



**ANALISI VARIASI KOMPOSISI PVA/PATI TERHADAP KEKUATAN TARIK
BIODEGRADIBILITAS BIOPLASTIK RAMAH LINGKUNGAN**

Rafli Muchlis¹, Remon Lapisa², Sri Riski Putri³, Zainal Abadi⁴

Universitas Negeri Padang^{1,2,3,4}

e-mail: raflimuchlis378@gmail.com

Diterima: 24/08/2026; Direvisi: 31/08/2026; Diterbitkan: 9/09/2026

ABSTRAK

Penggunaan plastik konvensional berbasis minyak bumi masih menimbulkan permasalahan lingkungan karena sulit terurai secara alami. Meskipun bioplastik berbasis polimer alami telah banyak dikembangkan, masih diperlukan kajian mengenai komposisi PVA dan pati singkong yang mampu menghasilkan keseimbangan antara sifat mekanik dan biodegradasi. Penelitian ini penting untuk memperoleh alternatif material kemasan yang memiliki kekuatan mekanik memadai sekaligus lebih mudah terurai di lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi Polyvinyl Alcohol (PVA) dan pati singkong terhadap sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik serta menentukan komposisi dengan karakteristik terbaik. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan teknik solution casting. Sampel terdiri atas enam variasi PVA 3 Wt% dan 5 Wt% yang dikombinasikan dengan pati 0,6 Wt%, 0,9 Wt%, dan 1,2 Wt%, serta LDPE sebagai pembanding. Pengujian sifat mekanik mengacu pada ASTM D882, sedangkan biodegradasi diuji melalui soil burial test selama 12 hari. Hasil menunjukkan PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% menghasilkan kuat tarik 24,861 MPa, elongasi 72,907%, dan modulus Young 548,46 MPa. Biodegradasi tertinggi diperoleh pada PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% sebesar 82,90%, dibandingkan LDPE sebesar 1,49%. Dengan demikian, variasi komposisi menghasilkan karakteristik berbeda sehingga pemilihannya perlu disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan.

Kata kunci: *Bioplastik, Polyvinyl Alcohol, Pati Singkong, Kuat Tarik, Biodegradasi*

ABSTRACT

The use of conventional petroleum-based plastics remains an environmental problem because they are difficult to decompose naturally. Although bioplastics based on natural polymers have been widely developed, further investigation is needed to determine the appropriate composition of Polyvinyl Alcohol (PVA) and cassava starch that can provide a balance between mechanical properties and biodegradation. This study is important for developing an alternative packaging material with adequate mechanical strength and improved degradability in the environment. This study aimed to analyze the effect of variations in PVA and cassava starch composition on the mechanical properties and biodegradation of bioplastics and to determine the composition with the best characteristics. A laboratory experimental method using the solution casting technique was employed. The samples consisted of six variations of PVA at 3 Wt% and 5 Wt% combined with cassava starch at 0.6 Wt%, 0.9 Wt%, and 1.2 Wt%, with LDPE as a comparison. Mechanical properties were tested according to ASTM D882, while biodegradation was evaluated using a soil burial test for 12 days. The results showed that PVA 5 Wt% + 0.6 Wt% starch produced a tensile strength of 24.861 MPa, elongation of 72.907%, and Young's modulus of 548.46 MPa. The highest biodegradation was obtained from PVA 5 Wt% + 0.9 Wt% starch at 82.90%, compared with 1.49% for LDPE. Thus, composition variations produced different characteristics, and their selection should be adjusted to the intended application.

Keywords: *Bioplastic, Polyvinyl Alcohol, Cassava Starch, Tensile Strength, Biodegradation*

Copyright (c) 2026 NATURAL : Jurnal Ilmu Sains dan Terapan

 <https://doi.org/10.51878/natural.v1i2.15439>

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai bahan kemasan terus meningkat karena memiliki karakteristik ringan, kuat, tahan terhadap air, dan praktis dalam proses distribusi maupun penyimpanan. Namun, tingginya penggunaan plastik sekali pakai juga menghasilkan volume limbah yang besar dan menjadi persoalan lingkungan karena sistem pengelolaannya belum mampu mengimbangi laju produksinya. Permasalahan limbah plastik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan konsumsi masyarakat dan belum optimalnya sistem pengelolaan sampah. Peningkatan timbunan sampah plastik berpotensi menyebabkan kebocoran sampah ke lingkungan apabila proses pengurangan, pemilahan, dan pengelolaannya tidak dilakukan secara efektif (Nisaa, 2021). Kondisi tersebut juga terlihat dari keberadaan sampah plastik di wilayah pesisir Indonesia, yang menunjukkan bahwa sampah plastik masih menjadi persoalan lingkungan yang serius dan memerlukan pengelolaan secara berkelanjutan (Alamsyah & Fadli, 2023). Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan sampah plastik yang lebih efektif melalui pengurangan sampah dari sumber, peningkatan partisipasi masyarakat, serta pengembangan teknologi pengolahan dan daur ulang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar limbah plastik masih berakhir di tempat pembuangan, dibakar, atau bocor ke lingkungan sehingga diperlukan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada pengelolaan limbah, tetapi juga pada pengembangan material alternatif. Oleh karena itu, pengembangan bioplastik berbahan baku terbarukan dan memiliki kemampuan biodegradasi menjadi salah satu pendekatan yang penting untuk mengurangi ketergantungan terhadap plastik konvensional berbasis minyak bumi.

Dampak lingkungan dari penggunaan plastik terutama berkaitan dengan sifatnya yang persisten dan kecenderungannya terakumulasi ketika tidak dikelola secara tepat. Plastik yang masuk ke lingkungan dapat mengalami fragmentasi menjadi mikroplastik dan mencemari ekosistem tanah maupun perairan. Kajian mengenai mikroplastik di Indonesia menunjukkan bahwa sampah plastik yang terlepas ke lingkungan dapat mengalami fragmentasi akibat proses oksidasi, perubahan suhu, radiasi ultraviolet, dan tekanan fisik sehingga menghasilkan mikroplastik yang kemudian tersebar pada lingkungan darat dan perairan (Isfarin et al., 2024). Selain itu, penelitian di Laut Maluku menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik pada perairan permukaan dan sedimen laut dalam, dengan fragmen dan serat sebagai bentuk yang dominan, yang menunjukkan bahwa pencemaran plastik telah menyebar pada berbagai kompartemen ekosistem laut di Indonesia (Suteja et al., 2025). Permasalahan tersebut memperlihatkan bahwa alternatif material kemasan perlu mempertimbangkan tidak hanya fungsi dan sifat mekaniknya, tetapi juga perilaku material setelah digunakan. Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah penggunaan material berbasis polimer yang berasal dari sumber terbarukan dan dapat mengalami biodegradasi pada kondisi lingkungan tertentu.

Secara terminologis, bioplastik merupakan kelompok material plastik yang dapat berbasis biomassa, bersifat biodegradable, atau memiliki kedua karakteristik tersebut. Oleh karena itu, istilah bioplastik tidak secara otomatis menunjukkan bahwa suatu material pasti dapat terurai secara biologis, karena sifat berbasis biomassa dan biodegradabilitas merupakan karakteristik yang berbeda dan perlu dibedakan dalam klasifikasi material bioplastik (Nizamuddin et al., 2024). Biodegradabilitas merupakan kemampuan material untuk mengalami proses penguraian melalui aktivitas mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana dan alami. Proses tersebut dipengaruhi oleh karakteristik material serta kondisi lingkungan, termasuk keberadaan dan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses degradasi. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa mikroorganisme lokal dapat dimanfaatkan dalam proses biodegradasi plastik, sehingga aktivitas mikroorganisme menjadi salah satu faktor penting yang menentukan berlangsungnya proses penguraian material plastik

(Lumbantoruan et al., 2024). Pati merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan dalam pengembangan bioplastik karena berasal dari sumber terbarukan, tersedia melimpah, relatif murah, dan memiliki kemampuan untuk mengalami biodegradasi. Namun, film berbasis pati umumnya memiliki keterbatasan pada sifat mekanik dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan sehingga diperlukan pencampuran dengan polimer lain untuk meningkatkan performanya. Dengan demikian, kombinasi pati dengan Polyvinyl Alcohol (PVA) menjadi salah satu pendekatan yang potensial karena PVA mampu membentuk film dan dapat berinteraksi dengan gugus hidroksil pada pati melalui ikatan hidrogen.

PVA memiliki kemampuan membentuk film yang baik dan dapat menghasilkan material dengan sifat mekanik yang dapat disesuaikan melalui perubahan komposisi maupun kondisi proses. Penelitian Harsojuwono et al. (2022) menunjukkan bahwa formulasi pati termodifikasi, glukomanan, dan polyvinyl alcohol (PVA) berpengaruh terhadap karakteristik mekanik dan struktur bioplastik, sedangkan penambahan bahan penguat dan modifikasi komposisi dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik material. Penelitian Hidayat et al. (2022) juga menunjukkan bahwa film nanokomposit berbasis pati singkong-PVA dapat dikembangkan dengan penambahan nanoselulosa dari tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan penguat, yang berpengaruh terhadap karakteristik film dan menunjukkan potensi pengembangan material berbasis pati-PVA untuk aplikasi bioplastik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa perubahan rasio PVA dan pati dapat menghasilkan karakteristik material yang berbeda sehingga komposisi menjadi faktor penting dalam pengembangan bioplastik. Meskipun demikian, karakteristik mekanik yang baik tidak selalu berbanding lurus dengan kemampuan biodegradasi, sehingga kedua aspek tersebut perlu dievaluasi secara bersamaan.

Sejumlah penelitian telah mengkaji penggunaan PVA, pati, maupun kombinasi keduanya sebagai bahan pembentuk film bioplastik, tetapi masih terdapat ruang penelitian mengenai hubungan antara variasi komposisi PVA dan pati singkong dengan keseimbangan sifat mekanik dan biodegradasi. Penelitian Autha et al. (2023) menunjukkan bahwa kombinasi pati singkong dan polyvinyl alcohol (PVA) dengan penambahan selulosa dari tandan pisang kepok menghasilkan perubahan pada sifat mekanik, biodegradabilitas, penyerapan air, dan stabilitas termal bioplastik, sehingga komposisi material menjadi faktor penting dalam menentukan karakteristik akhir bioplastik. Penelitian Pradiza et al. (2025) juga menunjukkan bahwa variasi penguat serat kulit lemon pada matriks PVA dan pati singkong memengaruhi kuat tarik, elongasi, morfologi, serta laju biodegradasi material. Namun, kedua penelitian tersebut masih menggunakan bahan penguat tambahan, sehingga penelitian mengenai pengaruh variasi komposisi PVA dan pati singkong tanpa penambahan serat sebagai penguat tetap memiliki ruang untuk dikembangkan. Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, masih diperlukan kajian eksperimental yang secara khusus membandingkan beberapa variasi komposisi PVA dan pati singkong serta mengevaluasi sifat mekanik dan biodegradasinya secara bersamaan. Celah penelitian tersebut menjadi dasar bagi penelitian ini untuk memperoleh informasi mengenai hubungan komposisi material dengan karakteristik mekanik dan kemampuan terurainya bioplastik.

Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi kombinasi variasi konsentrasi PVA sebesar 3 Wt% dan 5 Wt% dengan pati singkong sebesar 0,6 Wt%, 0,9 Wt%, dan 1,2 Wt% untuk melihat keterkaitannya terhadap sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik. Penelitian ini tidak hanya menentukan komposisi dengan performa mekanik terbaik, tetapi juga membandingkan kemampuan biodegradasi setiap variasi melalui soil burial test dengan LDPE sebagai material pembanding. Pendekatan tersebut memungkinkan identifikasi adanya perbedaan komposisi optimum antara aspek kekuatan mekanik dan kemampuan biodegradasi yang dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan material untuk aplikasi kemasan. Penelitian Ayyubi et al. (2026) menunjukkan bahwa perubahan rasio pati singkong dan PVA dalam

biokomposit berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan mekanik dan karakteristik biodegradasi, sehingga diperlukan komposisi yang mampu menyeimbangkan kedua aspek tersebut. Temuan serupa dilaporkan oleh Autha et al. (2023), yang menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan pada bioplastik berbasis pati singkong/PVA menghasilkan perbedaan pada kuat tarik, modulus elastisitas, serta tingkat degradasi dalam tanah (Ayyubi et al., 2026; Autha et al., 2023). Secara khusus, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi PVA dan pati singkong terhadap sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik serta mengidentifikasi komposisi yang memberikan karakteristik terbaik. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar eksperimental dalam pengembangan bioplastik berbasis PVA dan pati singkong sebagai alternatif material kemasan yang memiliki sifat mekanik memadai dan kemampuan biodegradasi yang lebih baik dibandingkan plastik konvensional.

METODE PENELITIAN

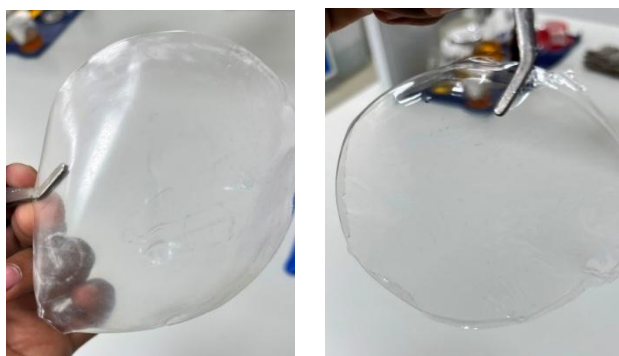
Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium yang bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi Polyvinyl Alcohol (PVA) dan pati singkong terhadap sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik. Variabel bebas berupa konsentrasi PVA dan pati singkong, sedangkan variabel terikat meliputi tensile strength, elongation, modulus Young, dan persentase biodegradasi, dengan LDPE sebagai material pembanding. Bahan yang digunakan adalah pati singkong, bubuk PVA dari PT Nitra Kimia, dan aquades sebagai pelarut. Perlakuan terdiri atas enam kombinasi, yaitu PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt%, 0,9 Wt%, dan 1,2 Wt%, serta PVA 3 Wt% + pati 0,6 Wt%, 0,9 Wt%, dan 1,2 Wt%. Larutan pati dibuat dengan 0,120 g, 0,180 g, dan 0,240 g pati dalam 20 g aquades untuk masing-masing konsentrasi, sedangkan larutan PVA dibuat dari 2,000 g PVA dalam 40 g aquades untuk 5 Wt% dan 1,200 g PVA dalam 40 g aquades untuk 3 Wt%; perhitungan Wt% perlu dinyatakan berdasarkan basis massa yang digunakan. Larutan pati diaduk selama 25 menit dan larutan PVA selama 15 menit pada kondisi operasi sesuai eksperimen, kemudian kedua larutan dicampurkan dan dihomogenisasi selama 20 menit sebelum dituangkan ke cetakan dan dikeringkan menjadi film. Suhu yang tertulis 50°C dan 80°C serta kecepatan homogenisasi “12.000 kHz” perlu diverifikasi dan disesuaikan dengan spesifikasi alat yang sebenarnya.

Pengujian sifat mekanik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) berdasarkan ASTM D882 untuk menentukan tensile strength, elongation, dan modulus Young. Spesimen dipotong sesuai dimensi standar atau dimensi aktual penelitian, dengan jumlah spesimen sebanyak [isi jumlah spesimen sebenarnya], kemudian diuji pada kecepatan tarik [isi kecepatan aktual] dan kondisi lingkungan [isi suhu dan kelembapan jika tersedia]. Tensile strength dihitung dari gaya maksimum dibagi luas penampang awal, elongation dari pertambahan panjang terhadap panjang awal, sedangkan modulus Young ditentukan dari kemiringan daerah elastis kurva tegangan-regangan. Pengujian biodegradasi dilakukan menggunakan metode *soil burial test* selama 12 hari dengan pengukuran massa pada hari ke-1, ke-3, ke-6, ke-9, dan ke-12; massa awal spesimen ditimbang sebelum penguburan, kemudian spesimen dibersihkan, dikeringkan hingga kondisi penimbangan konsisten, dan ditimbang kembali pada setiap waktu pengamatan. Persentase biodegradasi dihitung menggunakan persamaan % biodegradasi = $((W_0 - W_t)/W_0) \times 100\%$, dengan W_0 sebagai massa awal dan W_t sebagai massa setelah waktu penguburan tertentu. Jumlah spesimen dan kondisi tanah perlu disesuaikan dengan pelaksanaan eksperimen sebenarnya. Data dianalisis secara deskriptif melalui perbandingan nilai rata-rata setiap perlakuan, sedangkan analisis statistik inferensial digunakan untuk mengetahui signifikansi pengaruh variasi komposisi PVA dan pati singkong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil proses pembuatan menggunakan metode *solution casting* menghasilkan film bioplastik berbasis Polyvinyl Alcohol (PVA) dan pati singkong dengan enam variasi komposisi. Film yang telah terbentuk kemudian digunakan sebagai spesimen untuk pengujian sifat mekanik dan biodegradasi. Dokumentasi hasil pembuatan film bioplastik dari masing-masing variasi komposisi ditampilkan pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan sampel bioplastik yang telah diperoleh setelah proses pembuatan dan pengeringan.



Gambar 1. Dokumentasi hasil pembuatan film bioplastik PVA dan pati singkong

Berdasarkan dokumentasi pada Gambar 1, seluruh variasi komposisi menghasilkan film bioplastik yang dapat digunakan sebagai spesimen penelitian. Keenam formulasi tersebut selanjutnya diuji untuk memperoleh nilai tensile strength, elongation, dan modulus Young. Sampel yang sama juga digunakan dalam pengujian biodegradasi menggunakan metode soil burial test. Hasil pengujian karakteristik mekanik dan biodegradasi dari masing-masing formulasi disajikan pada bagian berikutnya.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui karakteristik mekanik bioplastik berbasis PVA dan pati singkong yang meliputi tensile strength, elongation, dan modulus Young. Pengujian dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) dengan spesimen yang mengacu pada standar ASTM D882. Enam variasi komposisi PVA dan pati singkong serta satu sampel plastik konvensional LDPE digunakan dalam pengujian sebagai pembanding. Hasil pengujian tarik untuk seluruh variasi disajikan pada Tabel 1.

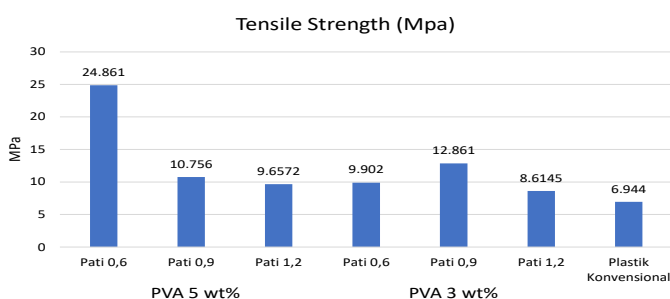
Tabel 1. Hasil Uji Tarik dengan UTM 10 kN

No.	Sampel	Modulus Young (MPa)	Elongation (%)	Tensile Strength (MPa)
1	PVA 5/Pati 0,6	548,46	72,907	24,861
2	PVA 5/Pati 0,9	389,10	26,837	10,756
3	PVA 5/Pati 1,2	429,32	11,668	9,657
4	PVA 3/Pati 0,6	527,82	8,173	9,902
5	PVA 3/Pati 0,9	340,86	60,823	12,861
6	PVA 3/Pati 1,2	477,39	11,871	8,615
7	Plastik konvensional (LDPE)	698,27	4,015	6,944

Sumber: Data hasil penelitian.

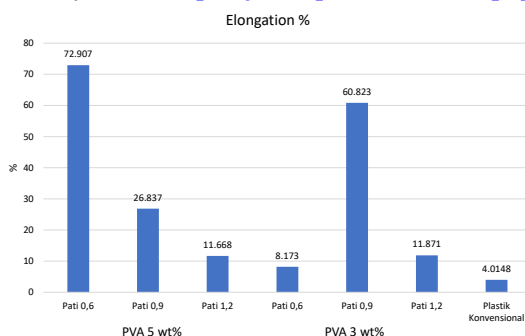
Berdasarkan Tabel 1, nilai tensile strength pada seluruh variasi bioplastik berada pada rentang 8,615–24,861 MPa. Nilai tensile strength tertinggi diperoleh pada PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 24,861 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada PVA 3 Wt% + pati 1,2 Wt% sebesar 8,615 MPa. Pada konsentrasi PVA 5 Wt%, peningkatan pati dari 0,6 Wt% menjadi 0,9 Wt% dan 1,2 Wt% diikuti penurunan tensile strength dari 24,861 MPa menjadi 10,756 MPa dan 9,657 MPa. Pada konsentrasi PVA 3 Wt%, nilai tensile strength meningkat dari 9,902 MPa pada pati 0,6 Wt% menjadi 12,861 MPa pada pati 0,9 Wt%, kemudian menurun menjadi 8,615 MPa pada pati 1,2 Wt%. Jika dibandingkan dengan LDPE sebesar 6,944 MPa, seluruh variasi bioplastik menunjukkan nilai tensile strength yang lebih tinggi.

Nilai elongation pada seluruh variasi bioplastik berada pada rentang 8,173–72,907%. Nilai elongation tertinggi diperoleh pada PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 72,907%, sedangkan nilai terendah terdapat pada PVA 3 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 8,173%. Pada PVA 5 Wt%, peningkatan konsentrasi pati dari 0,6 Wt% menjadi 0,9 Wt% dan 1,2 Wt% menyebabkan nilai elongation berturut-turut menjadi 26,837% dan 11,668%. Pada PVA 3 Wt%, nilai elongation meningkat dari 8,173% pada pati 0,6 Wt% menjadi 60,823% pada pati 0,9 Wt%, kemudian menurun menjadi 11,871% pada pati 1,2 Wt%. Dibandingkan dengan LDPE yang memiliki elongation sebesar 4,015%, seluruh variasi bioplastik memiliki nilai elongation yang lebih tinggi. Nilai modulus Young pada variasi bioplastik berada pada rentang 340,86–548,46 MPa. Nilai tertinggi di antara formulasi bioplastik diperoleh pada PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 548,46 MPa, sedangkan nilai terendah diperoleh pada PVA 3 Wt% + pati 0,9 Wt% sebesar 340,86 MPa. Pada PVA 5 Wt%, nilai modulus Young berturut-turut sebesar 548,46 MPa, 389,10 MPa, dan 429,32 MPa pada konsentrasi pati 0,6 Wt%, 0,9 Wt%, dan 1,2 Wt%. Pada PVA 3 Wt%, nilai modulus Young berturut-turut sebesar 527,82 MPa, 340,86 MPa, dan 477,39 MPa. Nilai modulus Young LDPE sebesar 698,27 MPa masih lebih tinggi dibandingkan seluruh variasi bioplastik.



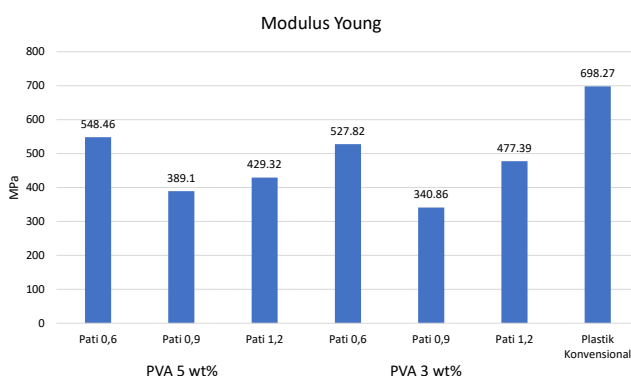
Gambar 1. Diagram Tensile Strength

Gambar 1 memperlihatkan variasi nilai tensile strength pada seluruh formulasi bioplastik dan LDPE. Formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% menunjukkan nilai tensile strength paling tinggi, yaitu 24,861 MPa. Formulasi PVA 3 Wt% + pati 1,2 Wt% menunjukkan nilai tensile strength paling rendah di antara seluruh bioplastik, yaitu 8,615 MPa. Secara umum, perubahan komposisi PVA dan pati menghasilkan nilai tensile strength yang berbeda pada setiap perlakuan.



Gambar 2. Diagram Elongation

Gambar 2 menunjukkan variasi nilai elongation pada setiap formulasi bioplastik dan LDPE. Nilai elongation tertinggi terdapat pada PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 72,907%, sedangkan nilai terendah terdapat pada PVA 3 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 8,173%. Pada kelompok PVA 5 Wt%, nilai elongation menunjukkan kecenderungan menurun seiring peningkatan konsentrasi pati. Sementara itu, kelompok PVA 3 Wt% menunjukkan kenaikan nilai elongation pada pati 0,9 Wt% sebelum kembali menurun pada pati 1,2 Wt%.



Gambar 3. Diagram Modulus Young

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai modulus Young berbeda pada setiap variasi komposisi. Nilai modulus Young tertinggi di antara formulasi bioplastik diperoleh pada PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% sebesar 548,46 MPa. Namun, nilai tersebut masih berada di bawah modulus Young LDPE yang mencapai 698,27 MPa. Variasi PVA 3 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan nilai modulus Young terendah, yaitu 340,86 MPa.

Pengujian biodegradasi dilakukan menggunakan metode soil burial test untuk mengamati perubahan massa bioplastik selama periode penguburan 12 hari. Pengukuran massa dilakukan pada hari ke-1, ke-3, ke-6, ke-9, dan ke-12 untuk setiap variasi komposisi. Berdasarkan data penelitian, seluruh sampel bioplastik mengalami penurunan massa selama periode pengamatan, tetapi besarnya penurunan berbeda pada setiap formulasi. Hasil pengujian biodegradasi secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Biodegradasi

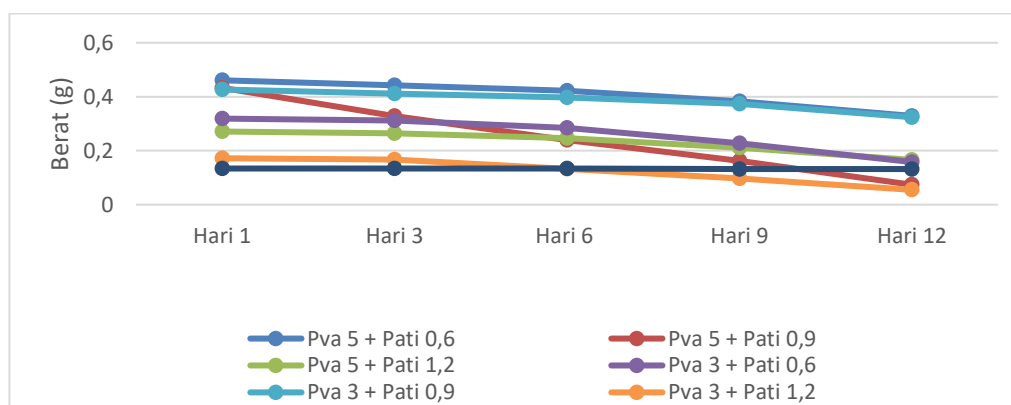
Material (Wt%)	Hari 1 (g)	Hari 3 (g)	Hari 6 (g)	Hari 9 (g)	Hari 12 (g)	Persentase Biodegradasi (%)
----------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	--------------------------------

PVA 5 + Pati 0,6	0,461	0,443	0,422	0,383	0,329	28,63
PVA 5 + Pati 0,9	0,433	0,328	0,240	0,162	0,074	82,90
PVA 5 + Pati 1,2	0,271	0,265	0,247	0,211	0,166	38,74
PVA 3 + Pati 0,6	0,319	0,312	0,284	0,228	0,158	50,47
PVA 3 + Pati 0,9	0,427	0,411	0,397	0,373	0,324	24,12
PVA 3 + Pati 1,2	0,172	0,167	0,133	0,097	0,055	68,02
Plastik konvensional (LDPE)	0,134	0,134	0,134	0,132	0,132	1,49

Sumber: Data hasil penelitian.

Berdasarkan Tabel 2, persentase biodegradasi pada hari ke-12 menunjukkan perbedaan antarvariasi komposisi. PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% memiliki persentase biodegradasi tertinggi sebesar 82,90%, sedangkan PVA 3 Wt% + pati 0,9 Wt% memiliki persentase terendah di antara bioplastik, yaitu 24,12%. Variasi PVA 3 Wt% + pati 1,2 Wt% dan PVA 3 Wt% + pati 0,6 Wt% masing-masing menunjukkan persentase biodegradasi sebesar 68,02% dan 50,47%. Sementara itu, PVA 5 Wt% + pati 1,2 Wt% dan PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% menunjukkan persentase biodegradasi masing-masing sebesar 38,74% dan 28,63%.

Perubahan massa selama pengamatan juga menunjukkan perbedaan pola antarformulasi. PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% mengalami penurunan massa dari 0,433 g pada hari pertama menjadi 0,328 g pada hari ketiga, 0,240 g pada hari keenam, 0,162 g pada hari kesembilan, dan 0,074 g pada hari ke-12. PVA 3 Wt% + pati 1,2 Wt% mengalami penurunan massa dari 0,172 g menjadi 0,167 g, 0,133 g, 0,097 g, dan 0,055 g pada waktu pengamatan yang sama. Sebaliknya, PVA 3 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan penurunan massa yang lebih kecil, yaitu dari 0,427 g pada hari pertama menjadi 0,324 g pada hari ke-12. LDPE menunjukkan perubahan massa paling kecil, yaitu dari 0,134 g pada hari pertama menjadi 0,132 g pada hari ke-12.



Gambar 4. Grafik Biodegradasi Bioplastik

Gambar 4 menunjukkan perubahan massa sampel selama pengujian soil burial test pada setiap waktu pengamatan. Seluruh variasi bioplastik menunjukkan kecenderungan penurunan massa dari hari pertama hingga hari ke-12, meskipun laju penurunannya berbeda antarperlakuan. PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan penurunan massa paling besar selama periode pengamatan, sedangkan LDPE menunjukkan perubahan massa paling kecil.

Penyajian seluruh titik pengamatan pada grafik memberikan gambaran mengenai perbedaan pola kehilangan massa pada masing-masing formulasi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi PVA dan pati singkong menghasilkan perbedaan pada sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik. Komposisi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% menghasilkan tensile strength dan elongation tertinggi di antara seluruh formulasi bioplastik, masing-masing sebesar 24,861 MPa dan 72,907%, sedangkan modulus Young-nya sebesar 548,46 MPa masih lebih rendah daripada LDPE. Pada pengujian biodegradasi, PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan persentase kehilangan massa tertinggi sebesar 82,90%, sedangkan PVA 3 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan nilai terendah di antara bioplastik sebesar 24,12%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa formulasi yang memberikan nilai mekanik tertinggi tidak sama dengan formulasi yang memberikan persentase biodegradasi tertinggi. Dengan demikian, hasil penelitian memperlihatkan adanya perbedaan karakteristik antarformulasi sehingga pemilihan komposisi perlu mempertimbangkan parameter yang menjadi tujuan utama penggunaan bioplastik.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi PVA dan pati singkong berpengaruh terhadap karakteristik mekanik bioplastik yang dihasilkan. Formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% memberikan tensile strength dan elongation tertinggi di antara seluruh formulasi bioplastik, masing-masing sebesar 24,861 MPa dan 72,907%, sedangkan modulus Young yang dihasilkan sebesar 548,46 MPa masih berada di bawah LDPE sebesar 698,27 MPa. Temuan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kinerja bioplastik tidak berlangsung secara seragam pada seluruh parameter mekanik, karena material yang memiliki tensile strength dan elongation tinggi belum tentu memiliki modulus Young yang lebih tinggi. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik evaluasi film polimer, karena tensile strength menunjukkan kemampuan material menahan tegangan hingga mengalami kegagalan, elongation menggambarkan kemampuan material mengalami deformasi sebelum putus, sedangkan modulus Young merepresentasikan tingkat kekakuan material. Penggunaan ketiga parameter tersebut merupakan pendekatan yang umum dalam mengevaluasi sifat mekanik film bioplastik, karena dapat memberikan gambaran mengenai kekuatan, fleksibilitas, dan kekakuan material secara komprehensif (Fadhallah et al., 2025). Penelitian lain pada bioplastik berbasis pati juga menggunakan tensile strength, elongation, dan Young's modulus sebagai parameter utama untuk mengevaluasi karakteristik mekanik dan perubahan sifat material akibat variasi formulasi (Gabriel et al., 2024). Kajian mengenai film PVA/pati juga menunjukkan bahwa perubahan proporsi kedua polimer dapat menghasilkan perubahan yang berbeda pada tensile strength, elongation, dan karakteristik mekanik lainnya sehingga optimasi komposisi perlu mempertimbangkan beberapa parameter secara bersamaan.

Tingginya tensile strength pada formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% dapat dikaitkan dengan terbentuknya matriks polimer yang lebih mendukung interaksi antara PVA dan pati pada komposisi tersebut. PVA dan pati sama-sama memiliki gugus hidroksil yang memungkinkan terbentuknya interaksi antarmolekul, termasuk ikatan hidrogen, sehingga pencampuran keduanya dapat menghasilkan film dengan integritas struktur yang lebih baik. Penelitian Junus et al. (2026) menunjukkan bahwa penambahan pati singkong ke dalam matriks polyvinyl alcohol (PVA) memengaruhi sifat mekanik biokomposit, sedangkan peningkatan kandungan penguat dapat memperbaiki kuat tarik melalui peningkatan interaksi antarmuka antara matriks dan bahan penguat. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Rahman et al. (2025) yang menunjukkan bahwa penambahan pati singkong pada matriks PVA dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik secara signifikan, sementara analisis FTIR menunjukkan adanya perubahan interaksi ikatan hidrogen dalam sistem PVA-pati (Junus et al., 2026; Copyright (c) 2026 NATURAL : Jurnal Ilmu Sains dan Terapan

Rahman et al., 2025). Dengan demikian, nilai tensile strength yang tinggi pada formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% menunjukkan bahwa komposisi tersebut memberikan kombinasi komponen yang relatif sesuai untuk menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi, meskipun mekanisme molekulernya belum dapat dipastikan hanya berdasarkan data uji tarik karena penelitian ini tidak melakukan karakterisasi FTIR atau morfologi.

Peningkatan konsentrasi pati tidak menghasilkan peningkatan sifat mekanik secara linier pada seluruh formulasi. Pada PVA 5 Wt%, peningkatan pati dari 0,6 Wt% menjadi 0,9 Wt% dan 1,2 Wt% diikuti penurunan tensile strength dan elongation, sedangkan pada PVA 3 Wt% perubahan kedua parameter tersebut menunjukkan pola yang berbeda. Pola tersebut menunjukkan bahwa terdapat komposisi tertentu yang menghasilkan keseimbangan sifat mekanik yang lebih baik, sehingga penambahan pati dalam jumlah lebih besar tidak dapat diasumsikan selalu meningkatkan kekuatan film. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa perubahan komposisi PVA dan bahan berbasis pati dapat memengaruhi sifat mekanik bioplastik secara signifikan. Doni et al. (2023) menunjukkan bahwa variasi konsentrasi PVA menghasilkan perbedaan pada kuat tarik, elongasi, dan elastisitas bioplastik, dengan karakteristik mekanik terbaik diperoleh pada konsentrasi PVA tertentu. Sejalan dengan temuan tersebut, Silviyati et al. (2026) menunjukkan bahwa variasi rasio pati singkong dan konsentrasi PVA berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik dan karakteristik fisik bioplastik, serta menghasilkan formulasi optimum pada kombinasi komposisi tertentu. Temuan tersebut memperkuat bahwa peningkatan salah satu komponen tidak selalu menghasilkan sifat mekanik terbaik, sehingga diperlukan keseimbangan komposisi antara PVA dan bahan berbasis pati untuk memperoleh karakteristik mekanik yang optimal. Penelitian terbaru pada film berbasis pati singkong juga menunjukkan bahwa konsentrasi bahan penguat dan komposisi matriks dapat menghasilkan perubahan sifat mekanik yang berbeda, sehingga formulasi perlu dioptimalkan berdasarkan karakteristik akhir yang ditargetkan.

Hasil biodegradasi menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan dengan hasil uji tarik. Formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan persentase kehilangan massa tertinggi sebesar 82,90%, sedangkan PVA 3 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan nilai terendah di antara formulasi bioplastik sebesar 24,12%; LDPE hanya menunjukkan perubahan massa sebesar 1,49%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa komposisi yang menghasilkan sifat mekanik tertinggi bukan merupakan komposisi yang menghasilkan kehilangan massa tertinggi selama soil burial test. Literatur menunjukkan bahwa film berbasis pati/PVA dapat mengalami degradasi di lingkungan tanah dan bahwa kandungan serta karakteristik komponen penyusunnya dapat memengaruhi penyerapan air dan proses biodegradasi. Yudi et al. (2025) menunjukkan bahwa bioplastik berbasis pati singkong yang diformulasikan dengan PVA dan gliserol memiliki karakteristik ketahanan air serta biodegradabilitas yang dipengaruhi oleh komposisi penyusunnya. Selain itu, Nugroho et al. (2024) melaporkan bahwa variasi konsentrasi PVA pada biofoam berbasis pati singkong memengaruhi sifat fisik, penyerapan air, dan biodegradabilitas; formulasi dengan 2% PVA menunjukkan kehilangan massa sebesar 87% setelah 30 hari penguburan dalam tanah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan material pati/PVA untuk menyerap air dan mengalami degradasi tidak hanya ditentukan oleh keberadaan bahan yang dapat terurai, tetapi juga oleh komposisi dan struktur matriks yang memengaruhi masuknya air serta berlangsungnya proses biodegradasi. Penelitian pada film pati singkong yang dikubur dalam tanah juga menunjukkan bahwa kehilangan massa berkaitan dengan proses degradasi komponen film oleh lingkungan biotik tanah, sementara penyerapan air dapat mendukung masuknya mikroorganisme ke dalam material.

Tingginya kehilangan massa pada PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan bahwa variasi komposisi memiliki peran penting terhadap laju perubahan massa selama penguburan. Namun, pola yang diperoleh bersifat nonlinier karena peningkatan pati dari 0,9 Wt% menjadi

1,2 Wt% pada PVA 5 Wt% justru menurunkan persentase kehilangan massa dari 82,90% menjadi 38,74%. Kondisi serupa juga terlihat pada PVA 3 Wt%, ketika persentase kehilangan massa meningkat dari 24,12% pada pati 0,9 Wt% menjadi 68,02% pada pati 1,2 Wt%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa hubungan antara komposisi PVA/pati dan kehilangan massa tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan jumlah pati yang lebih tinggi atau lebih rendah, tetapi dipengaruhi oleh karakteristik matriks film yang terbentuk. Penelitian terbaru mengenai film berbasis PVA/starch juga menunjukkan bahwa perubahan rasio formulasi dapat menghasilkan perbedaan yang nyata pada sifat mekanik dan biodegradasi, sehingga formulasi optimum perlu ditentukan berdasarkan kombinasi sifat yang diinginkan. Pradiza et al. (2025) menunjukkan bahwa variasi komposisi biokomposit berbasis PVA dan pati kentang menghasilkan perbedaan pada sifat mekanik dan biodegradabilitas, sehingga komposisi matriks perlu disesuaikan dengan karakteristik material yang ditargetkan. Selain itu, Wahyudi et al. (2025) menunjukkan bahwa perubahan komposisi PVA pada bioplastik berbasis pati biji alpukat memengaruhi sifat mekanik, ketahanan terhadap air, dan biodegradabilitas, dengan formulasi tertentu menghasilkan kombinasi karakteristik yang lebih optimal. Temuan tersebut menegaskan bahwa formulasi optimum tidak ditentukan hanya oleh tingginya kandungan salah satu komponen, tetapi oleh keseimbangan komposisi yang mampu menghasilkan kombinasi sifat mekanik, ketahanan terhadap air, dan biodegradabilitas sesuai tujuan penggunaan.

Jika dikaitkan dengan tujuan penelitian, hasil ini menunjukkan bahwa variasi komposisi PVA dan pati singkong memang menghasilkan perubahan pada sifat mekanik dan biodegradasi bioplastik. Formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% dapat dipandang sebagai formulasi yang paling menonjol untuk aspek tensile strength dan elongation karena menghasilkan nilai tertinggi di antara bioplastik, tetapi belum dapat dikatakan paling unggul untuk seluruh parameter mekanik karena modulus Young-nya masih lebih rendah daripada LDPE. Sementara itu, PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% merupakan formulasi dengan kehilangan massa tertinggi pada kondisi soil burial test selama 12 hari, sehingga menunjukkan karakteristik degradasi yang paling tinggi berdasarkan parameter yang digunakan dalam penelitian. Temuan tersebut memperlihatkan adanya trade-off antara karakteristik mekanik dan kehilangan massa, sehingga tidak terdapat satu formulasi yang secara bersamaan menghasilkan nilai terbaik pada seluruh parameter yang diuji. Dengan demikian, penelitian ini menjawab tujuan penelitian dengan menunjukkan bahwa variasi komposisi PVA dan pati singkong menentukan karakteristik akhir bioplastik, sedangkan pemilihan formulasi terbaik harus disesuaikan dengan prioritas penggunaan antara kekuatan mekanik, fleksibilitas, kekakuan, dan kemampuan mengalami kehilangan massa selama pengujian tanah. Lim et al. (2021) menunjukkan bahwa perubahan rasio PVA dan pati pada film bioplastik menghasilkan perubahan pada kuat tarik, kelarutan, penyerapan air, serta tingkat degradasi selama penguburan dalam tanah, sehingga proporsi kedua komponen berperan penting dalam menentukan karakteristik akhir material. Sejalan dengan itu, Gómez-Bachar et al. (2024) melaporkan bahwa perubahan rasio pati termodifikasi/PVA menghasilkan perbedaan pada kekuatan tarik, fleksibilitas, sifat penghalang, dan laju degradasi, dengan peningkatan PVA memberikan peningkatan kekuatan dan fleksibilitas tetapi cenderung memperlambat degradasi. Temuan tersebut memperkuat bahwa formulasi optimum bioplastik tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan satu parameter, tetapi perlu mempertimbangkan keseimbangan antara sifat mekanik dan kemampuan biodegradasi sesuai dengan tujuan penggunaan material.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi komposisi PVA dan pati singkong memengaruhi karakteristik mekanik dan biodegradasi film bioplastik yang dihasilkan. Formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,6 Wt% menunjukkan karakteristik mekanik paling menonjol di antara formulasi bioplastik, terutama pada tensile strength dan elongation, meskipun modulus

Copyright (c) 2026 NATURAL : Jurnal Ilmu Sains dan Terapan

Young-nya belum melampaui LDPE. Sementara itu, formulasi PVA 5 Wt% + pati 0,9 Wt% menunjukkan kehilangan massa paling tinggi selama pengujian *soil burial*, sehingga memperlihatkan karakteristik degradasi yang berbeda dari formulasi dengan performa mekanik terbaik. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan performa mekanik dan kemampuan mengalami kehilangan massa tidak selalu dicapai melalui komposisi yang sama, sehingga pemilihan formulasi perlu disesuaikan dengan karakteristik yang menjadi prioritas penggunaannya. Dengan demikian, penelitian ini telah menjawab tujuan penelitian dengan menunjukkan bahwa pengaturan komposisi PVA dan pati singkong merupakan faktor penting dalam memperoleh karakteristik bioplastik yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Temuan penelitian memberikan dasar bagi pengembangan bioplastik berbasis PVA dan pati singkong sebagai alternatif material yang lebih berorientasi pada pengurangan penggunaan plastik konvensional. Hasil penelitian dapat menjadi pertimbangan awal dalam menentukan formulasi material berdasarkan kebutuhan, baik yang mengutamakan kekuatan dan fleksibilitas maupun yang memerlukan kemampuan mengalami degradasi berdasarkan kehilangan massa dalam lingkungan tanah. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian perlu mengoptimalkan komposisi melalui variasi yang lebih luas serta mengevaluasi karakteristik tambahan seperti ketebalan, penyerapan air, sifat termal, struktur morfologi, dan interaksi kimia material. Pengujian biodegradasi juga perlu dilakukan dengan periode yang lebih panjang dan metode yang lebih komprehensif agar kemampuan biodegradasi dapat dibedakan secara lebih jelas dari sekadar kehilangan massa selama *soil burial test*. Dengan pengembangan tersebut, formulasi bioplastik yang diperoleh diharapkan dapat memiliki keseimbangan sifat mekanik dan biodegradabilitas yang lebih baik serta memiliki potensi untuk dikembangkan pada aplikasi kemasan atau produk plastik sekali pakai yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, R., & Fadli, S. A. (2023). Kondisi sampah plastik di Pantai Desa Pattongko Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(2), 208–213. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.2.208-213>
- Autha, N., Siregar, F. E. D., Harmiansyah, Mahardika, M., & Nurfani, E. (2023). Influence of kepok banana bunch as new cellulose source on thermal, mechanical, and biodegradability properties of Thai cassava starch/polyvinyl alcohol hybrid-based bioplastic. *Biopolymers*, 114(9), e23560. <https://doi.org/10.1002/bip.23560>
- Ayyubi, S. N., Purbasari, A., Prasetyaningrum, A., Kusmiyati, Puspa, M. B., Ambarsari, I., & Wafi, A. (2026). Novel ternary chitosan/cassava starch/PVA-based biocomposite films plasticized with crude glycerol for potential sustainable packaging materials: Physical, mechanical, and biodegradable properties. *Journal of Polymer Research*, 33(6), Article 235. <https://doi.org/10.1007/s10965-026-04955-x>
- Doni, M. A., Jonuarti, R., Wulan, R., & Jhora, F. U. (2023). Effect of polyvinyl alcohol (PVA) concentration and stirring time on the mechanical properties of biodegradable plastic from kepok banana peel starch. *CIVED*, 10(3), 1112–1119. <https://doi.org/10.24036/cived.v10i3.499>
- Fadhallah, E. G., Fahlevi, F. A. S., Ashari, H. P., Anggriani, Y., Dewi, N. M. P., Meranda, D., Mulianingsih, E., Haidawati, & Febriati, N. (2025). Physicomechanical properties of bioplastics from kappa-carrageenan and cassava peel starch. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(2), 109–129. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v28i2.61874>
- Gabriel, A. A., Rahmawati, A. Y., Taradipa, Y. S., Enomae, T., Fauzan, R. M. M. N., Thangunpai, K., Indramawarni, S., Halim, A., & Ihsanpuro, S. I. (2024). *Canna edulis* Ker. starch-based biodegradable plastic materials: Mechanical and morphological properties. *Discover Materials*, 4, Article 55. <https://doi.org/10.1007/s4393902400128z>



- Gómez-Bachar, L., Vilcovsky, M., González-Seligrá, P., & Famá, L. (2024). Effects of PVA and yerba mate extract on extruded films of carboxymethyl cassava starch/PVA blends for antioxidant and mechanically resistant food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 268(1), 131464. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131464>
- Harsojuwono, B. A., Arnata, I. W., Hartiati, A., Setiyo, Y., Hatiningsih, S., & Suriati, L. (2022). The improvement of the modified starch–glucomannan–polyvinyl alcohol biothermoplastic composite characteristics with polycaprolactone and anhydride maleic acid. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 844485. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.844485>
- Hidayat, S., Meidinariasty, A., & Junaidi, R. (2022). Film nanokomposit berbasis termoplastik pati singkong-polivinil alkohol dengan nanoselulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan penguat. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 2(10), 413–423. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.225>
- Isfarin, N. N., Fara, M. E., Krisna, H. N., Machdani, S., & Munir, M. (2024). Microplastics in Indonesian land and aquatic environment: From research activities to regulation policies. *Marine Pollution Bulletin*, 206, 116813. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116813>
- Junus, S., Pradiza, R. R., Yusuf, M., Darsin, M., Jatisukamto, G., & Asrofi, M. (2026). Influence of lemon skin powder on the mechanical and thermal properties of polyvinyl alcohol (PVA)/cassava starch biocomposites prepared by solution casting method. *SINERGI*, 30(2), 361–370. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2026.2.004>
- Lim, R., Kiew, P. L., Lam, M. K., Yeoh, W. M., & Ho, M. Y. (2021). Corn starch/PVA bioplastics—The properties and biodegradability study using *Chlorella vulgaris* cultivation. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 16(3), e2622. <https://doi.org/10.1002/apj.2622>
- Lumbantoruan, C. S., Misran, E., & Masyithah, Z. (2024). Preparation and identification of local microorganisms (LMOs) using Lake Toba water and their utilization for plastic biodegradation. *Reaktor*, 24(2), 41–51. <https://doi.org/10.14710/reaktor.24.2.41-51>
- Nisaa, A. F. (2021). Kebijakan pengelolaan sampah plastik di Indonesia: Studi kasus Kota Surabaya. *Jurnal Purifikasi*, 20(1). <https://doi.org/10.12962/j25983806.v20.i1.401>
- Nizamuddin, S., Baloch, A. J., Chen, C., Arif, M., & Mubarak, N. M. (2024). Bio-based plastics, biodegradable plastics, and compostable plastics: Biodegradation mechanism, biodegradability standards and environmental stratagem. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 195, 105887. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2024.105887>
- Nugroho, A., Permadi, S. B., Legowo, A. C., & Wibowo, A. D. (2024). Biodegradable foam from cassava starch blended with water hyacinth fiber: Effects of polyvinyl alcohol content. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1354, 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1354/1/012021>
- Pradiza, R. R., Dwilaksana, D., Mahardika, M., Amanda, P., Ilyas, R. A., Asyraf, M. R. M., & Asrofi, M. (2025). Morphology and tensile properties of biocomposite based polyvinyl alcohol and cassava starch reinforced by lemon peel fiber. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 14(4), 549–555. <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2025.051>
- Pradiza, R. R., Ramadhana, F. R., Yusuf, M., Asrofi, M., Permadi, Y., Siswanto, D. H., Andrianto, D. T., & Hasan, A. (2025). Mechanical properties and biodegradability of polyvinyl alcohol and potato starch-based biocomposites with lemon peel powder filler. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*, 4(3), 120–130. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i3.335>





- Rahman, A. U., Zaki, L. M., & Kabeb, S. M. (2025). Enhancing sustainability: Polyvinyl alcohol bioplastic reinforced with cassava starch and eggshell. *AIP Conference Proceedings*, 3225(1), 020018. <https://doi.org/10.1063/5.0264671>
- Silviyati, I., Ningsih, A. S., Lidya, D., Supraptiah, E., Niati, S. M., & Satrio, B. (2026). Characterization of biodegradable foam from oil palm empty fruit bunch cellulose, cassava starch, and polyvinyl alcohol. *Al Ulum: Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(1), 78–87. <https://doi.org/10.31602/jst.v12i1.22977>
- Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Priatna, A., Patria, M. P., Suryadarma, M. W., Latuapo, N., Purwiyanto, A. I. S., & Zuraida, R. (2025). Microplastic contamination during the peak of upwelling in Maluku Sea, Indonesia. *Environmental Pollution*, 383, 126923. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126923>
- Wahyudi, M. N., Hartanti, A., Sari, D. A., Hakim, M. F., & Aeni, A. R. (2025). Bioplastics from avocado seed starch: Effects of chitosan and PVA on mechanical properties, water resistance, and biodegradability. *Journal of Chemical Process Engineering*, 10(1), 30–39. <https://doi.org/10.33096/jcpe.v10i1.1641>
- Yudi, Y., Syahbanu, I., & Wahyuni, N. (2025). Cassava-based bioplastic as a carrier medium for slow-release fertilizer. *Walisongo Journal of Chemistry*, 8(2), 204–217. <https://doi.org/10.21580/wjc.v8i2.23718>