p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Karakteristik biodegradable spoon berbasis limbah ampas rumput laut dengan perlakuan waktu pengeringan dan beban cetak yang berbeda

Andrew Setiawan Rusdianto*, Winda Amilia, Aprilia Herawati Pramono

Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia

Article history
Diterima:
1 Juli 2024
Diperbaiki:
24 Maret 2025
Disetujui:
27 Mei 2025

Keyword
synbiotic;
taro;
taro flour;
yoghurt;

ABSTRACT

Biodegradable spoon is a biocomposite product based on sago starch, seaweed pulp, and glycerol. The method used in making the spoon composite is gelatinization through heating process. This study aims to determine the effect of molding load treatment and drying time on the characteristics of the resulting spoon composite and determine the best treatment of all samples made. This study used a two-factor Completely Randomized Design (CRD), namely variations in molding load and drying time. The results showed a significant effect on the level of brightness, density, moisture content, water resistance, and biodegradation. The brightness level of the spoons ranged from 69.63 to 81.30. The highest spoon density was 1.20 g/cm3. The moisture content of the ranged from 3.49% to 1.31%. The addition of molding load and drying time also had an effect in reducing the durability and biodegradability of the composite which ranged from 26.16% to 10.77%. Based on the results, the spoon composite sample with the best treatment is the sample with a molding load of 10 kg and a drying time of 30 minutes.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : andrew.ftp@unej.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v20i3.26270

PENDAHULUAN

Plastik banyak digunakan sebagai bahan pengemas produk pangan karena memiliki sifat ringan, kuat, mudah dibentuk, dan biaya produksinya yang tergolong murah. Berdasarkan data Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS) tahun 2020, konsumsi plastik di Indonesia mengalami kenaikan sebanyak 5% yakni mencapai 6,2 juta ton (Sabila et al. 2023). Menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2019, sebanyak 3,2 juta ton sampah plastik terakumulasi di lautan Indonesia. Plastik sekali pakai (*disposable plastics*) seperti sendok plastik yang digunakan dalam skala besar berkontribusi terhadap penumpukan sampah plastik di lingkungan. Fenomena penumpukan sampah plastik ini memiliki dampak yang cukup siginifikan karena proses degradasinya yang rendah. Perlu adanya alternatif untuk mengatasi fenomena tersebut, salah satunya dengan menggunakan bioplastik. Bioplastik merupakan salah satu alternatif plastik yang ramah lingkungan karena terbuat dari bahan alami yang mudah terurai.

Bioplastik adalah plastik yang tersusun dari polimer organik dengan fungsi yang sama dengan plastik konvensional. Menurut Aripin et al. (2017), bioplastik memiliki kemampuan degradasi yang baik melalui penguraian mikroorganisme maupun tekanan cuaca yang ekstrim. Bahan - bahan alami yang dapat digunakan untuk membuat bioplastik adalah pati dan selulosa. Pati dapat membentuk lapisan *film* yang menyerupai plastik dan berperan sebagai bahan pengikat pada pembuatan bioplastik. Bioplastik berbasis pati dan selulosa memiliki karakteristik fisik dan fungsional yang cukup mirip dengan plastik konvensional dengan keunggulan mudah terurai.

Ampas rumput laut memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable spoon* karena mengandung selulosa. Ampas rumput laut yang digunakan berasal dari hasil samping pengolahan agar – agar tepung. Selulosa dalam ampas rumput laut dapat membentuk hidrokoloid yang cocok untuk dijadikan biokomposit. Karakteristik plastik *biodegradable* berbasis pati dan selulosa umumnya masih bersifat kaku, mudah rapuh, dan kurang resisten terhadap air sehingga perlu penambahan *plasticizer* untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang dapat meningkatkan elastisitas pada biokomposit.

Variasi waktu pengeringan dan beban cetak digunakan sebagai acuan perancangan cetakan sendok otomatis *(automatic injection spoon molding)*. Beban cetak diasumsikan sebagai tekanan cetak. Penelitian Siregar et al. (2019) menunjukkan bahwa tekanan cetak yang optimal menghasilkan produk dengan struktur yang lebih kompak dan seragam. Bioplastik dengan struktur kompak memiliki daya tekan yang semakin tinggi sehingga ketahanan airnya semakin baik. Pada penelitian Utomo et al. (2013), waktu pengeringan berpengaruh terhadap kekuatan bioplastik. Waktu pengeringan yang optimal dapat membentuk biokomposit sehingga sifat mekaniknya semakin baik. Berdasarkan pernyataan tersebut, karakteristik *biodegradable spoon* yang diharapkan yakni bersifat *rigid,* memiliki resistensi air yang baik, ergonomis saat digenggam, dan dapat terurai dalam jangka waktu yang pendek. *Biodegradable spoon* berbasis ampas rumput laut dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti sendok atau garpu plastik sekali pakai yang umum ditemui pada produk mie *cup* instan atau es krim *cup*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *biodegradable spoon* serta menentukan waktu pengeringan dan beban cetak terbaik dalam pembuatan *biodegradable spoon* berbasis ampas rumput laut.

METODE

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah neraca digital, gelas beker, gelas ukur, *sauce pan,* kompor, thermometer, *oven,* Loyang, baskom, sendok, cetakan *molding* sendok, batu bata, plastic klip, spidol, kertas label, *cup* plastic, *thickness gauge* 0,01 mm, jangka sorong 0,02 mm, busur, dan sarung tangan tebal.

Bahan

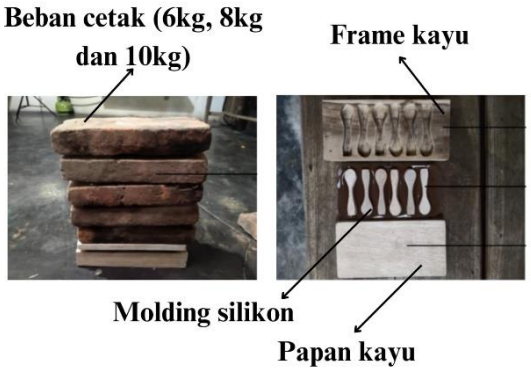
Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya pati sagu, limbah ampas rumput laut, air, gliserol, dan tanah humus.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan RAL (Rancangan Acak Lengkap) 2 faktor yaitu variasi waktu dan beban cetak. Variasi waktu yang digunakan yakni 20 menit, 25 menit, dan 30 menit. Variasi beban yang digunakan diantaranya 6 kg, 8 kg, dan 10 kg.

Pembuatan Sendok *Biodegradable*

Proses pembuatan *biodegradable spoon* diawali dengan menimbang 5 g tepung ampas rumput laut dan 20 g pati sagu menggunakan neraca digital serta akuades sebanyak 20 ml. pati sagu dihomogenisasi dengan air dalam *sauce pan* selama 5 menit bersuhu antara 60-70°C lalu ditambahkan gliserol sebanyak 6 ml. Adonan pati yang telah tergelatinisasi ditambahkan ampas rumput laut dan diuleni hingga kalis. Adonan *biodegradable spoon* yang sudah kalis dicetak dalam cetakan sendok dan ditekan menggunakan beban seberat 6 kg, 8 kg, dan 10 kg. *Biodegradable spoon* yang telah dicetak di *oven* pada suhu 200°C (Dordevic et al. 2021) dengan kurun waktu 20 menit, 25 menit, dan 30 menit. Rancangan alat pencetak *biodegradable spoon* tersaji pada Gambar 1.

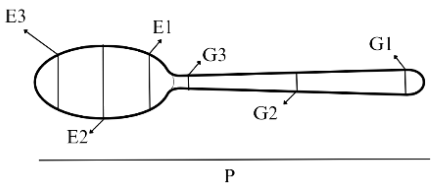


Gambar 1 Komponen alat cetak sendok

Parameter Pengujian

Analisis Dimensi Fisik

Analisis dimensi fisik meliputi pengukuran panjang, lebar, dan ketebalan sendok. Panjang sendok terhitung dari ujung kepala hingga ujung gagang sendok. Pengukuran lebar dan ketebalan sendok dibagi menjadi 2 bagian yakni kepala dan gagang sendok. Hasil pengukuran dimensi sendok sampel selanjutnya dibandingkan dengan sendok plastik kontrol. Pengukuran dimensi fisik sendok disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengukuran dimensi sendok

Keterangan :
P = panjang sendok (mm)
E1 = pangkal kepala sendok (mm)
E2 = tengah kepala sendok (mm)
E3 = ujung kepala sendok (mm)
G1 = ujung gagang sendok (mm)
G2 = tengah gagang sendok (mm)
G3 = pangkal gagang sendok (mm)

Uji Tingkat Kecerahan

Pengujian kecerahan dilakukan menggunakan *color reader.* Alat dikalibrasikan terlebih dahulu dengan standar warna putih yang terdapat pada alat tersebut. Warna sampel dicirikan dengan nilai L yang memiliki kecenderungan warna akrobatis (putih, abu – abu, hitam) yang memiliki nilai berkisar antara 0 -100.

Uji Densitas

Kerapatan atau densitas *biodegradable spoon* diukur menggunakan metode sederhana yaitu menimbang berat awal sendok dan menghitung volume sendok. Volume sendok dihitung dengan cara merendam sendok ke dalam gelas ukur yang sudah terisi air. Nilai volume sendok didapatkan dari selisih antara berat akhir gelas ukur yang sudah terisi *biodegradable spoon* dan berat awal gelas ukur sebelum diisi dengan *biodegradable spoon*. Satuan densitas yang digunakan adalah g/cm^3. Rumus perhitungan densitas *biodegradable spoon* tersaji pada Persamaan (1).

$$Densitas\ (\rho) = \frac{m}{V} \qquad (1)$$

Keterangan :
ρ = densitas (g/cm^3)
m = massa *biodegradable spoon* (g)
V = volume *biodegradsxdable spoon* (cm^3)

Uji Kadar Air (AOAC. 2012)

Pengujian kadar air dilakukan dengan menimbang *biodegradable spoon* menggunakan neraca digital untuk mengetahui berat awalnya. Sampel diletakkan di atas loyang kemudian dimasukkan dalam oven bersuhu 105°C selama 4 jam. Berat akhir *biodegradable spoon* ditimbang menggunakan neraca digital setelah suhu *biodegradable spoon* turun dan beratnya konstan. Nilai kadar air didapatkan melalui rumus perhitungan pada Persamaan (2).

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{(W - W_1)}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :
W = berat awal *biodegradable spoon* (g)
W1 = berat akhir *biodegradable spoon* setelah pengovenan (g)

Uji Ketahanan Air (Wahyunita et al. 2022)

Pengujian ketahanan dalam air digunakan untuk mengetahui ketahanan dan kestabilan *biodegradable spoon* terhadap pengaruh air. Uji ketahanan dalam air dilakukan dengan mengambil sampel kemudian diletakkan pada masing - masing *cup* plastik berisi 100 mL air bersuhu 80°C. Uji ketahanan air dilakukan dengan menimbang berat *biodegradable spoon* dan derajat kelengkungan sebelum direndam dan setelah terendam setiap 5 menit selama 30 menit.

Uji Biodegradasi (Dewi et al. 2020)

Analisis biodegradasi bertujuan untuk mengetahui seberapa lama *biodegradable spoon* dapat terurai dalam tanah. Pengujian biodegradasi dilakukan dengan metode *soil burial test,* yakni dengan mengubur sampel dalam tanah humus. Tanah humus yang digunakan adalah campuran tanah biasa dan kompos dengan perbandingan 1:1. Sampel dikubur dalam *cup* plastik yang telah terisi tanah humus. Analisis biodegradasi dilakukan dalam kurun waktu 21 hari. Hasil biodegradasi sampel berupa berat sampel sebelum dan sesudah penguraian. Persentase kehilangan massa dihitung menggunakan rumus pada Persamaan (3).

$$Kehilangan\ berat\ (\%) = \frac{(W - W_1)}{W} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :
W = berat awal sampel sebelum uji biodegradasi (g)
W1 = berat akhir sampel setelah uji biodegradasi (g)

Metode Analisa Data

Data hasil penelitian diolah menggunakan *microsoft excel* dan dianalisis menggunakan *software* SPSS 23 dengan metode *Analysis of variance* (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95%. Apabila didapatkan hasil berbeda nyata maka dilakukukan uji lanjutan dengan uji *Duncan's multiple range test* (DMRT). Penentuan perlakuan terbaik menggunakan *multiple attribute* dengan metode Zeleny.

HASIL DAN PEMBAHASAN

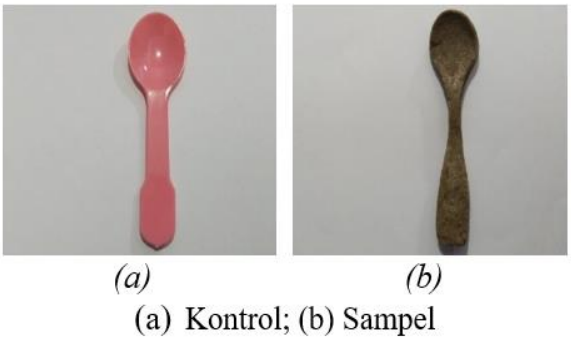
Analisis Dimensi Fisik

Biodegradable spoon terbuat dari tiga bahan utama diantaranya pati sagu, ampas rumput laut, dan gliserol sebagai agen pemlastis. Interaksi pati dan selulosa melalui proses gelatinisasi akan membentuk ikatan hidrogen yang kuat sehingga *biodegradable spoon* yang dihasilkan memiliki struktur yang lebih kuat. Gugus hidroksil (O-H) pada pati dan karboksil (COOH) pada selulosa menyebabkan adanya ikatan hidrogen sehingga kekuatan komposit menjadi semakin meningkat. Bioplastik yang dibuat tanpa tambahan *plasticizer* umumnya bersifat kaku dan rentan putus, oleh karena itu diperlukan *plasticizer* seperti gliserol untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Penambahan *plasticizer* seperti gliserol berfungsi untuk memberikan elastisitas pada *biodegradable spoon* yang dihasilkan. Gliserol dapat menurunkan kekuatan intermolekuler bioplastik diantara rantai polimer dan meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Gliserol memberikan kerenggangan pada ikatan antara pati dan selulosa sehingga jarak intermolekuler menjadi lebih besar (Kamsiati et al. 2017).

Uji dimensi fisik bertujuan untuk membandingkan *biodegradable spoon* dengan sendok plastik konvensional yang telah terkalibrasi. Pengukuran dilakukan pada sendok plastik sebagai perlakuan kontrol. Data sendok kontrol selanjutnya dibandingkan dengan data *biodegradable spoon*. Pengukuran dimensi yang dilakukan meliputi panjang, lebar, dan ketebalan sendok. Pengukuran panjang, lebar, dan ketebalan *biodegradable spoon* ditujukan untuk mengetahui apakah parameter tersebut telah memiliki fungsi yang serupa dengan sendok kontrol. Hasil perbandingan pengukuran dimensi *biodegradable spoon* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan hasil bahwa rata-rata panjang dan lebar *biodegradable spoon* lebih besar dibandingkan sendok kontrol. *Biodegradable spoon* terbentuk dari cetakan silikon, sedangkan sendok kontrol terbentuk dari cetakan injeksi *molding* plastik yang pada penelitian ini memiliki perbedaan ukuran dengan cetakan silikon. *Biodegradable spoon* yang dihasilkan semakin lebar seiring lama pengeringan dan besar beban cetak. Fenomena ini diduga disebabkan waktu pengeringan yang semakin lama menyebabkan partikel dalam *biodegradable spoon* membentuk lapisan yang

lebih lebar. Beban cetak yang semakin besar dapat menambah tekanan press adonan sehingga komposit yang dihasilkan menjadi lebih padat dan tipis. Menurut Utomo et al. (2013) penambahan waktu pengeringan dapat merubah sifat fisika bioplastik karena proses pemanasan menyebabkan pati tergelatinisasi sehingga sel – sel nya pecah dan membentuk lapisan yang lebih luas.



Gambar 3 Penampakan sendok kontrol dan sendok sampel

Biodegradable spoon memiliki rata-rata ketebalan yang lebih besar dibandingkan sendok kontrol. Ketebalan *biodegradable spoon* yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya berat adonan per satuan cetakan sendok, waktu pengeringan, dan besar tekanan cetak. Berat adonan per satuan cetakan sendok dapat mempengaruhi ketebalan *biodegradable spoon* yang dihasilkan, yakni semakin banyak adonan yang dibutuhkan maka sendok menjadi lebih tebal. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Cahyaningtyas et al. (2019) yang menyebutkan semakin bertambahnya jumlah komponen yang digunakan dengan cetakan yang sama dapat menambah total padatan dan polimer penyusun matriks sehingga ketebalan komposit akan bertambah. Penampakan sendok kontrol dan sendok sampel disajikan pada Gambar 3.

Biodegradable spoon masih memiliki kelemahan yakni mudah patah jika bentuknya tipis sehingga pada penelitian ini ketebalan sendok dibuat menjadi lebih tebal. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *biodegradable spoon* masih belum memiliki struktur yang kuat. Ketebalan yang tinggi pada sendok menyebabkan ikatan antara bahan penyusunnya semakin banyak sehingga rantainya semakin panjang. Menurut Putri et al. (2024), jika adonan yang ditambahkan semakin besar akan menyebabkan pembentukan matriks menjadi banyak sehingga struktur matriks semakin kuat. Selulosa ampas rumput laut memiliki peran terpenting dalam kekuatan *biodegradable spoon* yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan selulosa dapat memberikan sifat kaku *(rigid)* sehingga *biodegradable spoon* menjadi keras. *Biodegradable spoon* yang dihasilkan dinilai kurang ergonomis karena kurang nyaman saat digenggam dan digunakan untuk menyendok sehingga perlu penambahan bahan penguat pada adonan sendok supaya sendok memiliki struktur kuat dengan bentuk lebih tipis.

Tabel 1 Pengukuran dimensi sendok control dan *biodegradable spoon*

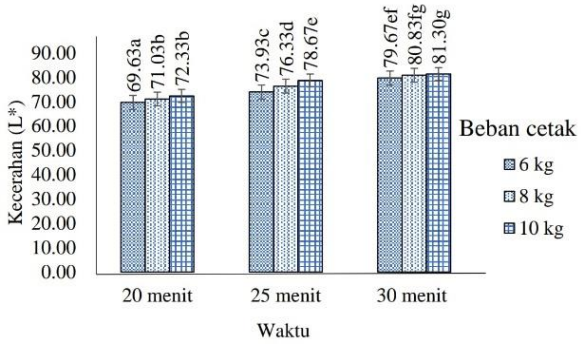
No	Pengukuran	Sampel	
		Sendok kontrol	*Biodegradable spoon*
		Nilai	Nilai
1	Panjang (mm)	75,00	88,76 ± 0,13
2	Lebar (mm)		
	E1	13,24	11,54 ± 0,11
	E2	20,00	20,79 ± 0,10
	E3	17,56	16,76 ± 0,15
	G1	12,20	13,09 ± 0,06
	G2	10,04	74,20 ± 0,08
	G3	7,80	62,50 ± 0,09
3	Ketebalan (mm)		
	E2	2,18	40,59 ± 0,82
	G1	1,02	44,10 ± 0,62
	G2	1,11	48,31 ± 0,62
	G3	1,07	52,37 ± 0,48

Sumber : Data Pengamatan (2024)

Upaya yang dapat dilakukan untuk memperkuat struktur bioplastik yakni dengan menambahkan bahan pengisi atau *filler. Filler* dengan kadar yang semakin besar pada bioplastik menyebabkan jenis ikatan pada bioplastik semakin banyak sehingga ikatan kimianya sulit diputus. Hal ini yang menyebabkan penambahan *filler* dapat meningkatkan sifat mekanik bioplastik. Rafid et al. (2021) menyatakan bahwa penambahan konsentrasi *filler Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) sebanyak 5-20 wt%, 2-3 wt% *Cellulose Nanofibril* (CNF), 10-100 wt% Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), 2-6 wt% *Zinc Oxide* (ZnO), dan 2-4 wt% kitosan memenuhi syarat sifat mekanik plastik LDPE berdasarkan nilai kuat tarik, kekakuan, dan elongasi.

Uji Tingkat Kecerahan

Uji kecerahan dilakukan dengan cara menempatkan sendok yang telah terbungkus plastik bening pada sensor alat. Hasil uji tingkat kecerahan sendok *biodegradable* disajikan pada Gambar 4.



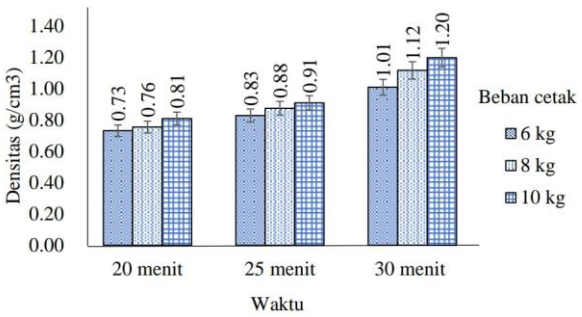
Gambar 4 Hasil uji kecerahan biodegradable spoon

Sendok yang memiliki kecerahan tertinggi didapat pada sampel dengan perlakuan beban cetak 10 kg dan lama waktu pengeringan 30 menit yakni 81,30. Sendok yang memiliki kecerahan terkecil terdapat pada sampel dengan perlakuan beban cetak 6 kg dan lama pengeringan 20 menit yakni sebesar 69,63. Hasil uji taraf nyata ANOVA dengan (α) 5 % menunjukkan hasil berbeda nyata, yakni terdapat pengaruh antara waktu pengeringan dan beban cetak serta kombinasi keduanya terhadap kecerahan sendok yang dihasilkan (Sig. < 0,05.)

Kecerahan sendok yang semakin meningkat seiring lama pengeringan disebabkan karena adanya pati sagu sebagai komponen terbesar sendok. Menurut Lisa et al. (2015), semakin tinggi suhu dan lama pengeringan menyebabkan kecerahan pati semakin meningkat sehingga sendok yang dihasilkan semakin cerah. Lama pengeringan mengakibatkan adanya penguapan air (evaporasi) yang menyebabkan molekul air bergerak lebih cepat dan berubah menjadi gas sehingga warna komposit menjadi lebih cerah. Proses *bleaching* pada pembuatan pati juga berpengaruh terhadap derajat kecerahannya, yakni pati yang telah melalui proses pemutihan tidak mudah mengalami pencoklatan apabila terkena panas dalam waktu yang lama (Nurmiati et al. 2023). Beban cetak memberikan pengaruh terhadap kerapatan struktur sendok, dimana sendok dengan tekanan cetak yang semakin tinggi memiliki struktur yang lebih padat. Kandungan air sulit terperangkap pada sendok dengan struktur yang rapat. Sendok yang memiliki kadar air yang semakin tinggi memiliki warna yang cenderung gelap karena kandungan air yang semakin banyak menimbulkan panjang gelombang cahaya yang dipantulkan ke mata semakin sedikit.

Uji Densitas

Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui kerapatan dan kepadatan sendok yang dihasilkan. Uji densitas dilakukan dengan menimbang berat *biodegradable spoon* dan mengukur volume *biodegradable spoon* yang kemudian dihitung melalui rumus massa sendok dibagi volume sendok. Hasil uji densitas *biodegradable spoon* disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Hasil uji densitas biodegradable spoon

Densitas *biodegradable spoon* tertinggi didapat pada sampel dengan perlakuan beban cetak 10 kg dan lama waktu pengeringan 30 menit yakni 1,20 g/cm^3. Densitas *biodegradable spoon* terkecil terdapat pada sampel dengan perlakuan beban cetak 6 kg dan lama pengeringan 20 menit yakni sebesar 0.73 g/cm^3. Hasil uji taraf nyata ANOVA dengan (α) 5 % menunjukkan hasil berbeda nyata, yakni terdapat pengaruh antara beban cetak dan lama waktu pengeringan terhadap densitas yang dihasilkan. Perlakuan kombinasi

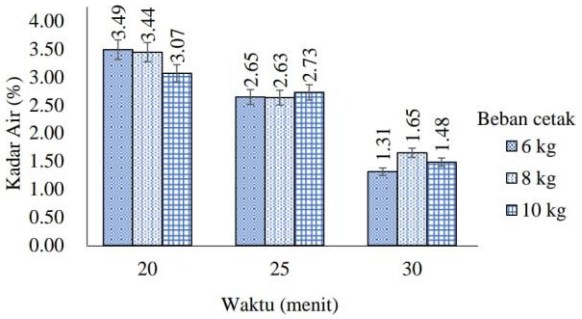
antara waktu pengeringan dan beban cetak tidak berpengaruh secara nyata terhadap densitas *biodegradable spoon*, dengan nilai Sig. > 0,05.

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar beban cetak yang digunakan dan lama waktu pengeringan maka densitas *biodegradable spoon* yang dihasilkan semakin besar. Beban cetak berpengaruh dalam membentuk kepadatan komposit yakni semakin besar pemberian beban cetak maka kepadatan *biodegradable spoon* semakin tinggi. *Biodegradable spoon* yang semakin padat menyebabkan ruang kosong dalam struktur sendok semakin kecil. Lama pengeringan berpengaruh terhadap densitas sendok karena waktu pengeringan yang semakin lama dapat menyebabkan partikel sendok mengalami perubahan fisikokimia sehingga menjadi lebih berstruktur rapat. Putra (2022) menyebutkan struktur bioplastik yang semakin rapat menunjukkan bahwa bioplastik memiliki densitas yang tinggi. Densitas yang semakin tinggi menunjukkan kualitas bioplastik yang semakin baik karena mengindikasikan bahwa bioplastik memiliki struktur tertutup sehingga tidak mudah menyerap fluida cair maupun gas (Napitupulu et al. 2018).

Ikatan hidrogen intramolekul antara pati, selulosa, dan gliserol menjadi lebih kuat seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan dan besar beban cetak. Hal ini dikarenakan beban cetak yang semakin besar menyebabkan adanya gaya tarik menarik antar molekul sehingga ruang antar molekul saling berdekatan dan meningkatkan kekuatan ikatan. Suhu dan waktu pengeringan juga memberikan pengaruh terhadap ikatan yang dihasilkan, yakni semakin besar suhu dan lama pengeringan menyebabkan penguapan air semakin besar. Penguapan air yang semakin besar membuat jarak antar serat-serat penyusun bioplastik menjadi lebih rapat sehingga ikatan yang terbentuk semakin kuat. Ikatan intramolekul yang semakin kuat akan membentuk struktur kristalin yang lebih rapat. Peningkatan kerapatan molekul inilah yang menyebabkan terjadi peningkatan kekerasan (kekakuan) pada *biodegradable spoon* sehingga strukturnya menjadi kompak dan kokoh (Putra 2022).

Uji Kadar Air

Analisis kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam *biodegradable spoon*. Metode yang digunakan dalam analisis kadar air yakni dengan menggunakan metode oven. Hasil uji kadar air sendok disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6 Hasil uji kadar air biodegradable spoon

Hasil uji kadar air menunjukkan bahwa sampel *biodegradable spoon* dengan beban cetak 6 kg dan lama waktu pengeringan 20 menit memiliki kadar air tertinggi yakni 3,48%. Kadar air terkecil terdapat pada sampel dengan beban cetak 6 kg dan waktu pengeringan 30 menit yakni 1,31%. Hasil uji taraf nyata ANOVA dengan (α) 5% menunjukkan bahwa waktu pengeringan berpengaruh secara nyata terhadap kadar air sendok yakni memiliki nilai sig. < 0,05. Perlakuan beban cetak dan kombinasi antara beban cetak dan waktu pengeringan tidak berpengaruh secara nyata terhadap kadar air yang dihasilkan dengan Sig. > 0,05.

Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengeringan yang digunakan mengakibatkan kadar air *biodegradable spoon* semakin menyusut. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Lutfi et al. (2019) yang menyebutkan bahwa lama waktu pengeringan akan menghasilkan kadar air yang semakin sedikit karena penguapan kandungan air pada bioplastik semakin besar. Beban cetak dapat berpengaruh terhadap kadar air dari sendok yang dihasilkan. Kepadatan memiliki keterkaitan dengan densitas bahan, yakni bahan dengan struktur yang lebih padat memiliki densitas yang semakin tinggi. Nurfauzi et al. (2018) menyatakan bahwa sendok dengan kepadatan tinggi memiliki struktur molekul yang saling berdekatan sehingga rongga – rongga dalam sendok tidak dapat terisi oleh partikel air yang menjadikan kadar air sendok semakin kecil.

Kadar air yang diharapkan memiliki nilai yang kecil karena kandungan air yang semakin kecil dapat memperpanjang usia simpan dari sendok yang dihasilkan. Pernyataan ini didukung oleh penelitian Fikriyah (2021) yang menjelaskan

bahwa kadar air yang semakin rendah akan memperpanjang usia simpan dari suatu bahan karena dapat meminimalisir tumbuhnya mikroorganisme seperti jamur. Pertumbuhan mikroorganisme mengakibatkan sendok mudah rusak dan tidak tahan lama.

Uji Ketahanan Air

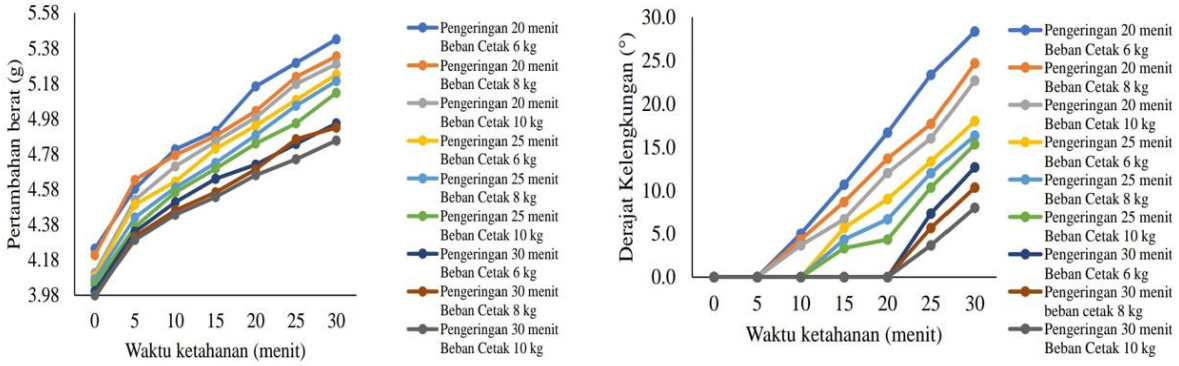
Uji ketahanan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan *biodegradable spoon* dalam pengaruh air. Pengujian ketahanan air dilakukan dengan cara merendam bagian kepala hingga pangkal gagang sampel dalam *cup* plastik yang telah terisi air bersuhu 80°C. Hasil pertambahan berat dan kelengkungan *biodegradable spoon* selama 30 menit disajikan pada Gambar 7.

Gambar 6 menunjukkan bahwa sampel mengalami pertambahan berat dan pertambahan kelengkungan selama 30 menit perendaman dalam air. Sampel dengan perlakuan pengeringan 30 menit dan beban cetak 10 kg memiliki pertambahan paling sedikit. Rata – rata pertambahan berat dan kenaikan derajat kelengkungan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa sampel dengan pengeringan 30 menit dan beban cetak 10 kg memiliki persentase kenaikan berat yang paling kecil, yakni sebesar 3,25% per 5 menit. Sampel dengan pengeringan 30 menit dan beban cetak 6 kg dan 8 kg juga memiliki persentase kenaikan berat yang cukup kecil yakni sebesar 3,47% dan 3,53%. Berdasarkan hasil uji kelengkungan, *biodegradable spoon* dengan lama pengeringan 30 menit memiliki ketahanan air yang paling baik, yakni dapat mempertahankan kekakuannya hingga 20 menit. *Biodegradable spoon* dengan pengeringan 30 menit memiliki rata-rata kenaikan kelengkungan sebesar 2,1° pada perlakuan beban 6 kg, 1,7° pada perlakuan beban 8 kg, dan 1,3° pada perlakuan beban 10 kg.

Biodegradable spoon yang memiliki ketahanan terkecil mengalami *swelling* (pembengkakan) yang semakin besar. *Swelling* ditandai dengan bertambahnya berat seiring lama perendamannya dalam air. Lama pengeringan dapat mempengaruhi kemampuan ketahanan sendok dalam air. Nur et al. (2020) menyatakan bahwa daya serap atau ketahanan bioplastik dalam air dipengaruhi oleh densitas dan ketebalan bioplastik, dimana semakin tinggi densitasnya maka ketahanannya akan semakin tinggi. Nilai densitas berbanding lurus dengan ketahanan sendok dalam air, yakni semakin tinggi densitas yang dimiliki oleh sendok maka ketahanannya terhadap air semakin baik. Densitas yang semakin besar menunjukkan jika kerapatan antar molekul bahan saling berdekatan sehingga ikatan hidrogen antara pati, selulosa, dan gliserol semakin rapat. Nilai ketahanan sendok dalam air dapat dipengaruhi oleh kerapatan, jumlah komponen hidrofobik, ketebalan, dan suhu. Sendok yang semakin tebal menyebabkan perpindahan air semakin rendah.

Biodegradable spoon dibuat menggunakan pati sagu, ampas rumput laut, dan gliserol. Ampas rumput laut merupakan selulosa yang memiliki kandungan lignin. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian Suhartati et al. (2016) yang menyebutkan bahwa lignin memiliki sifat hidrofobik (tidak larut dalam air) sehingga mampu memberikan ketahanan air yang cukup baik pada bioplastik.



(a) Hasil pertambahan berat *biodegradable spoon* selama 30 menit ; (b) Hasil kenaikan derajat kelengkungan *biodegradable spoon* selama 30 menit

Gambar 7 Grafik uji ketahanan *biodegradable spoon* selama 30 menit

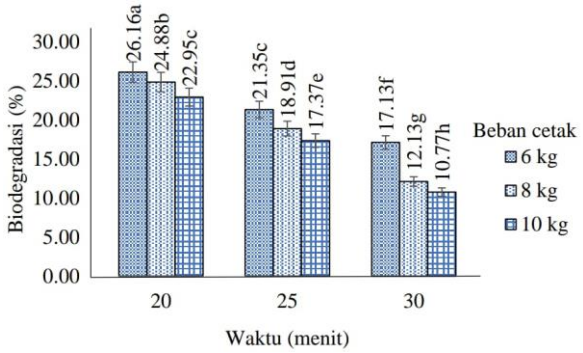
Tabel 2 Rata-rata persentase kenaikan berat dan derajat kelengkungan biodegradable spoon per 5 menit

Perlakuan	Persentase kenaikan berat (%)	Kenaikan derajat kelengkungan (°)
Pengeringan 20 menit beban cetak 6 kg	4,01	4,7
Pengeringan 20 menit beban cetak 8 kg	3,85	4,1
Pengeringan 20 menit beban cetak 10 kg	4,10	3,8
Pengeringan 25 menit beban cetak 6 kg	4,00	3,0
Pengeringan 25 menit beban cetak 8 kg	3,96	2,7
Pengeringan 25 menit beban cetak 10 kg	3,86	2,6
Pengeringan 30 menit beban cetak 6 kg	3,47	2,1
Pengeringan 30 menit beban cetak 8 kg	3,53	1,7
Pengeringan 30 menit beban cetak 10 kg	3,25	1,3

Sumber : Data Diolah (2024)

Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan tujuan mengetahui persentase penguraian sampel sendok dalam tanah. Metode yang digunakan pada pengujian biodegradasi ini adalah *soil burial test.* Uji dilakukan dengan menimbang berat awal sampel sebelum dipendam dalam tanah humus selama 21 hari. Hasil uji biodegradasi disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Hasil uji biodegradasi biodegradable spoon

Persentase biodegradasi terbesar terdapat pada sampel dengan perlakuan beban cetak 6 kg dan lama pengeringan 20 menit. Persentase biodegradasi terkecil terdapat pada sampel dengan beban cetak 10 kg dan lama pengeringan 30 menit. Hasil uji biodegradasi berdasarkan grafik di atas menunjukkan nilai biodegradasi semakin menurun seiring dengan bertambahnya beban cetak dan lama pengeringan. Hasil uji taraf nyata ANOVA dengan (α) 5% menunjukkan adanya pengaruh waktu pengeringan dan beban cetak serta interaksi keduanya terhadap persentase biodegradasi sendok (Sig. <0,05).

Pati dan gliserol memiliki gugus fungsi -OH yang bersifat hidrofilik sehingga mampu meningkatkan penyerapan air melalui reaksi hidrolisis yang terjadi dalam tanah. Lama waktu pengeringan yang semakin besar mengakibatkan penyusutan jumlah air dalam sendok semakin besar sehingga rongga – rongga partikel dalam sendok menjadi tertutup (Suryati et al. 2017). Beban cetak yang semakin besar akan memadatkan dan merapatkan struktur sendok. Proses biodegradasi dapat dipengaruhi oleh kelembaban tanah dan suhu. Kelembaban yang semakin tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan ganggang. Hasil penguraian *biodegradable spoon* selama kurun waktu 21 hari disajikan pada Gambar 9.



(a) Sebelum Terurai; (b) Setelah Terurai

Gambar 9 Penampakan sendok sebelum dan sesudah proses biodegradasi

Ruang kosong antar molekul yang semakin kecil pada struktur sendok menyebabkan air, udara, maupun mikroorganisme sulit untuk menembus struktur *biodegradable spoon* sehingga tidak mudah terdegradasi.

Perlakuan Terbaik

Hasil pengujian yang telah diketahui selanjutnya dianalisa untuk menentukan perlakuan terbaik. Penentuan perlakuan terbaik menggunakan *Multiple attribute* metode Zeleny. Hasil perhitungan Metode Zeleny disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan *multiple attribute* metode zeleny

Perlakuan	L1	L2	L tak hingga	Jumlah	Nilai Terbaik
Pengeringan 20 menit beban cetak 6 kg	0.314	0.024	0.103	0.440	Terbaik 9
Pengeringan 20 menit beban cetak 8 kg	0.291	0.021	0.097	0.409	Terbaik 8
Pengeringan 20 menit beban cetak 10 kg	0.284	0.019	0.092	0.395	Terbaik 7
Pengeringan 25 menit beban cetak 6 kg	0.263	0.015	0.079	0.357	Terbaik 5
Pengeringan 25 menit beban cetak 8 kg	0.268	0.014	0.073	0.355	Terbaik 4
Pengeringan 25 menit beban cetak 10 kg	0.273	0.015	0.074	0.362	Terbaik 6
Pengeringan 30 menit beban cetak 6 kg	0.153	0.006	0.053	0.212	Terbaik 2
Pengeringan 30 menit beban cetak 8 kg	0.172	0.008	0.077	0.257	Terbaik 3
Pengeringan 30 menit beban cetak 10 kg	0.100	0.007	0.084	0.192	Terbaik 1

Sumber : Data Diolah (2024)

Tabel 3 menunjukkan bahwa sampel dengan beban cetak 10 kg dan waktu pengeringan 30 menit merupakan perlakuan terbaik dalam membuat *biodegradable spoon* berbasis limbah ampas rumput laut. Perlakuan ini memiliki nilai perlakuan tertinggi pada kriteria dimensi (ketebalan), kecerahan, densitas, dan ketahanan. Ketebalan yang paling besar pada penelitian ini menjadi titik krusial sifat mekanik sendok karena sendok yang semakin tebal sulit untuk dipatahkan. Hal ini yang menjadi kelemahan pada penelitian ini yakni sendok memiliki ukuran yang terlampau tebal dibandingkan sendok kontrol yang jauh lebih tipis dan bersifat lebih ergonomis. Upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik *biodegradable spoon* yang dihasilkan salah satunya dengan menambahkan bahan penguat seperti *filler.* Penambahan *filler* bertujuan untuk memperkuat struktur *biodegradable spoon* sehingga memiliki kualitas yang lebih baik (Rafid et al. 2021). Alternatif perlakuan lainnya yang dapat direkomedasikan yakni sampel dengan pengeringan 30 menit dan beban cetak 6 kg serta 8 kg. Alternatif perlakuan tersebut dapat direkomendasikan karena memiliki nilai densitas bahan yang juga tinggi, ketahanan air paling lama, kecerahan tertinggi, serta kadar air terkecil. *Biodegradable spoon* dengan perlakuan terbaik dapat digunakan sebagai alternatif pengganti sendok plastik konvensional pada produk komersial seperti *mie cup* dan es krim.

Biodegradable spoon berbasis ampas rumput laut berpotensi untuk diproduksi secara massal karena memiliki keunggulan dari aspek ekonomi. Lima gram ampas rumput laut dapat menghasilkan sendok sebanyak 6 buah. Formulasi pembuatan *biodegradable spoon* juga dapat diterapkan pada produk *cutleries* lainnya seperti piring, garpu, biofoam, dan gelas. Hal ini dapat menjadi rekomendasi praktis bagi industri pengemasan untuk dapat memproduksi plastik ramah lingkungan sebagai pengganti plastik konvensional.

KESIMPULAN

Beban cetak dan lama pengeringan yang berbeda berpengaruh nyata terhadap karakteristik sendok yang dihasilkan. Kadar air terkecil yang dihasilkan sebesar 1,31%. Penambahan waktu pengeringan dan beban cetak menghasilkan densitas yang semakin tinggi yakni sebesar 1,20 g/cm^3. Sampel dengan beban cetak 10 kg dan lama pengeringan 30 menit menyebabkan penurunan ketahanan dan kemampuan biodegradasi. Ketebalan menjadi titik krusial sifat mekanik *biodegradable spoon* dari hasil uji dimensi fisik. *Biodegradable spoon* yang semakin tebal memiliki kekuatan yang lebih besar sehingga sulit untuk dipatahkan. Nilai densitas memiliki pengaruh terhadap kecerahan, ketahanan air, dan kemampuan biodegradasi sendok. *Biodegradable spoon* dengan densitas tinggi memiliki ketahanan yang semakin baik, kecerahan yang semakin tinggi, serta kemampuan biodegradasi yang semakin rendah. Perlakuan terbaik yang dihasilkan terdapat pada sampel dengan Beban cetak 10 kg dan waktu pengeringan 30 menit. Alternatif lain yang dapat menjadi rekomendasi yakni sampel pada beban cetak 6 kg dan 8 kg dengan lama pengeringan 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

Association of Official Analytical Chemist. 2012. Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Arlington: Association of Official Analytical Chemist, Inc.

Aripin, S., Saing, B., dan Kustiyah, E. 2017. Studi pembuatan bahan alternatif plastik biodegradable dari pati ubi jalar dengan plasticizer gliserol dengan metode melt intercalation. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, *6*(2), 79–84. http://dx.doi.org/10.22441/jtm.v6i2.1185

Cahyaningtyas, A. A., Ermawati, R., Supeni, G., Syamani, F. A., Masruchin, N., Kusumaningrum, W. B., Pramasari, D. A., Darmawan, T., Ismadi, I., dan Wibowo, E. S. 2019. Modifikasi dan karakterisasi pati batang kelapa sawit secara hidrolisis sebagai bahan baku bioplastik. *Jurnal Kimia Dan Kemasan (JKK)*, *41*(1), 37–44. http://dx.doi.org/10.24817/jkk.v41i1.4623

Dewi, S. R., Chairunisa, N. N., Nugrahani, R. A., Ningsih, T. D., Fitriyah, N. H., dan Kosasih, M. 2020. Pembuatan dan karakterisasi kelarutan dalam air dan biodegradibilitas bioplastik dari campuran dedak padi-jagung. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, *2020*.

Dordevic, D., Necasova, L., Antonic, B., Jancikova, S., dan Tremlová, B. 2021. Plastic cutlery alternative: Case study with biodegradable spoons. *Foods*, *10*(7), 1612. https://doi.org/10.3390/foods10071612

Fikriyah, Y. U., dan Nasution, R. S. 2021. Analisis kadar air dan kadar abu pada teh hitam yang dijual di pasaran dengan menggunakan metode gravimetri. *Amina*, *3*(2), 50-54. https://doi.org/10.22373/amina.v3i2.2000

Kamsiati, E., Herawati, H., dan Purwani, E. Y. 2017. Potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sagu dan ubikayu di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, *36*(2), 67–76. 10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76

Lisa M., Lutfi, M., dan Susilo, B. 2015. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap mutu tepung jamur tiram putih (*Plaerotus ostreatus*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, *3*(3), 270-279. https://doi.org/10.21776/jkptb.v3i3.293

Lutfi, M., Afidah SR, A. R., Sutan, S. M., dan Djoyowasito, G. 2019. Pengaruh waktu dan suhu pengeringan terhadap kandungan pati pada pembuatan bubuk umbi talas (*colocasia esculenta l. Schott*) untuk bioplastik. *Rona Teknik Pertanian*, *12*(1), 39–49. https://doi.org/10.17969/rtp.v12i1.13003

Maharany, F., Nurjanah, S. R., Anwar, E., dan Hidayat, T. 2017. Kandungan senyawa bioaktif rumput laut *Padina australis* dan *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *20*(1), 10–17. https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i1.16553

Napitupulu, L. M., Azwar, E., dan Darni, Y. 2018. Pengaruh penambahan mfc (*micro fibrilated cellulose*) dari ampas tebu (*sugar cane baggase*) sebagai microfiller pada sintesa bioplastik. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, *6*(1), 51–62. https://doi.org/10.23960/jtaf.v6i1.166

Nur, R. A., Nazir, N., dan Taib, G. 2020. Karakteristik bioplastik dari pati biji durian dan pati singkong yang menggunakan bahan pengisi MCC (*microcrystalline cellulose*) dari kulit kakao. *Gema Agro*, *25*(1), 1–10. https://doi.org/10.22225/ga.25.1.1713.01-10

Nurfauzi, S., Sutan, S. M., dan Argo, B. D. 2018. Pengaruh konsentrasi cmc dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik biodegradable berbasis tepung jagung. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, *6*(1), 90–99.

Nurmiati, N., Periadnadi, P., dan Nissa, I. T. 2023. Diseminasi teknologi fermentasi untuk perbaikan mutu tepung sagu serta pengenalan produk inovasi tepung mosas. *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*, *6*(3), 313-321. https://doi.org/10.25077/jhi.v6i3.697

Putra, E. P. D. 2022. Sifat fisik dan mekanik bioplastik dari pati kulit pisang ambon (*musa paradisiaca L.*) dengan *plasticizer* sorbitol. *Agroindustrial Technology Journal*, *6*(2), 164–174. http://dx.doi.org/10.21111/atj.v6i2.7819

Putri, L. D. J., Hakim, M. F., Rumira, M. S., Ni'mah, K. P., Rahmawati, F., dan Allifiantika, N. 2024. Analisis pengaruh variasi temperatur gelatinisasi pada sifat mekanik film bioplastik pati kulit kentang (*solanum tuberosum L.*) Dengan asam asetat dan plasticizer gliserol. *Jurnal Fisika Unand*, *13*(1), 153–158.

https://doi.org/10.25077/jfu.13.1.153-158.2024

Rafid, A. Z., Ardhyananta, H., dan Pratiwi, V. M. 2021. Tinjauan pengaruh penambahan jenis *filler* terhadap sifat mekanik dan biodegrdasi pada bioplastik pati singkong. *Jurnal Teknik ITS*, *10*(2), D49–D54. https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.64030

Sabila, F. T., Setyaningsih, W., Hardati, P., dan Nugraha, S. B. 2023. Literasi Lingkungan Dan Pengelolaan Sampah Plastik Di Kelurahan Karangjati Kecamatan Blora Kabupaten Blora. *Edu Geography*, *11*(1), 85-92. https://doi.org/10.15294/edugeo.v11i1.65558

Suhartati, S., Puspito, R., Rizali, F., dan Anggraini, D. 2016. Analisis sifat fisika dan kimia lignin tandan kosong kelapa sawit asal desa sape, kabupaten sanggau, kalimantan barat. *Jurnal Kimia Valensi*, *2*(1), 24–29. https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3102

Suryati, S., Meriatna, M., dan Marlina, M. 2017. Optimasi proses pembuatan bioplastik dari pati limbah kulit singkong. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *5*(1), 78–91. https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.81

Utomo, A. W., Argo, B. D., dan Hermanto, M. B. 2013. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap karakteristik fisikokimiawi plastik *biodegradable* dari komposit pati lidah buaya (Aloe vera)-kitosan. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, *1*(1).

Wahyunita, N., Putra, A., Nizar, U. K., dan Azra, F. 2022. Pengaruh penambahan gum arab terhadap pembuatan plastik *biodegradable* dari air kelapa. *Periodic*, *11*(3), 70–74. https://doi.org/10.24036/p.v11i3.113715