

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT PISANG KEPOK DAN KULIT KAKAO DALAM PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE*

UTILIZATION OF KEPOK BANANA AND COCOA POD HUSK IN MAKING BIODEGRADABLE PLASTIC

Muhammad Erlangga*, Vonny Setiaries Johan, Yossie Kharisma Dewi

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kode Pos 28293, Pekanbaru

ABSTRAK

Plastik *biodegradable* adalah polimer yang dihasilkan dari bahan terbarukan. Salah satu cara pembuatannya antara lain dengan menggunakan pati yang berasal dari produk limbah organik, seperti kulit pisang. Penelitian ini berupaya untuk menentukan perbandingan ideal pati kulit pisang kepok dengan selulosa kulit buah kakao untuk produksi plastik *biodegradable* yang memenuhi standar SNI 7818:2014. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dengan perbandingan pati terhadap selulosa 10:0, 9:1, 8:2, dan 7:3, masing-masing diulang sebanyak empat kali sehingga menghasilkan total 16 satuan percobaan. Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan analisis varians (ANOVA), dan temuan signifikan kemudian diperiksa menggunakan uji jarak berganda *Duncan* (DMRT) pada ambang signifikansi 5%. Temuan menunjukkan bahwa perubahan rasio pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit buah kakao sangat memengaruhi karakteristik plastik *biodegradable*, termasuk penyerapan air, laju perpindahan uap air, kekuatan tarik, pemanjangan, dan laju biodegradasi. Rasio optimal dicapai dengan perlakuan 7:3 (pati:selulosa), yang menunjukkan kekuatan tarik 27,72 MPa, pemanjangan 1,5%, penyerapan air 28,96%, laju perpindahan uap air 0,228 g/m²/jam, dan durasi biodegradasi 12 hari.

Kata Kunci: *plastik biodegradable, kulit pisang, kulit kakao, pati, selulosa*

ABSTRACT

Biodegradable plastic is a polymer generated from renewable materials. One method of manufacture includes use starch derived from organic waste products, such as banana peels. This research sought to establish the ideal ratio of kepok banana peel starch to cocoa pod husk cellulose for the production of biodegradable plastic that complies with the SNI 7818:2014 standard. The study was executed experimentally employing a Completely Randomised Design (CRD), comprising four treatments with starch-to-cellulose ratios of 10:0, 9:1, 8:2, and 7:3, each replicated four times, yielding a total of 16 experimental units. Statistical analysis was conducted using analysis of variance (ANOVA), and significant findings were then examined using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance threshold. The findings indicated that altering the ratios of kepok banana peel starch and cocoa pod husk cellulose markedly influenced the characteristics of the biodegradable plastic, including water absorption, water vapour transfer rate, tensile strength, elongation, and biodegradation rate. The optimal ratio was achieved with the 7:3 (starch:cellulose) treatment, demonstrating a tensile strength of 27.72 MPa, elongation of 1.5%, water absorption of 28.96%, water vapour transfer rate of 0.228 g/m²/hour, and a biodegradation duration of 12 days.

Keywords: *biodegradable plastic, banana peels, cocoa pod husk, starch, cellulose*

Penulis Korespondensi:

m.erlangga225@gmail.com

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dimana sektor pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian nasional. Hal ini dibuktikan dengan besarnya jumlah penduduk yang bergerak di bidang pertanian dan besarnya kontribusi hasil pertanian terhadap pendapatan nasional. Pertanian, secara komprehensif, mencakup lima sektor: tanaman pangan, perkebunan, peternakan, perikanan, dan kehutanan. Jika kelima sektor ini dikelola dengan baik, maka berpotensi besar mendorong perkembangan perekonomian Indonesia di masa depan.

Buah pisang merupakan hasil pertanian yang sering diolah menjadi makanan dan banyak digemari. Menurut data Badan Pusat Statistik Nasional (2022), pada tahun 2021, produksi nasional pisang mencapai 8.741.147 ton. Permintaan terhadap pisang diproyeksikan akan terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya sentra industri rumahan yang menggunakan pisang sebagai bahan baku, salah satunya adalah pengolahan pisang kepek menjadi keripik. Meningkatnya aktivitas sektor pengolahan pisang kepek mengakibatkan meningkatnya limbah kulit pisang yang belum dimanfaatkan secara efektif dan dibuang begitu saja. Limbah kulit pisang memiliki kandungan pati yang dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan berbagai macam produk. Kulit pisang kepek memiliki kandungan pati 0,98% (Elisusanti *et al.*, 2019). Konsentrasi pati pada kulit pisang kepek menjadikan limbah ini sebagai bahan baku yang layak untuk pembuatan plastik *biodegradable*.

Memproduksi plastik *biodegradable* merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah penumpukan sampah plastik di Indonesia. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) (2020), Indonesia menghasilkan 69 juta ton sampah plastik pada tahun 2019. Sampah plastik sulit dicerna sehingga menyebabkan penumpukan yang signifikan dan kerusakan lingkungan (Sasoko, 2022).

Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik yang berasal dari bahan alami yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik biasa yang digunakan (Agustin dan Padmawijaya, 2016). Bahan utama yang digunakan dalam produksi plastik *biodegradable* biasanya berasal dari senyawa organik, khususnya polisakarida seperti pati, selulosa, pektin, dan kitosan; protein yang berasal dari sumber hewani dan nabati; produk yang diekstraksi dari mikroorganisme, seperti selulosa dari bakteri asetat dan polihidroksialkanoat dari bakteri; hasil sintesis bioteknologi, termasuk polilaktat

dan polisakarida mikroba; turunan petrokimia yang dapat terbiodegradasi seperti polipropilena yang dapat terurai secara hayati; dan alginat yang bersumber dari alga (Kumar dan Thakur, 2017). Plastik *biodegradable*, yang berasal dari pati dan selulosa, dapat diproduksi dengan menggunakan limbah kulit pisang dan kulit kakao sebagai sumber komponen-komponen ini.

Agustin dan Padmawijaya (2016) melakukan percobaan produksi plastik *biodegradable* dari kulit pisang kepek, mengidentifikasi perlakuan optimal dengan pati 30%, yang menghasilkan plastik *biodegradable* dengan kuat tarik 0,6012 MPa, perpanjangan putus 0,1688%, dan laju transmisi uap air (WVTR) 81,5263 g/m². Nilai kekuatan tarik dan elongasi dalam penelitian ini masih belum memadai, sehingga memerlukan penggunaan bahan pengisi, seperti selulosa, untuk meningkatkan sifat polimer *biodegradable*. Cangkang kakao merupakan salah satu komoditas pertanian yang mengandung selulosa. Kulit kakao mengandung 35,4% selulosa, 37% hemiselulosa, dan 14,7% lignin (Iqbal dan Haetami, 2019). Selulosa dan biopolimer lainnya dapat meningkatkan sifat plastik *biodegradable* berbasis pati (Sulityo dan Ismiyati, 2012).

Elisusanti *et al.* (2019) melakukan penelitian mengenai produksi plastik *biodegradable* dengan menggunakan pati kulit pisang kepek yang dikombinasikan dengan selulosa serbuk gergaji. Perlakuan paling efektif yang diidentifikasi dalam penyelidikan ini adalah penggabungan selulosa 2%, yang menghasilkan plastik *biodegradable* yang benar-benar hancur pada hari ke-15. Tulisyo dan Ismiyati (2012) melakukan penelitian lebih lanjut, mengidentifikasi perlakuan optimal dengan rasio pati singkong terhadap selulosa 8:2, menghasilkan plastik *biodegradable* dengan kekuatan tarik 10,32 MPa dan perpanjangan 27,91%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan optimal pati kulit pisang kepek terhadap selulosa kulit kakao untuk produksi plastik *biodegradable* sesuai SNI 7818:2014.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Penelitian ini memanfaatkan kulit pisang kepek mentah yang bersumber dari UMKM keripik pisang kepek Dua Saudara di Tangkerang Tengah Kec. Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru, dan cangkang kakao yang diperoleh dari petani kakao di Kecamatan Rumbai, Kota Pekanbaru, beserta air suling, gliserol, silika gel, tanah, kompos, hidrogen peroksida, dan NaOH.

Alat yang digunakan antara lain *Universal Testing Machine* (UTM), desikator, *hot plate*, oven, blender, ember, pH meter, timbangan, ayakan 80 *mesh*, gelas, mortar, pengaduk magnet, cetakan kaca ukuran 25×15 cm, cawan petri, tabung reaksi, pot tanaman, gunting, pisau, dan penggaris.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metodologi eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) non faktorial yang meliputi 4 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga menghasilkan 16 satuan percobaan. Prosedur dasar untuk memproduksi plastik *biodegradable*, seperti diuraikan oleh Tulisyo dan Ismiyati (2012), melibatkan perbandingan pati kulit pisang kepok dengan selulosa kulit kakao sebagai berikut:

- P1 = Pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao (10:0)
- P2 = Pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao (9:1)
- P3 = Pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao (8:2)
- P4 = Pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao (7:3)

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Pati Kulit Pisang

Produksi pati dari kulit pisang dilakukan oleh Widyaningsih *et al.* (2012). Bersihkan kulit pisang, lalu pisahkan lapisan luar dari lapisan dalam lalu potong-potong. Kulit pisang dihaluskan menggunakan blender pasca diiris. Kulit pisang yang telah dihaluskan kemudian disaring melalui kain saring ke dalam wadah. Residu dari filter selanjutnya dikompres hingga tidak ada lagi sari yang terekstraksi. Filtrat yang telah disaring didiamkan selama 48 jam hingga pati mengendap sempurna. Endapan pati dikeringkan dalam oven dengan suhu sekitar 50°C selama 2 jam hingga benar-benar kering. Residu pati yang telah kering kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortar.

Pembuatan Selulosa dari Kulit Kakao

Pembuatan selulosa dari kulit kakao mengacu pada Azmin *et al.* (2020). Kulit kakao diiris-iris setebal 1 cm, kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama satu minggu hingga menjadi kering yang ditandai dengan mudahnya pecahnya cangkang kakao. Cangkang kakao kering kemudian dicampur dan diayak melalui saringan berukuran 80 *mesh* untuk menghasilkan bubuk halus untuk ekstraksi. P yang ditandai dengan kulit kakao yang mudah dipatahkan. Kulit kakao yang telah kering kemudian

untuk menghasilkan bubuk halus untuk ekstraksi. Ekstraksi cangkang kakao dilakukan dengan cara merendam 40 g bubuk cangkang kakao yang telah digiling halus ke dalam 700 ml larutan NaOH 1 mol/L selama tiga jam. Bubuk cangkang kakao selanjutnya dibilas dengan air suling untuk menghilangkan residu NaOH hingga tercapai pH netral. Serbuk cangkang kakao dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C, dilanjutkan dengan prosedur pemutihan selama 45 menit pada suhu 70°C di atas *hot plate* dengan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂) sebagai bahan pemutih. Bubuk cangkang kakao yang telah diputihkan dibilas dengan air suling untuk menghilangkan residu H₂O₂. pH sampel kemudian diukur menggunakan pH meter. Sampel dengan pH netral kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Sampel kering kemudian dihaluskan untuk menghasilkan bubuk selulosa.

Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Produksi plastik *biodegradable* dilakukan Tulisyo dan Ismiyati (2012). Bubuk pati pisang kepok dan selulosa cangkang kakao diukur sesuai dengan spesifikasi perlakuan. Setelah ditimbang, pati dan selulosa dipindahkan ke dalam gelas ukur. Gelas ukur yang berisi pati dan selulosa kemudian dicampur dengan 250 ml air suling. Gelas ukur yang berisi larutan kanji dan selulosa dipanaskan hingga 90°C di atas *hot plate* dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 25 menit. Gliserol dimasukkan ke dalam larutan pati dan selulosa dan dicampur hingga seragam. Cairan seragam didinginkan sampai suhu kamar lalu dituangkan ke dalam cetakan berukuran 25×15 cm. Cetakan yang berisi adonan dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 24 jam.

Uji Kuat Tarik

Pengujian kekuatan tarik dirujuk oleh Zuhra *et al.* (2017). Pengujian kekuatan tarik plastik *biodegradable* dilakukan melalui alat uji tarik. Prosedur pengujian dimulai dengan pemotongan spesimen plastik *biodegradable* berukuran panjang 4 cm dan lebar 4 cm. Pengaturan alat uji tarik ditetapkan pada kecepatan tarik 50 mm/menit dan beban maksimum 10 kgf. Spesimen kemudian diamankan dalam alat uji tarik dan diberi tekanan sampai terjadi kegagalan. Setiap sampel menjalani empat tes untuk memverifikasi ketepatan temuan. Kekuatan putus (kekuatan tarik) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$s = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

σ = Kuat putus bahan polimer (Mpa)

F = Beban pada saat putus (kgf)

A = Luas penampang bahan polimer (mm²)

Uji Elongasi

Perpanjangan putus dinilai pada berbagai sampel menurut Maladi (2019). Uji pemanjangan plastik *biodegradable* dilakukan melalui peralatan pengujian yang komprehensif. Benda uji plastik ditempatkan dalam ruangan selama 24 jam, dan benda uji yang ditunjuk untuk pengujian dipotong dengan ukuran 2×8 cm. Tes ini melibatkan pengamanan kedua ujung sampel dan kemudian mengukur panjang awal sebelum menerapkan beban. Plastik *biodegradable* kemudian dievaluasi dengan mengamankannya dan memberi beban. Pemanjangan dipastikan dengan mengukur pertambahan panjang plastik sebelum patah. % perpanjangan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$e(\%) = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

L = panjang akhir benda uji

L₀ = panjang awal benda uji

Uji Daya Serap Air

Tata cara pengujian kapasitas resapan air dijelaskan oleh Saputra dan Supriyo (2020). Uji penyerapan air dilakukan untuk mengetahui massa plastik *biodegradable* setelah penyerapan air. Dengan mengisi tabung reaksi dengan air deionisasi. Selanjutnya plastik *biodegradable* dipotong berukuran 3×3 cm dan ditimbang. Plastik *biodegradable* yang terfragmentasi ditempatkan dalam gelas kimia dan didiamkan selama satu menit. Setelah satu menit, plastik *biodegradable* diekstraksi, kemudian permukaannya dilap dengan tisu kering, kemudian plastik *biodegradable* ditimbang menggunakan berat (w) yang telah direndam dalam tabung reaksi. Daya serap air ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Daya serap air (100\%)} = \frac{w_{\text{akhir}} - w_{\text{awal}}}{w_{\text{awal}}} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan :

W_{awal} = berat plastik *biodegradable* sebelum direndam akuades

W_{akhir} = berat plastik *biodegradable* setelah direndam akuades

Uji Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Laju perpindahan uap air diuji sesuai dengan pendekatan yang digunakan oleh Sara (2015). Pengujian ini bertujuan untuk mengukur permeabilitas plastik *biodegradable* terhadap uap air. Teknik pengujiannya dimulai dengan mengisi cangkir porselen dengan 3 g silika gel, kemudian menutupinya dengan sampel plastik *biodegradable*. Cawan porselen kemudian ditimbang dan dimasukkan ke dalam desikator yang berisi air. Pertambahan berat cangkir porselen dipantau dan didokumentasikan setiap jam selama 5 jam untuk memastikan laju perpindahan uap air. Hasil uji laju transmisi uap air (WVTR) kemudian dihitung menggunakan persamaan matematika.

$$WVTR = \frac{G/t}{A} \quad (4)$$

Keterangan :

WVTR = Water Vapour Transmission Rate (g/m²/jam)

G/t = selisih pertambahan berat per jam

A = luas sampel (m²)

Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi plastik *biodegradable* diacu oleh Budianto (2019). Plastik *biodegradable* dipotong-potong berukuran 4×4 cm, kemudian dikubur dalam gelas plastik berisi tanah hitam sedalam 12 cm. Penilaian kualitatif dilakukan terhadap plastik *biodegradable*. Pengamatan dilakukan dua kali sehari selama 10 hari hingga sampel tanah memburuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Plastik *biodegradable* berkualitas tinggi berfungsi serupa dengan plastik konvensional, yaitu memberikan perlindungan terhadap benda-benda dari berbagai kerusakan sekaligus mudah terurai, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sampah plastik. Temuan penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Kuat Tarik

Pengujian kekuatan tarik bertujuan untuk mengevaluasi kualitas mekanis plastik *biodegradable*

dalam menahan gaya tarik tertinggi yang diterapkan. Temuan analisis varians menunjukkan bahwa proporsi pati kulit pisang kepok terhadap selulosa kulit kakao berpengaruh nyata terhadap kekuatan tarik plastik *biodegradable*. Tabel 1 menyajikan nilai kekuatan tarik rata-rata untuk polimer *biodegradable*.

Kekuatan tarik plastik *biodegradable*, yang diperoleh dari perbandingan pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao yang berbeda, berkisar antara 15,23 hingga 27,72 MPa, seperti terlihat pada Tabel 1. Kekuatan tarik maksimum tercatat pada perlakuan P4, menggunakan perbandingan 7:3 antara pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao, sebesar 27,72 MPa, yang menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan nilai kuat tarik minimum tercatat pada perlakuan P1 dengan perbandingan pati terhadap selulosa 10:0 yaitu 15,23 MPa.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengurangan pati kulit pisang kepok dan peningkatan selulosa kulit kakao menghasilkan peningkatan kekuatan tarik plastik *biodegradable*, yang disebabkan oleh interaksi molekuler antara rantai selulosa dari cangkang kakao dan pati dari kulit pisang kepok. Interaksi ini mempengaruhi pembentukan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil (OH) pada pati dan gugus karboksil (COOH) pada selulosa, sehingga memperkuat hubungan antara matriks pati dan selulosa. Adanya ikatan hidrogen meningkatkan integritas struktural plastik, sehingga meningkatkan kekuatan tarik plastik *biodegradable*. Serat selulosa berkontribusi terhadap berkurangnya ruang pori dalam matriks plastik, sehingga meningkatkan kekuatan dan ketahanan tarik (Arum *et al.*, 2014). Kandungan selulosa yang lebih tinggi menghasilkan campuran yang lebih homogen dengan kekuatan tarik yang meningkat (Budianto *et al.*, 2019). Peningkatan kekuatan tarik plastik *biodegradable* bergantung pada keseragaman campuran pati dan selulosa; Homogenitas yang lebih besar menghasilkan ikatan yang lebih erat antara kedua komponen, sehingga menambah kekuatan plastik *biodegradable* (Sulityo dan Ismiyati, 2012). Nilai kekuatan tarik suatu plastik berkorelasi positif dengan keampuhannya sebagai bahan kemasan yang kuat dan tahan lama (Mandasari *et al.*, 2017).

Elongasi

Pengujian perpanjangan bertujuan untuk mengukur pertumbuhan panjang suatu material yang mengalami regangan hingga mencapai titik patahnya.

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa proporsi pati kulit pisang kepok terhadap selulosa kulit kakao berpengaruh nyata terhadap nilai pemanjangan plastik *biodegradable*. Nilai rata-rata pemanjangan plastik *biodegradable* ditunjukkan pada Tabel 1.

Nilai pemanjangan plastik *biodegradable* yang diperoleh dari perbedaan perbandingan pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao berkisar antara 1,5% hingga 9,25% seperti terlihat pada Tabel 1. Nilai pemanjangan maksimum sebesar 9,25% dicapai pada perlakuan P1 dengan perbandingan pati kulit pisang kepok terhadap selulosa kulit kakao (10:0). Hasil ini menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan perlakuan P3 dan P4, meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan P2. Sementara itu, nilai elongasi minimum terdapat pada perlakuan P4 (perbandingan pati selulosa 7:3) yaitu 1,5% yang menunjukkan perbedaan yang cukup besar dengan perlakuan P1 dan P2, meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3.

Berdasarkan temuan pada Tabel 1, penurunan pati kulit pisang kepok dan peningkatan selulosa kulit kakao menyebabkan penurunan nilai pemanjangan plastik *biodegradable*. Menambah selulosa dalam produksi plastik *biodegradable* akan mengurangi nilai pemanjangan, karena kekuatan dan kekakuan yang melekat pada selulosa menghambat deformasi atau perubahan bentuk plastik *biodegradable* ketika terkena tegangan. Plastik dengan kekuatan tarik tinggi memiliki struktur yang lebih padat dan menunjukkan ikatan molekuler yang kuat. Hidayati *et al.* (2019) mengatakan bahwa struktur yang tebal dan terikat erat ini membuat plastik lebih sulit untuk dipanjangkan. Ketika plastik memanjang, gaya tarik yang diberikan akan menyebabkan molekul plastik terlepas dari ikatannya.

Meningkatnya kandungan selulosa dalam plastik *biodegradable* akan menghasilkan matriks polimer yang lebih padat, sehingga meningkatkan kekuatan tarik (Ihsan dan Ratnawulan, 2023). Hal ini menghasilkan penurunan persentase pemanjangan plastik *biodegradable*. Nilai elongasi berbanding terbalik dengan kekuatan tarik. Intandiana *et al.* (2019) menegaskan bahwa peningkatan kandungan selulosa pada plastik *biodegradable* mengakibatkan penurunan % elongasi.

Daya Serap Air

Pengujian penyerapan air dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas plastik *biodegradable* dalam menyerap air. Temuan analisis varians menunjukkan bahwa proporsi pati kulit pisang kepok terhadap

selulosa kulit kakao berpengaruh nyata terhadap nilai penyerapan air plastik *biodegradable*. Tabel 1 menampilkan nilai rata-rata penyerapan air plastik *biodegradable*.

Analisis temuan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pengurangan persentase pati kulit pisang kepok sekaligus menambah fraksi selulosa kulit kakao mengakibatkan penurunan nilai penyerapan air pada plastik *biodegradable*. Peningkatan kadar selulosa menghambat kapasitas plastik untuk menyerap air. Proses ini dihasilkan dari interaksi molekuler antara selulosa dan pati yang menciptakan struktur lebih padat, sehingga menghambat kemampuan air untuk menyusup ke matriks plastik.

Penggabungan selulosa dalam produksi plastik *biodegradable* secara efektif mengurangi penyerapan air. Hal ini sejalan dengan temuan

Panjaitan *et al.* (2017), yang menunjukkan bahwa selulosa mengurangi karakteristik hidrofilik pati karena tidak larut dalam air. Peningkatan kandungan selulosa pada plastik mengakibatkan struktur molekul menjadi lebih kompak sehingga menurunkan kapasitas penyerapan air pada bahan tersebut (Jumiati *et al.*, 2023). Plastik *biodegradable* yang menunjukkan daya serap air yang rendah menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap air, sehingga mengurangi kerentanan terhadap korosi dan kerusakan jika terkena kelembapan. Sebaliknya, plastik *biodegradable* dengan daya serap air yang tinggi biasanya menunjukkan sifat mekanik yang berkurang, sehingga mengurangi kemanjurannya sebagai bahan pengemas (Azmin *et al.*, 2020).

Tabel 1. Hasil pengamatan plastis *biodegradable* pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao

Parameter Uji	Perlakuan			
	P1	P2	P3	P4
Kuat Tarik (MPa)	15,23 ^a	19,99 ^b	25,31 ^c	27,72 ^d
Elongasi (%)	9,25 ^b	7,00 ^b	3,75 ^a	1,50 ^a
Daya serap air (%)	98,00 ^a	87,69 ^b	39,48 ^c	28,96 ^d
Laju transmisi uap air (%)	0,458 ^c	0,364 ^{bc}	0,278 ^{ab}	0,228 ^a
Biodegradasi (hari)	8	8	10	12

Ket: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)



Gambar 1. Pengamatan biodegradasi plastik *biodegradable* selama masa penyimpanan

Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Tujuan pengujian laju transmisi uap air adalah untuk mengukur volume uap air yang meresap ke dalam plastik *biodegradable*. Temuan analisis varians menunjukkan bahwa proporsi pati kulit pisang kepok terhadap selulosa kulit kakao berpengaruh nyata terhadap laju perpindahan uap air plastik *biodegradable*. Nilai persentase rata-rata laju perpindahan uap air untuk plastik *biodegradable* ditunjukkan pada Tabel 1.

Temuan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa laju perpindahan uap air plastik *biodegradable* yang terdiri dari pati kulit pisang kepok dan selulosa kulit kakao bervariasi antara 0,228 hingga 0,458 g/m²/jam. Laju perpindahan uap air minimum untuk plastik *biodegradable* tercatat pada perlakuan P4, yang terdiri dari perbandingan pati kulit pisang kepok dengan selulosa kulit kakao 7:3, menghasilkan nilai sebesar 0,228 g/m²/jam. Hasil ini berbeda nyata dengan perlakuan P1 dan P2, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3. Laju perpindahan uap air maksimum untuk plastik *biodegradable* tercatat pada perlakuan P1, dengan rasio pati terhadap selulosa 10:0, khususnya 0,458 g/m²/jam.

Tabel 1 menunjukkan bahwa laju transfer uap air (WVTR) dalam polimer *biodegradable* berkurang seiring dengan peningkatan rasio selulosa dan penurunan rasio pati. Fenomena ini dapat dikaitkan dengan berkurangnya kapasitas penyerapan air pada plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* dengan kemampuan penyerapan air yang tinggi cenderung memiliki nilai WVTR yang lebih tinggi.

Penurunan WVTR tersebut dapat dijelaskan melalui pembentukan struktur jaringan pati-selulosa yang lebih dominan dalam struktur plastik *biodegradable*. Peningkatan jumlah matriks ini menghasilkan struktur jaringan yang semakin padat dan kompak. Adanya komponen polimer dengan konfigurasi rantai lurus dalam matriks tersebut membentuk jaringan antarsel yang rapat, sehingga menghambat pergerakan uap air melalui plastik *biodegradable* (Fiqinanti *et al.*, 2022). Peningkatan rasio selulosa mengakibatkan penurunan nilai WVTR. Hal ini terjadi karena selulosa mempunyai gugus fungsi hidroksil (O-H) yang mampu menyerap dan mengikat air sehingga menimbulkan resistensi terhadap molekul air (Affanti *et al.*, 2024). Plastik *biodegradable* dengan laju perpindahan uap air yang rendah dapat menghambat pertukaran kelembapan antara bahan yang dikemas dan lingkungan, sehingga menjadi bahan kemasan yang efektif (Azmin *et al.*, 2020).

Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk menilai kecepatan mikroorganisme di lingkungan menguraikan polimer yang dapat terbiodegradasi. Substrat yang digunakan dalam penilaian biodegradasi adalah tanah hitam yang dikombinasikan dengan kompos. Pengujian ini dilakukan di dalam tanah karena adanya mikroorganisme yang memudahkan proses biodegradasi. Tes ini dilakukan secara kualitatif dengan observasi visual. Gambar 1 mengilustrasikan perubahan rata-rata dalam uji biodegradasi kualitatif.

Gambar 1 menggambarkan bahwa plastik *biodegradable* yang terdiri dari pati kulit pisang kepok dan selulosa cangkang kakao mengalami penguraian antara 8 hingga 12 hari. Pada perlakuan P1 dan P2, plastik *biodegradable* mempunyai waktu hancur yang lebih cepat dibandingkan perlakuan P3 dan P4, terutama pada hari ke 8. Plastik *biodegradable* pada perlakuan P3 terurai pada hari ke 10, sedangkan perlakuan P4 mengalami pembusukan pada hari ke 12. Gambar 1 menunjukkan bahwa penurunan rasio pati kulit pisang kepok, ditambah dengan peningkatan rasio selulosa kulit kakao, menghasilkan degradasi plastik yang lebih lambat. Hal ini disebabkan terbatasnya kemampuan penyerapan air pada plastik *biodegradable* yang memiliki kandungan selulosa lebih tinggi.

Penelitian ini mengaitkan erat proses biodegradasi dengan kemampuan penyerapan air. Berkurangnya kadar pati dan peningkatan kandungan selulosa dalam plastik *biodegradable* mengakibatkan berkurangnya penyerapan air, sehingga memperpanjang proses dekomposisi. Proses degradasi plastik atau polimer seringkali melibatkan peristiwa hidrolisis, yaitu pembelahan rantai acak pada gugus fungsi, sehingga mengakibatkan penurunan berat molekul. Proses hidrolisis dipengaruhi oleh laju difusi air melalui polimer (Purbasari *et al.*, 2020). Laju dekomposisi ditentukan oleh kapasitas penyerapan air bahan polimer, karena air menciptakan lingkungan yang menguntungkan bagi bakteri untuk menyusup ke dalam struktur plastik *biodegradable*. Air berfungsi sebagai substrat bagi mikroorganisme tanah, sehingga kandungan air yang tinggi pada suatu zat memudahkan terjadinya degradasi plastik (Putra *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Penyelidikan menunjukkan bahwa penggunaan selulosa dalam produksi plastik *biodegradable* secara signifikan mempengaruhi banyak parameter pengujian, termasuk kapasitas penyerapan air, laju transfer uap air, kekuatan tarik,

perpanjangan, dan kemampuan terurai secara hayati. Formulasi yang mengandung pati kulit pisang kepok dengan selulosa kulit kakao dengan perbandingan 7:3 menunjukkan kemanjuran paling efektif di antara perlakuan yang dievaluasi. Perlakuan tersebut menghasilkan kapasitas penyerapan air sebesar 28,96%, laju perpindahan uap air sebesar 0,228 g/m²/jam, kuat tarik sebesar 27,72 MPa, perpanjangan sebesar 1,5%, dan lama degradasi selama 12 hari. Temuan ini menunjukkan bahwa rasio selulosa yang sesuai dapat meningkatkan karakteristik mekanik dan daya tahan polimer yang dapat terbiodegradasi, sekaligus menjaga kemampuan degradabilitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Affanti, R., Zulferiyenni, Nurainy, F., dan Hidayati, S. 2024. Karakteristik *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*. 3(1), 29–42.
- Agustin, Y. E., dan Padmawijaya, K. S. 2016. Sintesis bioplastik dari kitosan-pati kulit pisang kepok dengan penambahan zat aditif. *Jurnal Teknik Kimia*. 10(2), 40–48.
- Arum, S., Kusumastuti, L., dan Kusumastuti, E. 2014. Pembuatan dan karakterisasi bioplastik limbah biji mangga dengan penambahan selulosa dan gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3(2), 157–162.
- Azmin, S. N. H. M., Hayat, N. A. binti M., dan Nor, M. S. M. 2020. Development and characterization of food packaging bioplastik film from cocoa pod husk cellulose incorporated with sugarcane bagasse fibre. *Bioresources and Bioproduct*. (5): 248–255.
- Badan Pusat Statistika. 2024. *Statistik Indonesia 2024*. Badan Pusat Statistika. Jakarta.
- Badan Pusat Statistika. 2022. *Statistik Produksi Tanaman Buah-Buahan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 7818:2014 - Kantong plastik mudah terurai. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budianto, A., Ayu, D. F., dan Johan, V. S. 2019. Pemanfaatan pati ubi kayu dan selulosa kulit kacang tanah pada pembuatan plastik *Biodegradable*. *Jurnal Sagu*. 18(2): 11–18.
- Elisusanti, I. Illing, dan M. N. Alam. 2019. Pembuatan bioplastik berbahan dasar pati kulit pisang kepok selulosa serbuk kayu gergaji. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*. 1(1): 14–19.
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni, Susilawati, dan Nurainy. 2022. Karakteristik biodegradable film dari bekatul beras dan selulosa sekam padi. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*. 1(2), 283–292.
- Hidayati, S., Zulferiyenni, dan Satyajaya, W. (2019). Optimasi pembuatan *biodegradable film* dari selulosa limbah padat rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan penambahan gliserol, kitosan, CMC dan tapioka. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI)*. 22(2), 340–354.
- Ihsan, M. B., dan Ratnawulan. (2023). Effect of carboxymethyl cellulose (CMC) addition on the quality of biodegradable plastic from corn cob. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 9(7), 5117–5125.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., dan Affifah, I. (2019). Pengaruh karakteristik bioplastik pati singkong dan selulosa mikrokristalin terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 4(2), 185.
- Iqbal, O. M., dan Haetami, A. (2019). Karakterisasi selulosa dari limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) dengan variasi waktu pemanasan. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*. 4(3), 212–216.
- Jumiati, E., Husnah, M., dan Nafisah, S. (2023). Analisis sifat mekanik plastik *biodegradable* pati biji alpukat dan selulosa sekam padi. *Indonesian Physics Communication*. 20(1), 69–74.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Status Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2020*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.
- Kumar, S., dan Thakur, K. (2017). Bioplastiks-classification, production and their potential food applications. *Journal of Hill Agriculture*. 8(2), 118.
- Maladi, I. (2019). Pembuatan Bioplastik Bernaham Dasar Pati Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) Dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol Dan Bio-Compatible Zink Oksida. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Mandasari, A., Safitri, M. F., Risa Perangin-angin, E., Sunarwati, D., Safitri, W. D., dan Nasution, H. I. (2017). Characterization of tensile strength test of biodegradable plastic film from empty palm oil bunches with zinc oxide and glycerol reinforcement. *Jurnal Einstein (Jurnal Hasil Penelitian Bidang Fisika)*. 5(6), 1–8.

- Panjaitan, R. M., Irdoni, dan Bahrudin. 2017. Pengaruh kadar dan ukuran selulosa berbasis batang pisang terhadap sifat dan morfologi bioplastik berbahan pati umbi talas. *JOM FTEKNIK*. 4(1), 1–7.
- Purbasari, A., Wulandari, A., dan Marasabessy, F. M. 2020. Sifat mekanis dan fisis bioplastik dari limbah kulit pisang: pengaruh jenis dan konsentrasi pemlastis. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 42(2), 66.
- Putra, A. D., Amri, I., dan Irdoni. 2019. Sintesis bioplastik berbahan dasar pati jagung dengan penambahan *filler* selulosa serat daun nanas (*Ananas cosmosus*). *JOM FTEKNIK*. 6(1), 1–8.
- Saputra, M. R. B., dan Supriyo, E. 2020. Pembuatan plastik *biodegradable* menggunakan pati dengan penambahan katalis ZnO dan *stabilizer* gliserol. *Pentana*. 1(1), 41–51.
- Sara, N. E. M. 2015. Karakteristik *Edible Film* Berbahan Dasar Dangke dan Agar Dengan Penambahan Kosentrasi Sorbitol. Skripsi. Universitas Hasanuddin Makasar.
- Sasoko, D. M. 2022. Bank sampah, sebuah upaya mengurangi jumlah produksi sampah rumah tangga (studi kasus bank sampah barokah, RW.07 kompleks perumahan BDN-Rangkapan Jaya Baru-Pancoran Mas-Kota Depok). *Jurnal Gentala Pendidikan Dasar*. 21(2).
- Sulityo, H. W., dan Ismiyati. 2012. Pengaruh formulasi pati singkong–selulosa terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas pada pembuatan bioplastik. *Konversi*. 1(2), 23–30.
- Widyaningsih, S., Karitika, D., dan Nurhayati, Y. T. 2012. Pengaruh penambahan sorbitol dan kalsium karbonat terhadap karakteristik dan sifat *biodegradable film* dari pati kulit pisang. *Molekul*. 7(1), 69–81.
- Zuhra, Hasan, M., dan Nasir, M. 2017. Pembuatan plastik *biodegradable* dari kitosan, pati bonggol pisang (*Musa paradisiaca* L), dan minyak jarak (*Castor oil*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia*. 2(3), 173–182.