkk., 2024; Wang dkk., 2021). Menggabungkan PLA dengan pati yang berasal dari kulit singkong menawarkan metode yang menjanjikan untuk meningkatkan karakteristik mekanisnya dan mempercepat degradasinya oleh proses alami, sambil tetap menjaga kualitas menguntungkan dari PLA (Shao dkk., 2022; Shafqat dkk., 2021).

Sejumlah penelitian tentang bioplastik kulit singkong telah banyak dikembangkan seperti, penelitian Martinaud dkk., (2024) menunjukkan pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai bahan baku dalam plastik terdegradasi PHA yang dicampur dengan PCL dengan ketahanan termal baik, namun sifat tariknya rendah. Picar dkk., (2025) serta Kusumawati dkk., (2025) menggunakan bioplastik berbasis limbah pati singkong dengan penambahan kitosan menghasilkan kekuatan tarik sekitar 2 MPa yang belum bisa menyaingi rata-rata sifat mekanik PLA yang dapat mencapai >50 MPa. Selain itu, penelitian sebelumnya belum mengeksplorasi pengaruh variasi komposisi PLA dan *filler* pati secara mendalam untuk mencapai sifat mekanik yang optimal sekaligus biodegradabilitas yang baik. Padahal, komposisi memengaruhi gelatinisasi pati, penyebaran *filler*, interaksi antar fase polimer, hingga kristalinitas yang berpengaruh pada kekuatan tarik dan laju degradasi (Sobeih dkk., 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana berbagai campuran PLA dan pati kulit singkong memengaruhi kekuatan tarik serta seberapa cepat bioplastik yang dihasilkan terurai secara alami. Tujuan penelitian ini adalah menemukan kombinasi yang dapat meningkatkan kekuatan dan kelenturan bioplastik, sekaligus mempercepat proses penguraiannya, sehingga menghasilkan bahan ramah lingkungan yang hampir setara dengan plastik biasa. Selain itu, diharapkan hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai titik awal dalam pengembangan metode bioplastik yang lebih bermanfaat untuk penggunaan industri skala besar.

2. METODE

2.1 Bahan penelitian

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah *Polylactic Acid* (PLA) (Toko lokal Surabaya, Indonesia). Material PLA yang digunakan adalah berbentuk *granule* dengan diameter 2-5 mm. PLA mempunyai massa jenis 1,25-1,43 g/cm³, dengan titik leleh 175-210 °C (Ranakoti dkk., 2022). Pati kulit singkong terbuat dari limbah kulit singkong yang diekstraksi dengan ukuran partikel 80 mesh dan berwarna putih kecokelatan serta memiliki titik leleh sebesar 169,2 °C, temperatur gelatinisasi sebesar 66-74 °C (Hasmadi dkk., 2021).

2.2 Sintesis kulit singkong

Pembuatan pati kulit singkong menggunakan metode Usni (2016) yang di modifikasi (Usni dkk., 2016). Metode ekstraksi pati dari kulit singkong umumnya dimulai dengan pemilahan kulit ari, pencucian menyeluruh, dan perendaman selama 12–24 jam (air diganti periodik) untuk menghilangkan kotoran dan zat terlarut (Assaajidah dkk., 2025). Setelah itu, kulit direndam dan diblender dalam rasio air sekitar 1:3 hingga membentuk suspensi halus, kemudian disaring menggunakan kain atau mesh untuk memisahkan ampas. Endapan pati dibiarkan mengendap selama 12–24 jam, diberi waktu cukup agar lapisan supernatan jelas terpisah, lalu supernatan dibuang dan endapan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60–70 °C selama 6–13 jam. Setelah kering, pati digiling ulang dan diayak (mesh 80) untuk memperoleh bubuk halus siap pakai seperti ditunjukkan pada Gambar 1, biasanya dengan rendemen antara 5–20%, warna putih kekuningan, kadar pati sekitar 68–75%, kadar amilosa 27%, dan kadar air 11–25% (Oliver, 2019; Wahyuningtyas dkk., 2019). Pati kulit singkong ditimbang dan dipersiapkan untuk digunakan pada proses sintesis bioplastik.



Gambar 1: Proses sintesis kulit singkong

2.3 Sintesis bioplastik

Metode proses sintesis bioplastik kulit singkong-PLA, pati kulit singkong diproses maserasi dalam ethanol dengan perbandingan 1:10 selama 24 jam. Hasil ekstraksi dilihat pada Tabel 1 sebanyak (0 g, 10 g, 20 g, 30 g) dicampurkan dengan PLA (100 g, 90 g, 80 g, 70 g). Kemudian campuran diaduk secara perlahan di mesin *injection molding* pada Gambar 2 sampai tidak ada gumpalan dan gelembung yang terlihat dan dilanjutkan pada temperatur proses sebesar 200 °C dengan tekanan sebesar 5-6 bar (Setyarini dkk., 2023; Yu dkk., 2023). Proses ini bertujuan untuk mempermudah proses pencampuran dan supaya serbuk kulit singkong menempel secara sempurna pada PLA *granule* dan campuran dituang dan dicetak.



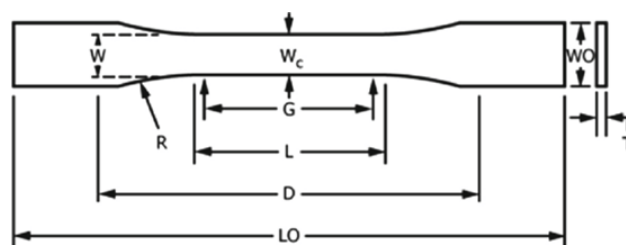
Gambar 2: Proses sintesis kulit singkong

Tabel 1: Ekstraksi Kulit Singkong dan PLA.

Sampel	Ekstraksi kulit singkong (wt%)	Polylactic acid (wt%)
PLA murni	0	100
Bioplastik 1	10	90
Bioplastik 2	20	80
Bioplastik 3	30	70

2.4 Karakterisasi uji tarik

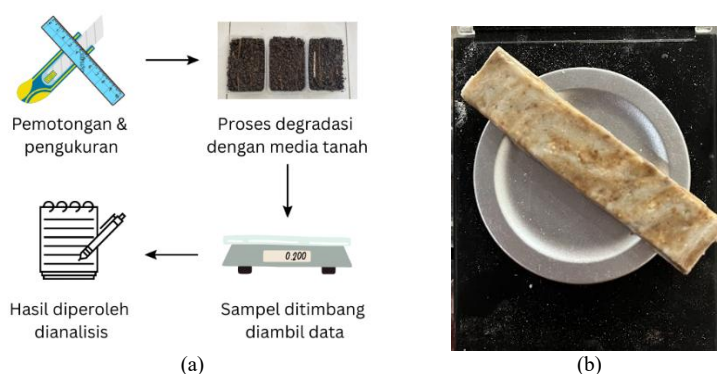
Pengujian sifat mekanik bioplastik dilakukan menggunakan metode uji tarik sesuai standar ASTM D638 untuk mengevaluasi kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan elongasi putus pada material bioplastik berbasis *Polylactic Acid* (PLA) dan pati kulit singkong. Sampel bioplastik dicetak dalam bentuk batang uji standar Tipe I ASTM D638, dengan dimensi ±115 mm panjang, 19 mm lebar, dan ketebalan sekitar 4 mm, yang dirancang khusus untuk pengujian material polimer berdimensi tipis (ZwickRoell, 2025). Setelah proses pencetakan selesai, sampel dikondisikan terlebih dahulu pada temperatur ruang selama 24 jam guna memastikan kestabilan termal dan kelembapan. Pengujian dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kecepatan penarikan konstan 5 mm/menit. Untuk menjamin keandalan data, setiap variasi komposisi diuji sebanyak tiga kali, sehingga hasil yang diperoleh bersifat valid dan representatif terhadap sifat mekanik masing-masing formulasi bioplastik. Ilustrasi detail spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: ASTM D638 tipe 1 (ZwickRoell, 2025)

2.5 Karakterisasi uji biodegradasi

Pengujian kemampuan biodegradasi bioplastik dilakukan selama satu bulan dengan pemantauan secara berkala setiap dua hari untuk mengamati perubahan massa dan kondisi visual sampel (Mironov, 2024). Sebelum proses pengujian, media tanah disiapkan dengan memastikan kandungan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) mencukupi, serta nilai pH tanah berada dalam kisaran netral (pH 6–7), agar mendukung aktivitas mikroorganisme pengurai (Yang dkk., 2025). Sampel bioplastik yang telah dicetak dipotong berbentuk persegi panjang berukuran 2 cm × 20 cm, kemudian dikubur dalam tanah dengan kedalaman sekitar 5 cm. Selama masa pengujian, sampel dikeluarkan secara berkala untuk dibersihkan dan ditimbang guna mengetahui persentase kehilangan massa sebagai indikator degradasi. Metode biodegradasi berbasis penimbunan tanah ini telah terbukti efektif dalam penelitian terdahulu yang menggunakan biomaterial sebagai bahan dasar bioplastik (Kalita, 2021). Ilustrasi detail tata cara uji dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Proses uji biodegradasi (a) tahapan proses biodegradasi, dan (b) sampel uji biodegradasi 2 x 20 (cm)

Dari setiap sampel dikenakan uji biodegradasi dan nilai rata-ratanya dilaporkan dengan Persamaan 1

$$\text{Weight loss} = \frac{(W_0 - W_t)}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

W_0 = berat awal (g)

W_t = berat setelah waktu t (g)

*Source: Buku *Compostable Polymer Materials* hal. 112-166 (Rudnik, 2008)

2.6 Analisis data

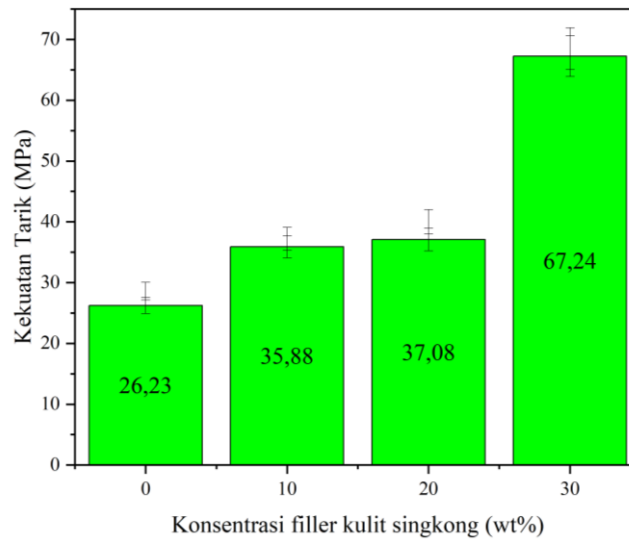
Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis kuantitatif berbasis data eksperimental, yang mengombinasikan metode kuantitatif dengan gambaran eksperimental yang lebih komprehensif mengenai karakteristik bioplastik berbasis *polylactic acid* (PLA) dan kulit singkong. Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui eksperimen laboratorium untuk menguji pengaruh variasi komposisi PLA terhadap sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik. Hasil eksperimen kemudian dianalisis secara numerik untuk mengidentifikasi pola dan perbedaan antarperlakuan. Sementara penyajian data yang diperoleh dalam bentuk visual seperti tabel, dan grafik guna memudahkan pemahaman dan interpretasi data. Seluruh data hasil pengujian diolah menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel dan OriginLab untuk menghasilkan grafik perbandingan serta menghitung nilai teoritis yang relevan. Perbandingan antara hasil eksperimen dan analisis teoritis tersebut memberikan dasar evaluasi terhadap efektivitas formulasi bioplastik yang diuji. Pendekatan ini dinilai mampu memberikan analisis yang lebih menyeluruh dan mendalam dalam menilai kinerja dan kelayakan bioplastik yang dikembangkan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian tarik

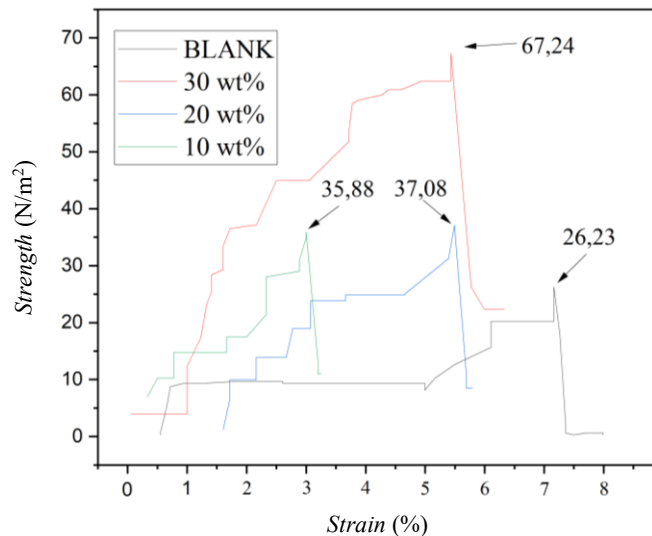
Pengujian ini dilakukan dengan memberikan gaya secara bertahap dan konstan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) hingga spesimen mengalami putus. Selama proses ini, data seperti kekuatan tarik maksimum, elongasi, dan modulus elastisitas dapat diperoleh untuk menilai performa mekanik material. Dalam penelitian ini, bioplastik yang dibuat dari campuran PLA dan pati kulit singkong menunjukkan variasi kekuatan tarik tergantung pada proporsi masing-masing bahan. Hasil penambahan serat alami dari limbah pertanian dapat mempengaruhi sifat mekanik bioplastik berbasis PLA.

Pada Gambar 5 *error bar* grafik kekuatan tarik menunjukkan simpangan baku dari hasil uji tarik pada setiap variasi komposisi filler kulit singkong. Nilai *error bar* yang relatif kecil menandakan konsistensi data dan homogenitas material yang baik selama proses pencampuran dan pengujian. Peningkatan kekuatan tarik pada komposisi *filler* yang lebih tinggi, khususnya 30 wt%, disertai sebaran data yang sempit, mengindikasikan bahwa peningkatan sifat mekanik bersifat stabil dan dapat direproduksi.



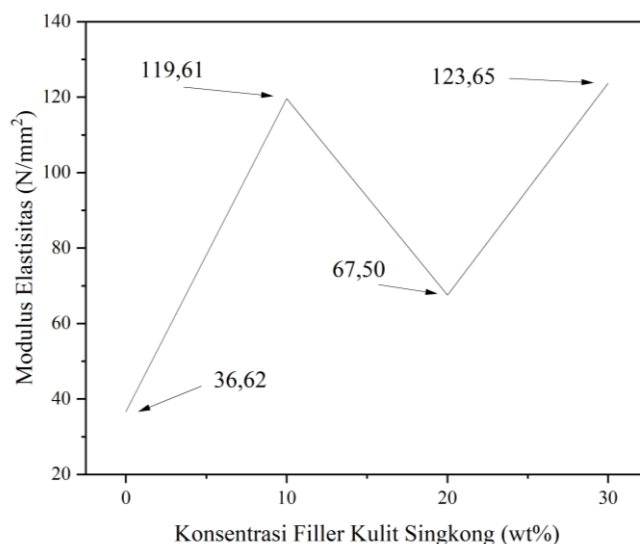
Gambar 5: Grafik rata-rata kekuatan tarik dan *error bar* bioplastik PLA-pati

Berdasarkan Gambar 6 hubungan antara *strain* (%) dan *strength* (N/mm²) pada bioplastik berbasis PLA dengan variasi penambahan pati kulit singkong sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30% (wt%), diperoleh hasil yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik bioplastik. Sampel dengan komposisi PLA murni 0% menunjukkan kekuatan tarik sebesar 26,23 MPa *strain* maksimum sekitar 8%, menandakan bahwa PLA murni memiliki ketahanan tarik paling rendah namun elastisitas paling baik dibandingkan komposit lainnya.



Gambar 6: Kurva tegangan-regangan

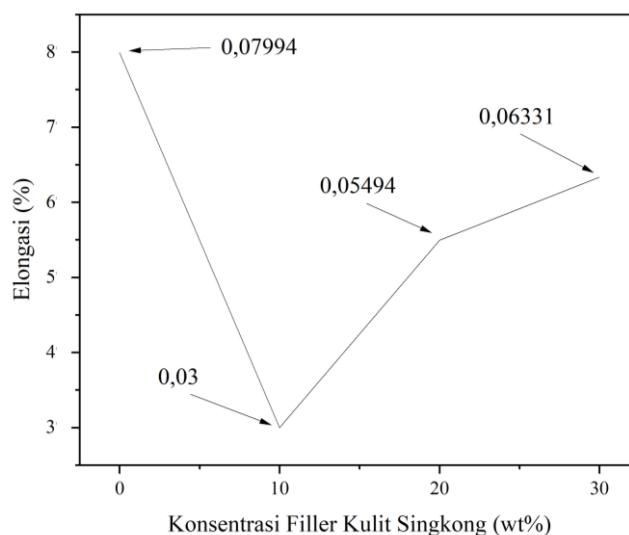
Penambahan 10% dan 20% pati kulit singkong menunjukkan nilai kekuatan tarik masing-masing sebesar 35,88 MPa dan 37,08 MPa, yang cukup tinggi namun terjadi penurunan pada nilai *strain* dibandingkan PLA murni. Pada penambahan 30% pati kulit singkong, kekuatan tarik mengalami kenaikan cukup drastis 67,24 MPa, disertai dengan kenaikan *strain* sebesar 6%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *filler* alami hingga 30% masih mampu mempertahankan kekuatan tarik material tanpa mengorbankan elastisitas material. Studi internasional oleh Şen & Sever, (2025) juga menegaskan bahwa penggunaan pati kulit singkong dalam komposit PLA memengaruhi nilai *tensile strength* secara signifikan tergantung pada proporsi campurannya.



Gambar 7: Grafik modulus elastisitas

Gambar 7 hasil pengujian modulus elastisitas bioplastik menunjukkan bahwa penambahan pati kulit singkong sebagai *filler* dalam matriks PLA memberikan pengaruh terhadap kekakuan material. Pada komposisi PLA murni, modulus elastisitas tercatat sebesar 36,62 MPa nilai ini merupakan yang paling rendah karena tidak adanya partikel penguat yang mampu meningkatkan resistensi terhadap deformasi. Peningkatan drastis terjadi pada penambahan 10 wt% kulit singkong, yaitu mencapai 119,61 MPa, yang menunjukkan bahwa *filler* dalam jumlah moderat mampu memperkuat ikatan antar molekul serta meningkatkan kekakuan material. Penurunan terjadi pada 20 wt%, yaitu sebesar 67,5 MPa, diduga akibat distribusi *filler* yang tidak homogen serta aglomerasi partikel, yang menyebabkan penurunan kemampuan material dalam mentransfer tegangan.

Namun, pada konsentrasi 30 wt%, nilai modulus meningkat kembali secara signifikan hingga 123,66 MPa. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa pada titik tertentu, struktur material menjadi lebih padat dan ikatan antara matriks PLA dan partikel serat kulit singkong terbentuk lebih kuat.



Gambar 8: Grafik elongasi PLA-pati

Kurva elongasi bioplastik dengan campuran PLA dan pati kulit singkong pada Gambar 8 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi *filler* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap fleksibilitas material. Nilai elongasi pada PLA murni 0 wt% tercatat sebesar 7,99%. Peningkatan konsentrasi kulit singkong hingga 10 wt% menghasilkan penurunan elongasi menjadi 3%. Namun, pada konsentrasi 20 wt%, nilai elongasi masih relatif stabil pada 5,49%, menunjukkan bahwa penambahan *filler* pada level ini belum cukup dalam meningkatkan kelenturan material.

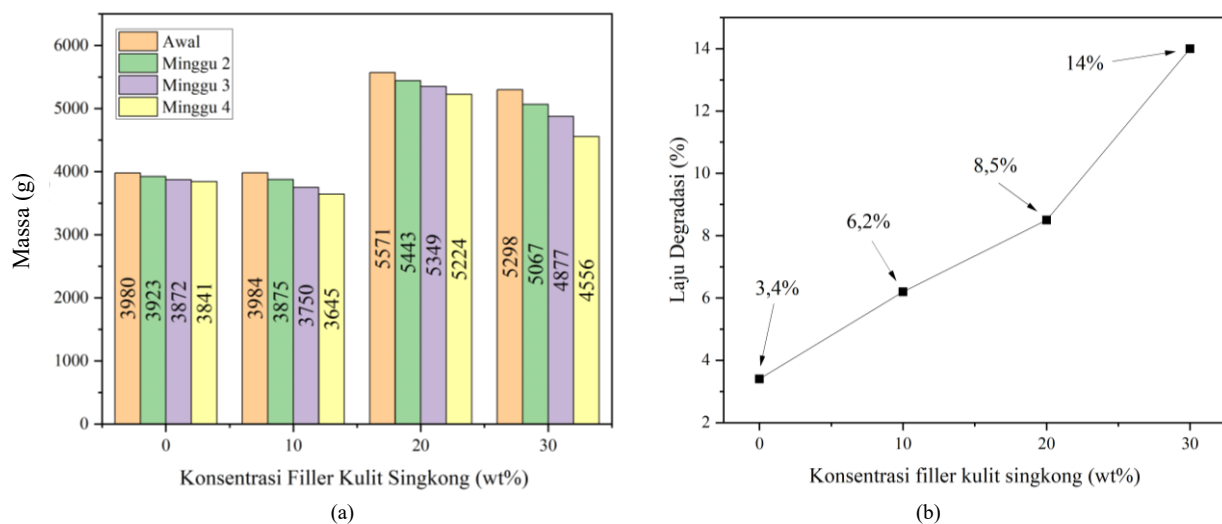
Elongasi naik konsisten hingga konsentrasi 30 wt%, yakni 6,33%, yang menunjukkan bahwa jumlah *filler* yang lebih tinggi dapat meningkatkan kemampuan regangan material secara optimal. Hal ini menunjukkan konsentrasi 30 wt% mendekati nilai rata-rata elongasi plastik *polystyrene* yang biasa di gunakan sebagai kemasan dengan rata-rata 1,5-10% (LookPolymers, 2025). Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh struktur lignoselulosa kulit singkong yang berperan sebagai plastisiser alami, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan memperluas daya regang material sebelum putus.

3.2 Uji biodegradasi

Tabel 2: Sampel biodegradasi selama empat Minggu

Sampel (wt%)	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
0/100				
10/90				
20/80				
30/70				

Berdasarkan Tabel 2, pada sampel dengan penambahan kulit singkong 10%, 20%, dan 30%, terlihat perubahan warna yang lebih drastis dan bertahap menjadi lebih pucat seiring waktu, disertai dengan munculnya retakan halus dan kerusakan permukaan. Warna gelap pada awal pengujian kemungkinan berasal dari kandungan senyawa organik dalam kulit singkong seperti lignin dan tanin. Sampel dengan 30% kulit singkong menunjukkan perubahan paling signifikan. Hasil ini mendukung penggunaan bahan limbah organik sebagai komponen penguat sekaligus pendorong degradasi pada produk bioplastik ramah lingkungan (Ahsan, 2023).



Gambar 9: Bagian biodegradasi (a) Penurunan berat masing-masing sampel dalam gram (g), dan (b) Persen laju degradasi sampel (%)

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan hasil uji biodegradasi bioplastik berbahan dasar campuran *polylactic Acid* (PLA) dan pati kulit singkong dengan variasi konsentrasi 0%, 10%, 20%, dan 30% selama periode empat minggu. Pada Gambar 9 (a) dimana setiap konsentrasi terdapat perbedaan massa, hal ini diakibatkan karena persebaran partikel kulit singkong yang kurang merata dan adanya *void* atau lubang udara yang menyebabkan pengurangan berat yang ditimbulkan rongga udara. Perlu studi lebih lanjut untuk teknik pencampuran injeksi *molding* serta aglomerasi partikel dan teknik pencampuran berat jenis yang berbeda.

Setiap kolom pada grafik Gambar 9 merepresentasikan perubahan berat sampel dari minggu ke minggu, yang mengindikasikan sejauh mana material terdegradasi oleh mikroorganisme di lingkungan. Dari hasil yang ditampilkan, terlihat bahwa semua sampel mengalami penurunan berat selama proses pengamatan, namun sampel dengan konsentrasi 30% kulit singkong menunjukkan tingkat penurunan tertinggi. Berat awalnya sebesar 52,98 g turun menjadi 45,56 g pada minggu keempat, menunjukkan penurunan massa sebesar 7,42 g atau sekitar 14%. Kandungan lignoselulosa yang tinggi dalam kulit singkong mendukung aktivitas mikroorganisme tanah dalam memecah struktur bioplastik (Dobrosielska, 2024). Selain itu, struktur kulit singkong yang bersifat hidrofilik juga mempercepat masuknya air dan mikroorganisme ke dalam matriks material, sehingga mempercepat laju degradasi (Yao dkk., 2025). Tomasek dkk., (2023) juga menjelaskan PLA asli cenderung lebih lama laju penguraian daripada bioplastik dari pati karena struktur PLA yang lebih kompleks dari pati yang sederhana sehingga lebih mudah diuraikan oleh mikroorganisme, pada penelitiannya PLA asli mengalami penurunan 2-8% dalam waktu 60 hari, sedangkan PLA + pati 30% mengalami penurunan hingga 20% di waktu yang sama. Sebagai pembandingan, bioplastik tanpa campuran kulit singkong (0%) hanya mengalami penurunan berat sekitar 3,4% dalam periode yang sama, menunjukkan bahwa PLA murni lebih lambat terurai secara alami.

4 KESIMPULAN

Variasi komposisi polylactic acid (PLA) dan filler pati kulit singkong memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan karakteristik biodegradasi bioplastik yang dihasilkan. Peningkatan kadar filler menunjukkan kecenderungan peningkatan kekakuan dan kekuatan material hingga komposisi tertentu, yang mengindikasikan adanya interaksi antarmuka yang cukup baik antara matriks PLA dan partikel pati kulit singkong. Selain itu, keberadaan filler berbasis lignoselulosa juga berkontribusi dalam mempercepat proses degradasi di lingkungan tanah melalui peningkatan sifat hidrofilik dan aksesibilitas mikroorganisme terhadap struktur material. Komposisi dengan kadar filler tertinggi dalam penelitian ini menunjukkan keseimbangan yang optimal antara performa mekanik dan laju biodegradasi, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai material alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional. Pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai filler tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah pertanian, tetapi juga mendukung pengembangan material berkelanjutan berbasis sumber daya terbarukan.

Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengoptimalkan homogenisasi campuran serta mengevaluasi pengaruh agen kompatibilitas atau plastisizer terhadap peningkatan ikatan antar fase dan stabilitas material. Karakterisasi tambahan seperti analisis morfologi, sifat termal, dan ketahanan terhadap kelembapan juga penting untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kinerja bioplastik dalam aplikasi industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyampaian ucapan terima kasih kepada ibu Andita Nataria Fitri Ganda S.T., M.Sc., selaku dosen riset serta ibu Dewi Puspitasari, S.Pd., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang menemani saya menyusun karya tulis ini dan juga teman-teman riset yang menjadi bagian terciptanya karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- (IUCN), I. U. for C. of N. (2025). *Plastic Pollution: IUCN Issues Brief*. IUCN. <https://iucn.org/resources/issues-brief/plastic-pollution>
- Abe, M. M., Martins, J. R., Sanvezzo, P. B., Macedo, J. V., Branciforti, M. C., Halley, P., Botaro, V. R., & Brienzo, M. (2021). Advantages and disadvantages of bioplastics production from starch and lignocellulosic components. *Polymers*, 13(15).
- Ahsan, W. A. (2023). Biodegradation of Different Types of Bioplastics through Composting: A Recent Trend in Green Recycling. *Catalysts*, 13(2), 294.
- Assaajidah, A., Susanti, E., Saputra, I. K., Terapan, D. S., & Malang, U. N. (2025). *Eksplorasi pati dari limbah kulit singkong sebagai sumber karbon alternatif media pertumbuhan rhizopus oligosporus saito*. 11, 41–51.
- Dobrosielska, M. (2024). The Influence of Environmental Factors on the Degradation of Polylactic Acid (PLA). *Frontiers in Environmental Science*, 11, 111.
- Gutberlet, J. (2023). Global Plastic Pollution and Informal Waste Pickers. *Cambridge Prisms: Plastics*, 1–38.
- Hasmedi, M., Harlina, L., Jau-Shya, L., Mansoor, A. H., Jahurul, M. H. A., & Zainol, M. K. (2021). Extraction and characterisation of Cassava starch cultivated in different locations in Sabah, Malaysia. *Food Research*, 5(3), 44–52.
- Hussain, M., Khan, S. M., Shafiq, M., & Abbas, N. (2024). A review on PLA-based biodegradable materials for biomedical applications. *Giant*, 18.
- Jiya, J. Y., Mu'azu Abubakar, Adekunle Joseph, I., C. Egwim, E., & Obanimomo, K. (2024). Thermal Stability, Transparency, and Water Sensitivity Properties of Bleached, Cross-Linked Cassava Starch Film. *Journal of Digital Food, Energy & Water Systems*, 5(1), 34–44.
- Kalita, N. K. (2021). Biodegradation and characterization study of compostable bioplastics. *Science Progress*, 104(2), 003685042110046.
- Kibria, M. G., Masuk, N. I., Safayet, R., Nguyen, H. Q., & Mourshed, M. (2023). Plastic Waste: Challenges and Opportunities to Mitigate Pollution and Effective Management. In *International Journal of Environmental Research* (Vol. 17, Issue 1). Springer International Publishing.
- Kusumawati, R., Syamdid, Abdullah, A. H. D., Nissa, R. C., Firdiana, B., Handayani, R., Munifah, I., Dewi, F. R., Basmal, J., & Wibowo, S. (2025). Physical Properties of Biodegradable Chitosan-Cassava Starch Based Bioplastic Film Mechanics. *Science and Technology Indonesia*, 10(1), 191–200.
- Li, G., Zhao, M., Xu, F., Yang, B., Li, X., Meng, X., Teng, L., Sun, F., & Li, Y. (2020). Synthesis and Biological Application of Polylactic Acid. *Molecules*, 25(21).
- LookPolymers. (2025). *Overview of Materials for Polystyrene Heat Resistant Grade*. LookPolymers. https://www.lookpolymers.com/polymer_Overview-of-materials-for-Polystyrene-Heat-Resistant-Grade.php?utm
- Martinaud, E., Hierro-Iglesias, C., Hammerton, J., Hadad, B., Evans, R., Sacharczuk, J., Lester, D., Derry, M. J., Topham, P. D., & Fernandez-Castane, A. (2024). Valorising Cassava Peel Waste Into Plasticized Polyhydroxyalkanoates Blended with Polycaprolactone with Controllable Thermal and Mechanical Properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 32(8), 3503–3515.
- Mironov, V. (2024). Degradation of high concentrations of commercial polylactic acid (PLA) in composting conditions. *Science of the Total Environment*, 876, 162681.
- Naomi Nova Mies, & Awin Mulyati. (2025). Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Plastik Ramah Lingkungan Untuk Mengatasi Pencemaran Akibat Plastik Polimer. *Student Research Journal*, 3(1), 26–36.
- Naser, A. Z., Deiab, I., & Darras, B. M. (2021). Poly(lactic acid) (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHAs), green alternatives to petroleum-based plastics: a review. *RSC Advances*, 11(28), 17151–17196.

- Nazari, W. A. A. W., & Aziz, A. A. (2020). International Journal of Applied Science and Engineering Review. *International Journal of Applied Science and Engineering Review*, 1(6), 1–5.
- Oliver, J. (2019). Pembuatan Bioplastik dari Pati Kulit Singkong (Manihot esculenta) Berpengisi Mikrokristalin Selulosa AvicelPH-101 (Wood pulp) dengan Plastisizer Sorbitol. *Hilos Tensados*, 1.
- Picar, A. E., Molina, B. I., Dejuras, J. F., Veran, M. J., & Estrellado, J. R. (2025). Valorization of Cassava Peel and Shrimp Shell Waste for Bioplastic Film Development: Extraction, Characterization, and Response Modeling. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 6(6), 3018–3044.
- Prata, J. C., Patr, A. L., Mouneyrac, C., Walker, T. R., Duarte, A. C., & Rocha-santos, T. (2019). Solutions and Integrated Strategies for the Control and Mitigation of Plastic and Microplastic Pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2411), 1–19.
- Ranakoti, L., Gangil, B., Misha, S. K., Singh, T., Sharma, S., A., I. R., & El-khatib, S. (2022). Critical Review on Polylactic Acid : Properties , Structure. *Materials*, 15(4312), 1–29.
- Rudnik, E. (2008). Compostable Polymer Materials. In *Compostable Polymer Materials*.
- Şen, İ., & Sever, K. (2025). Production and characterization of agricultural waste natural fiber-filled polylactic acid composites. *Polymer Bulletin*, 82(9), 4051–4074.
- Setyarini, P. H., Hidayati, F. A., Dhinasty, D. I., Wahyudi, S., & Sulistyarini, D. H. (2023). *Effective Tensile Energy Absorption of Chitosan-Poly Lactic Acid Composite using Injection Molding Process*. 71(5), 182–190.
- Shafqat, A., Al-Zaqri, N., Tahir, A., & Alsalmeh, A. (2021). Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3), 1739–1749.
- Shao, L., Xi, Y., & Weng, Y. (2022). Recent Advances in PLA-Based Antibacterial Food Packaging and Its Applications. *Molecules*, 27(18). <https://doi.org/10.3390/molecules27185953>
- Sobeih, M. O., Sawalha, S., Hamed, R., Ali, F., & Kim, M. P. (2025). Starch-Derived Bioplastics: Pioneering Sustainable Solutions for Industrial Use. *Materials*, 18(8), 1–32.
- Tomasek, S., Miskolczi, N., Nagy, B., & T, F. (2023). *Industrial Crops & Products Vegetable oil based additives to enhance the properties of PLA / Starch composites : The effect of reaction parameters* ~ r o. 191(November 2022).
- Usni, A., Karo-Karo, T., & Yusraini, E. (2016). Pengaruh Edible Coating Berbasis Pati Kulit Ubi Kayu terhadap Kualitas dan Umur Simpan Buah Jambu Biji Merah pada Temperatur Kamar. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 4(3), 293–303.
- Wahyuningtyas, D., Dwi Sukmawati, P., Muthia, D. N., & Fitria, A. (2019). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Optimasi Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dengan Penambahan Asam Sitrat Sebagai Crosslinking Agent*. April, 1–8.
- Wang, S., Shen, Q., Guo, C., & Guo, H. (2021). Comparative study on water vapour resistance of poly(Lactic acid) films prepared by blending, filling and surface deposit. *Membranes*, 11(12).
- Yang, T., Sun, G., Sun, M., Du, H., Luo, Z., Feng, Q., Zheng, Y., Zhou, J., & Long, Z. (2025). Effects of Lime, Magnesia and Silicon on Soil Acid-Neutralizing Capacity and Rice Yield in Acidic Paddy Fields. *Agriculture (Switzerland)*, 15(10), 1–13.
- Yao, X., Yang, X., Lu, Y., Qiu, Y., & Zeng, Q. (2025). Review of the Synthesis and Degradation Mechanisms of Some Biodegradable Polymers in Natural Environments. *Polymers*, 17(1), 1–21.
- Yu, W., Gu, J., Li, Z., Ruan, S., Chen, B., Shen, C., Lee, L. J., & Wang, X. (2023). *Study on the Influence of Microinjection Molding Processing Parameters on Replication Quality of Polylactic Acid Microneedle Array Product*.
- ZwickRoell. (2025). *ASTM D638: sifat tarik plastik* | ZwickRoell. <https://www.zwickroell.com/id/industri/plastik/bahan-cetakan-termoplastik-dan-termosetting/sifat-tarik-astm-d638/>