

Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar

Effects of Sorbitol Incorporation on the Characteristics of Chitosan/Agar Bioplastic Film

Safrina Dyah Hardiningtyas, Dwi Winarsih, dan Bustami Ibrahim*

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor Jl. Agatis-Kampus IPB Dramaga, Kabupaten Bogor,
Jawa Barat 16680, Indonesia

*Korespondensi penulis : bibrahim@apps.ipb.ac.id

Diterima: 20 Juni 2023; Direvisi: 04 Maret 2024; Disetujui: 18 Maret 2024

ABSTRAK

Bioplastik merupakan material kemasan berbasis biomassa atau bahan terbarukan yang dapat digunakan untuk menanggulangi sampah plastik. Agar dan kitosan diketahui dapat disintesis menjadi bioplastik. Namun, karakteristik mekanik campuran agar dan kitosan masih belum sesuai dengan ekspektasi yakni memiliki nilai elongasi yang rendah. *Plasticizer* sangat dibutuhkan untuk memperbaiki karakteristik bioplastik. Penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik berbasis agar dan kitosan hingga saat ini belum dilaporkan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan konsentrasi sorbitol terbaik terhadap peningkatan karakteristik bioplastik berbasis agar dan kitosan. Metode yang dilakukan adalah mencampurkan sorbitol dengan konsentrasi 0%, 1%, 1,25%, dan 1,5% (b/v) pada larutan utama bioplastik yaitu larutan agar 1% dan larutan kitosan 2%. Karakteristik bioplastik diketahui dengan melakukan uji ketebalan, kuat tarik, elongasi, daya serap air, gugus fungsi dengan FTIR, dan uji degradasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi sorbitol mempengaruhi karakteristik bioplastik. Formulasi bioplastik terpilih yaitu perlakuan penambahan sorbitol 1,25% dengan nilai ketebalan, daya serap air, kuat tarik, dan elongasi masing-masing sebesar $0,096 \pm 0,004$ mm, $18,80 \pm 0,94\%$, $18,83 \pm 2,93$ MPa, $95,89 \pm 12,62\%$. Bioplastik dengan 1,25% sorbitol membutuhkan waktu untuk terdegradasi sempurna selama 20 hari. Simpulan penelitian ini adalah karakteristik mekanis dari bioplastik berbasis kitosan dan agar dapat ditingkatkan dengan penambahan sorbitol 1,25%.

KATA KUNCI: agar, bioplastik, kitosan, *plasticizer*, sorbitol

ABSTRACT

Bioplastic is a packaging material based on biomass or renewable materials that can be used to address plastic waste. Agar and chitosan are known to be able to be synthesized into bioplastic. However, the mechanical characteristics of agar and chitosan mixture are still not in line with expectations, particularly having low elongation values. Plasticizers are highly needed to improve the characteristics of bioplastics. The use of sorbitol as a plasticizer in the production of agar and chitosan-based bioplastics has not been reported to date. The aim of this research is to determine the optimal concentration of sorbitol for improving the characteristics of agar and chitosan-based bioplastics. The method involved mixing sorbitol at concentrations of 0%, 1%, 1.25%, and 1.5% (w/v) in the main bioplastic solution, which consists of 1% agar solution and 2% chitosan solution. The characteristics of the bioplastic were determined by conducting tests on thickness, tensile strength, elongation, water absorption, functional groups using FTIR, and degradation tests. The results of this study showed that the concentration of sorbitol affects the characteristics of bioplastics. The selected bioplastic formulation was the treatment with the addition of 1.25% sorbitol, with thickness, water absorption, tensile strength, and elongation values of 0.096 ± 0.004 mm, $18.80 \pm 0.94\%$, 18.83 ± 2.93 MPa, and $95.89 \pm 12.62\%$, respectively. Bioplastic with 1.25% sorbitol required 20 days to degrade completely. In conclusion, the mechanical characteristics of chitosan and agar-based bioplastics can be improved by the addition of 1.25% sorbitol.

KEYWORDS: agar, bioplastic, chitosan, *plasticizer*, sorbitol

PENDAHULUAN

Plastik merupakan material berbasis polimer dari fosil yang banyak digunakan untuk kemasan. Kini sampah kemasan plastik menjadi permasalahan bagi lingkungan karena material ini sulit terdegradasi dan tidak dapat dicerna oleh makhluk hidup. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), jumlah sampah plastik berada pada urutan kedua terbesar dari total sampah yang dihasilkan Indonesia, yakni mencapai 3,523 juta ton pada tahun 2022. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mensintesis plastik menggunakan biomaterial, dikenal sebagai bioplastik, agar mudah terdegradasi dan ramah lingkungan.

Bioplastik dapat didefinisikan sebagai polimer yang diproduksi menjadi produk komersial dari sumber alami atau sumber daya terbarukan (Rudin & Choi, 2013). Polimer alami yang dapat digunakan untuk mensintesis bioplastik dan berasal dari hasil perairan adalah polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut, misalnya karagenan (Fransiska et al., 2018; Nurhabibah et al. 2021) dan agar-agar (Agusman et al., 2022; El-Hefian et al., 2012). Selain itu, kitosan yang merupakan polimer alami dari cangkang krustasea juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan material (Hartatik et al. 2014, Ginting et al. 2018, Priyadarshi & Rhim 2020).

Agar merupakan polimer yang terdiri dari agarosa (70%), dan agaropektin (30%) yang dapat diekstraksi dari rumput laut merah (Rhodophyceae), antara lain *Gracilaria* dan *Gelidium* (Phillips & Williams, 2009). Selain itu, kitosan merupakan polimer turunan kitin bermuatan positif yang dapat diekstraksi dari cangkang krustasea. Kitosan memiliki sifat yang tidak larut air, hanya larut pada larutan asam, non-toksik dan *biodegradable* sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk sintesis biofilm (Dwimayasanti & Kumayanjati, 2019; Pari et al., 2022). Pemanfaatan polimer agar dan kitosan untuk mensintesis biofilm telah dilaporkan oleh El-Hefian et al. (2012) dan Agusman et al. (2022). El-Hefian et al. (2012) berhasil mensintesis *edible film* berbahan dasar campuran agar dan kitosan, namun masih memiliki nilai elongasi yang rendah yakni sebesar 20% untuk film dengan perbandingan kitosan:agar 70:30. Agusman et al. (2022) melaporkan bahwa *biofilm* kitosan dan agar dengan tambahan *plasticizer* gliserol menghasilkan nilai kuat tarik $4,95 \pm 0,56$ MPa dan elongasi $34,94 \pm 0,99\%$. Kedua penelitian tersebut menunjukkan biofilm berbasis agar-kitosan memiliki

nilai elongasi lebih rendah dibandingkan dengan standar SNI 7818:2014 (BSN, 2014) untuk plastik terurai yaitu sebesar 400-1120%. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan sifat elongasi supaya sesuai dengan karakteristik bioplastik yang dibutuhkan. Modifikasi yang dapat dilakukan adalah dengan memilih jenis *plasticizer* lain dan menentukan konsentrasi yang tepat.

Plasticizer adalah senyawa non-volatil dengan berat molekul rendah yang memberikan efek pelunakan yang dapat meningkatkan sifat aliran, memudahkan penggabungan bahan lain (misalnya pengisi), dan/atau menurunkan suhu pemrosesan bioplastik. *Plasticizer* yang digunakan dalam sintesis bioplastik harus bersifat *biodegradable*, dan biasanya mono-, di- dan oligosakarida, antara lain gliserol, sorbitol, dan sukrosa (Vieira et al., 2011). Sitompul dan Zubaidah (2017) melaporkan bahwa jenis dan konsentrasi *plasticizer* dapat mempengaruhi karakteristik film yang dihasilkan. Sorbitol merupakan salah satu jenis *plasticizer* yang cocok digunakan untuk mensintesis bioplastik berbasis polisakarida (Vieira et al., 2011). Lusiana et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan *plasticizer* sorbitol menghasilkan sifat mekanis bioplastik berbasis *polyvinyl acetate* (PVA) dan sagu dibandingkan dengan menggunakan gliserol, dimana nilai tensil, elongasi, *tear strength* dan daya serap air masing-masing sebesar 16,12 MPa, 142,05%, 12,729 kgf/mm, dan 10,34%. Akan tetapi, penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* dalam sintesis bioplastik dari agar dan kitosan belum pernah dilaporkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan efek konsentrasi sorbitol terhadap karakteristik bioplastik berbasis agar dan kitosan. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* pada sintesis biofilm berbasis agar dan kitosan diharapkan dapat menghasilkan bioplastik yang sesuai dengan standar SNI untuk plastik mudah terurai.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan penelitian antara lain kitosan 80 mesh *food grade* dengan nilai derajat deasetilasi 95% dan viskositas 50 cPs (Sentra Chemicals Indonesia), tepung agar komersial yang berasal dari CV. Sari Mutiara Abadi, sorbitol (Himedia), asam asetat 1% (v/v) (Merck), akuades, dan media tanam berupa campuran tanah dan sekam padi. Alat yang digunakan meliputi *hot plate stirrer* (SCIOLOGEX MS-H280-Pro), kompor listrik (Maspion), peralatan gelas (Pyrex), penggaris plastik, termometer,

timbangan digital USS-DBS3-2, dehidrator (GETRA ST-01), *plate* kaca berukuran 14×9,5 cm², *paper tensile strength tester* PA-104-30, dan *Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR)* spektrofotometer (Perkin Elmer 370 FT-IR).

Metode

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan dengan penambahan beberapa konsentrasi sorbitol dan karakterisasi bioplastik yang terdiri dari ketebalan, persentase *water absorption*, kuat tarik dan elongasi, gugus fungsional, dan uji degradabilitas pada bioplastik.

Sintesis bioplastik

Sintesis bioplastik mengacu pada metode Agusman et al. (2022) dengan modifikasi pada jenis *plasticizer*. Pada penelitian ini sorbitol digunakan sebagai *plasticizer* dengan konsentrasi 0%, 1%, 1,25%, dan 1,5% (b/v). Langkah awal pada sintesis bioplastik adalah membuat larutan kitosan 2% (b/v) dalam asam asetat 1% dan larutan agar 1% (b/v) dalam akuades. Langkah berikutnya adalah mencampurkan larutan agar 1% (b/v) dan larutan kitosan 2% (b/v) dengan perbandingan volume 45:15 mL (3:1) selama 15 menit pada suhu 85°C, 700 rpm. Sorbitol ditambahkan sebagai *plasticizer* sebanyak 0%, 1%, 1,25%, dan 1,5% (b/v). Formulasi bioplastik kitosan-agar dengan penambahan sorbitol yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1.

Sorbitol ditambahkan ke dalam campuran larutan kitosan-agar yang telah homogen. Pencampuran dilakukan pada putaran 700 rpm dan suhu 85°C selama 5 menit. Larutan yang telah homogen dituang di atas cetakan pelat kaca berukuran 14×9,5cm² kemudian dikeringkan menggunakan dehidrator pada suhu 50°C selama 5 jam. Bioplastik yang telah kering kemudian dilepaskan dari cetakan. Sampel film bioplastik kemudian dilakukan karakterisasi, antara lain ketebalan, daya serap air, kuat tarik dan elongasi, gugus fungsional, dan uji degradabilitas bioplastik.

Tabel 1. Formulasi bioplastik agar/kitosan

Table 1. Agar/chitosan bioplastic formulations

Bahan baku/ Raw materials	Formulasi/Formulations			
	F0%	F1%	F1.25%	F1.5%
Agar/Agar (mL)	45	45	45	45
Kitosan/Chitosan (mL)	15	15	15	15
Sorbitol/Sorbitol (g)	0	0.6	0.75	0.9

Uji ketebalan

Uji ketebalan bioplastik dilakukan dengan mengacu pada metode Rhim dan Wang (2013). Ketebalan biofilm diukur menggunakan mikrometer sekrup dengan akurasi 0,01 mm. Sampel dikondisikan dalam ruang yang memiliki suhu sekitar 25-27°C. Ketebalan diukur pada tiga titik yang berbeda pada sampel, selanjutnya diperoleh nilai rata-rata pada setiap hasil.

Uji kuat tarik

Uji kuat tarik dilakukan dengan mengacu pada metode ASTM D638 2005. Sampel dengan ukuran 20×70 mm² diletakkan pada alat uji mekanis kemudian ditarik dengan kecepatan konstan dengan beban yang telah ditentukan. Elongasi dihitung dengan membandingkan pertambahan panjang dengan panjang awal bioplastik. Persamaan yang digunakan pada uji kuat tarik dan elongasi sebagai berikut:

$$\tau = \frac{\text{Gaya}}{t \times l}$$

Keterangan:

τ = Kekuatan tarik ($\frac{N}{mm^2}$)

t = Tebal sampel (mm)

l = lebar sampel (mm)

$$\text{Elongasi} = \frac{\text{Pertambahan panjang (mm)}}{\text{Panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

Daya serap air

Pengujian daya serap air bioplastik mengacu pada Maulida et al. (2016). Sampel bioplastik berukuran 2×2 cm² ditimbang untuk mendapatkan nilai berat awal. Sampel kemudian direndam ke dalam akuades sebanyak 50 mL dalam toples kaca selama 24 jam. Sampel kemudian dilakukan penimbangan lagi untuk mendapatkan nilai berat akhir. Nilai berat awal dan berat akhir digunakan untuk mendapatkan nilai daya serap air. Persamaan daya serap air yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Daya serap air} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

Keterangan:

m1 = berat awal

m2 = berat akhir

Analisis Gugus Fungsi

Gugus fungsi bioplastik dengan pelakuan berbeda dianalisis dengan menggunakan ATR-FTIR spektrofotometer (Perkin Elmer). Sampel diletakkan pada *sample holder* dan diukur serapannya pada panjang gelombang antara 4000-400 cm⁻¹.

Uji degradasi bioplastik

Uji degradasi dilakukan untuk melihat seberapa lama bioplastik bertahan dalam tanah. Sampel bioplastik berukuran 2×2 cm² dikubur dalam tanah dengan kedalaman 10 cm. Sampel bioplastik diamati setiap 5 hari sekali untuk melihat hasil degradasi sampai sampel benar-benar terdegradasi.

Analisis statistik

Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah rancangan percobaan yang digunakan dengan faktor perlakuan yakni konsentrasi sorbitol (*plasticizer*) yang berbeda dalam pembuatan bioplastik. Pengulangan dilakukan pada setiap

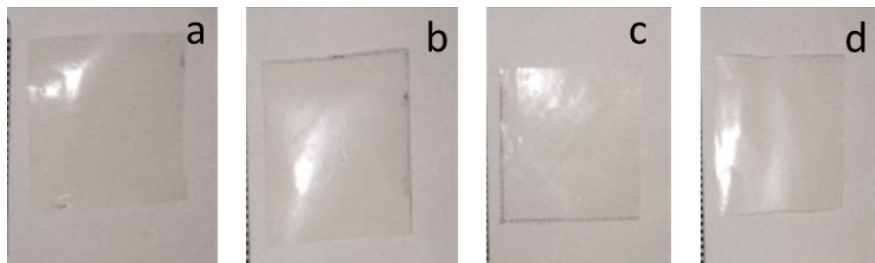
perlakuan sebanyak tiga kali. Analisis normalitas dan homogenitas data dilakukan sebelum melakukan analisis sidik ragam. Jika data telah menyebar normal dan homogen, data selanjutnya dianalisis dengan analisis sidik ragam dengan selang kepercayaan 95% (α=0,05). Hasil signifikan (p<0,05) akan dianalisis lanjut dengan uji Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kenampakan dan Ketebalan Bioplastik

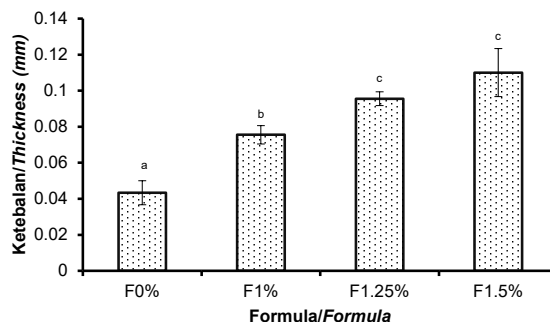
Bioplastik berbasis agar dan kitosan dengan penambahan konsentrasi sorbitol yang berbeda memiliki kenampakan tidak berwarna dan transparan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Syarat mutu terkait dengan warna untuk kantong plastik mudah terurai tidak tercantum dalam SNI. Menurut Setijawati (2017), kenampakan bioplastik dipengaruhi oleh jenis dan warna bahan baku dalam pembuatan bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kenampakan visual dengan permukaan halus, rata, dan transparan.

Ketebalan bioplastik merupakan parameter yang dapat mempengaruhi sifat fisik, laju uap air, dan sifat mekanik dari bioplastik (Sari et al., 2021). Gambar 2 menunjukkan bahwa ketebalan bioplastik berbasis agar dan kitosan dengan penambahan



Gambar 1. Visualisasi bioplastik dengan konsentrasi sorbitol yang berbeda a) F0%, b) F1%, c) F1.25%, d) F1.5%

Figure 1. Photographs of bioplastics with different sorbitol concentrations a) F0%, b) F1%, c) F1.25%, d) F1.5%



Gambar 2. Pengaruh penambahan sorbitol terhadap ketebalan bioplastik

Figure 2. Effect of sorbitol addition on bioplastic thickness

sorbitol yang berbeda memiliki rentang mulai dari $0,04 \pm 0,01$ mm hingga $0,11 \pm 0,01$ mm. Konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata terhadap ketebalan yang dihasilkan ($p < 0,05$). Penambahan jumlah sorbitol dapat meningkatkan ketebalan bioplastik yang dihasilkan. Bioplastik yang memiliki ketebalan tertinggi adalah F1,5%, yakni sebesar $0,11 \pm 0,01$ mm. Hal ini diduga karena adanya penambahan viskositas dan volume pada campuran bioplastik saat proses sintesis akibat dari penambahan sorbitol. Julianto et al. (2011) menyatakan bahwa penambahan sorbitol dapat meningkatkan padatan terlarut pada *film* yang menyebabkan film akan semakin tebal. Fatma et al. (2015) menyatakan bahwa komposisi, sifat dan kandungan penyusun polimer dari suatu film mempengaruhi ketebalan *film* tersebut. Ketebalan bioplastik yang meningkat akan menurunkan permeabilitas gas sehingga dapat digunakan untuk melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik (Estiningtyas, 2010).

Daya serap air

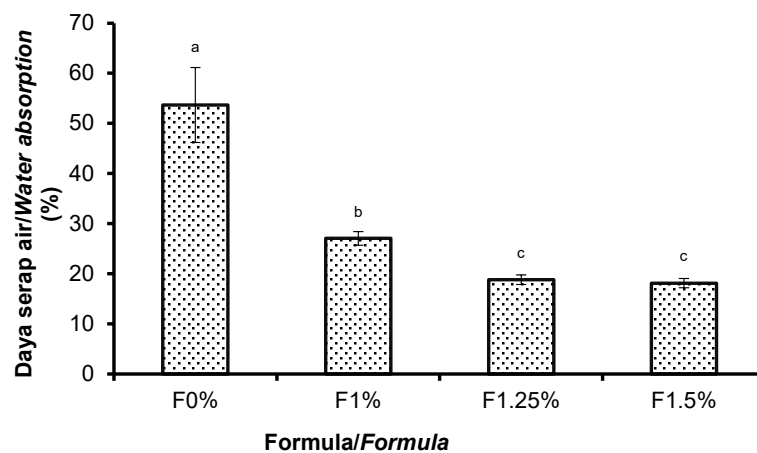
Uji daya serap air digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dalam menyerap air. Bioplastik yang baik adalah bioplastik yang memiliki nilai daya serap air yang rendah. Semakin tinggi nilai persentase penyerapan bioplastik terhadap air, maka semakin buruk kualitas bioplastik yang dihasilkan. Pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol yang berbeda terhadap nilai daya serap air dapat dilihat pada Gambar 3.

Konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata terhadap daya serap air pada bioplastik ($p < 0,05$). Persentase daya serap air semakin menurun seiring dengan

peningkatan konsentrasi sorbitol yang ditambahkan. Namun demikian, daya serap air bioplastik pada perlakuan konsentrasi sorbitol 1,25% dan 1,5% tidak berbeda nyata. Penurunan daya serap air ini diduga karena semakin kecil pori atau ruang antar polimer akibat penambahan sorbitol. Menurut Veira et al. (2011), kehadiran *plasticizer* dapat memperkecil ukuran pori-pori dan retakan pada matriks polimer bioplastik. Penurunan nilai daya serap air terjadi karena interaksi antar molekul fungsional hidrofilik sorbitol dengan kelompok molekul agar dan kitosan berkurang (Ng et al., 2021). Kusumaningtyas et al. (2018) menjelaskan bahwa *film* dengan konsentrasi *plasticizer* yang lebih rendah akan memiliki lebih banyak ruang kosong daripada *film* yang ditambahkan dengan konsentrasi *plasticizer* yang lebih tinggi. Volume yang lebih tinggi dari ruang kosong akan memungkinkan air dengan mudah masuk ke ruang kosong, menyebabkan serapan air lebih besar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ng et al. (2021) terhadap bioplastik dari tepung kentang dengan sorbitol 15%, 30%, dan 45% (w/w) menghasilkan daya serap air berturut-turut 346,29%, 102,25%, dan 63%.

Kuat tarik bioplastik

Kuat tarik merupakan salah satu parameter mekanik yang menunjukkan nilai gaya maksimum yang diproduksi jika dilakukan uji tarik pada setiap satuan luas bioplastik. Parameter ini digunakan untuk menentukan formula bioplastik yang terbaik pada penelitian ini. Pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol yang berbeda terhadap nilai kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Pengaruh penambahan sorbitol terhadap daya serap air pada bioplastik selama 24 jam
 Figure 3. Effect of sorbitol addition on bioplastics water absorption for 24 hours

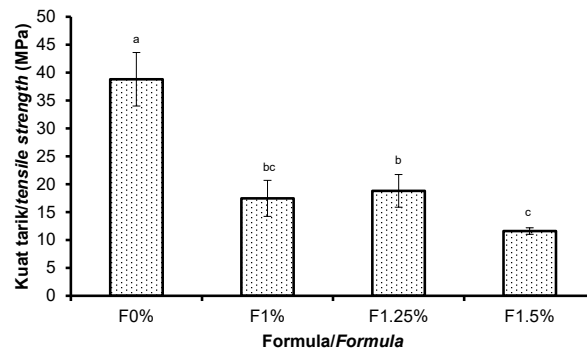
Konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik bioplastik ($p < 0,05$). Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* sorbitol yang ditambahkan semakin rendah nilai kuat tariknya. Nilai kuat tarik yang tertinggi ditunjukkan pada perlakuan F0% yakni sebesar $38,81 \pm 4,81$ MPa, sedangkan nilai terendah ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi 1,5% sebesar $11,61 \pm 0,58$ MPa. Hasil ini mengindikasikan bahwa tanpa penambahan sorbitol, bioplastik berbasis agar dan kitosan memiliki sifat yang kaku sehingga mudah putus. Penambahan sorbitol pada formulasi dapat meningkatkan elastisitas sehingga bioplastik yang dihasilkan tidak mudah putus.

Widyaningsih et al. (2012) menyatakan bahwa *plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen internal molekul dan menyebabkan melemahnya gaya tarik intermolekul rantai polimer yang berdekatan sehingga daya regang putus menjadi berkurang. Jumlah gugus hidroksil yang banyak pada sorbitol menyebabkan peningkatan jumlah pembentukan ikatan hidrogen dalam bioplastik. Selain itu, penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat juga meningkatkan fleksibilitas bioplastik (Hidayati et al., 2019).

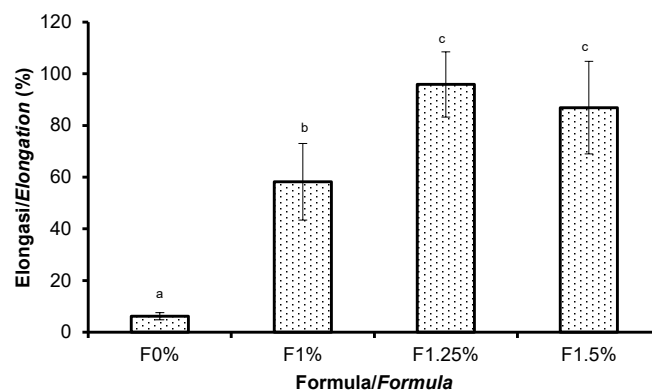
Hasil pengujian kuat tarik bioplastik dengan penambahan konsentrasi sorbitol $\leq 1,25\%$ sudah sesuai dengan SNI 7818:2014 (BSN, 2014) untuk kantong plastik yang mudah terurai yaitu minimal sebesar 13,7 MPa. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan hasil yang selaras dengan hasil penelitian ini. Hidayati et al. (2015) yang menggunakan bahan *nata de* singkong dan sorbitol melaporkan bahwa nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan menjadi semakin rendah dengan semakin banyaknya jumlah sorbitol yang ditambahkan. Selain itu, hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa penambahan sorbitol 3 mL pada pembuatan bioplastik agar-kitosan telah menghasilkan kekuatan tarik sesuai standar SNI.

Elongasi bioplastik

Elongasi atau persen pemanjangan merupakan perbandingan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel *film* terputus dengan panjang awal (Widyaningsih et al., 2012). Nilai elongasi umumnya berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik. Pengaruh penambahan konsentrasi sorbitol yang berbeda terhadap nilai elongasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Pengaruh penambahan sorbitol terhadap nilai kuat tarik bioplastik
 Figure 4. Effect of sorbitol addition on the tensile strength value of bioplastics



Gambar 5. Pengaruh penambahan sorbitol terhadap nilai elongasi bioplastik
 Gambar 5. Effect of sorbitol addition on elongation value of bioplastics

Konsentrasi sorbitol berpengaruh nyata terhadap nilai elongasi bioplastik ($p < 0,05$). Penambahan konsentrasi sorbitol menyebabkan nilai elongasi bertambah. Namun, nilai elongasi pada perlakuan penambahan sorbitol 1,25% dan 1,5% menunjukkan tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik bioplastik menjadi lebih elastis dengan peningkatan jumlah sorbitol di dalam matriks polimer. Bioplastik yang tidak ditambahkan sorbitol (F0%) memiliki nilai elongasi yang rendah yakni $6,22 \pm 1,39\%$, yang mengindikasikan sifat bioplastik yang rapuh karena mudah terputus saat dilakukan penarikan.

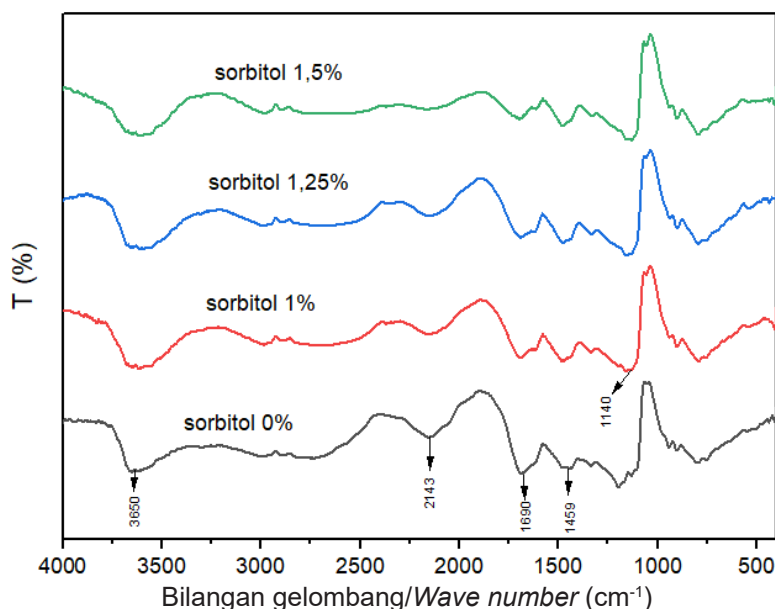
Kalsum et al. (2020) menyatakan bahwa konsentrasi sorbitol yang bertambah menyebabkan energi aktivasi untuk pergerakan molekul dalam matriks semakin berkurang sehingga menyebabkan peningkatan daya elastis pada bioplastik. *Plasticizer* mampu mengurangi kerapuhan dan mengikat ikatan hidrogen antar molekul. Ballesteros-Martinez et al. (2020) menyatakan bahwa meningkatnya nilai elongasi disebabkan oleh masuknya molekul *plasticizer* ke dalam matriks polimer. Molekul *plasticizer* menempati matriks tersebut melalui ikatan hidrogen yang mungkin mengubah struktur polimer menjadi lebih fleksibel. Meskipun penambahan sorbitol mampu meningkatkan tingkat kemuluran film bioplastik agar-kitosan, namun hasil pengujian elongasi pada penelitian ini masih belum sesuai dengan standar mutu untuk kantung plastik

mudah terurai. Persyaratan mutu nilai elongasi atau kemuluran berdasarkan SNI 7818:2014 (BSN, 2014) adalah 400-1120%.

Profil Gugus Fungsi Bioplastik

Gugus fungsi bioplastik dianalisis berdasarkan spektrum FTIR. Spektrum bioplastik dengan perbedaan penambahan konsentrasi sorbitol dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil pengujian spektrum IR pada sampel bioplastik dengan beberapa perlakuan menunjukkan bahwa terdapat beberapa serapan gugus fungsi, antara lain gugus C-H, gugus hidroksil (-OH), amida (-NH), dan C-O.

Gugus fungsi C-H ditunjukkan pada bilangan gelombang 1.469 cm^{-1} ditemukan pada semua sampel, karena gugus ini umumnya terkait senyawa organik. Gugus C-H ini diduga berasal getaran C-H dalam gugus substituen atau kerangka karbon alifatik kitosan sehingga gugus fungsi ini ditemukan pada semua perlakuan dengan intensitas yang identik. Selain itu, gugus hidroksil (OH) yang ditunjukkan pada bilangan gelombang 3.650 cm^{-1} ditemukan pada semua perlakuan. Namun, serapan gugus hidroksil mengalami pelebaran seiring bertambahnya jumlah sorbitol. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antar komponen penyusun biofilm, serta penggabungan gugus -OH yang berasal dari sorbitol. Sorbitol adalah salah satu jenis poliol dengan struktur yang mengandung banyak gugus hidroksil (OH) yang melekat pada setiap karbon (Tian et al. 2017).



Gambar 6. Spektrum FTIR bioplastik dengan penambahan jumlah sorbitol yang berbeda
 Figure 6. FTIR spectra of bioplastics with the addition of different amounts of sorbitol

Bilangan gelombang 1.690 cm^{-1} ditemukan pada semua sampel yang menunjukkan adanya gugus amida yang terdapat pada kitosan. Puncak ini muncul akibat ikatan rangkap dua antara karbon dan oksigen dalam gugus C=O serta ikatan N-H pada gugus amida. Akan tetapi, intensitas pada bilangan gelombang ini melemah seiring meningkatnya jumlah sorbitol yang digunakan pada pembuatan biofilm. Selain itu, perubahan intensitas ini juga terjadi pada bilangan gelombang 2.143 cm^{-1} . Hal ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: adanya interaksi antara komponen pembentuk biofilm, terjadi perubahan struktur molekul dan adanya perubahan konsentrasi relatif komponen penyusun biofilm. Pelemahan atau perubahan intensitas puncak pada bilangan gelombang diduga karena ada interaksi antara gugus fungsi dari komponen penyusun biofilm. Interaksi hidrogen antara molekul-molekul dalam campuran komposit dapat mempengaruhi getaran dalam spektrum inframerah. Gugus hidroksil dalam kitosan, agar, dan sorbitol memiliki potensi untuk membentuk ikatan hidrogen sehingga dapat mempengaruhi getaran pada bilangan gelombang 1.690 cm^{-1} dan 2.155 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa sorbitol merupakan *plasticizer* yang cocok untuk digunakan dalam bioplastik berbahan kitosan dan agar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa gugus hidroksil aktif dari sorbitol menjadikannya sebagai *plasticizer* yang efektif untuk beberapa polimer kaya -OH atau -NH (Mohsin et al., 2011), termasuk kitosan (Chen & Zhao 2012) dan pati (Dufresne & Castano 2017).






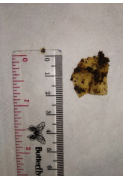
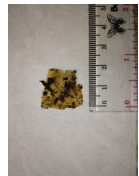
Gugus C-O yang pada bilangan gelombang 1169 cm^{-1} hanya ditemukan pada sampel yang diberikan sorbitol. Semakin banyak sorbitol yang ditambahkan pada bioplastik semakin kuat intensitas gugus C-O. Hal ini mengindikasikan bahwa gugus tersebut berasal dari sorbitol. Sorbitol memiliki gugus C-O (ikatan karbonoksi) dalam setiap atom karbon (kecuali ujungnya) (Mohsin et al., 2011). Oleh karena itu, sorbitol dapat memberikan kontribusi pada puncak-puncak dalam spektrum inframerah di daerah sekitar bilangan gelombang 1.167 cm^{-1} yang terkait dengan getaran dalam gugus C-O.

Adapun hal menarik yang ditemukan pada spektrum FTIR, yakni ditemukan gugus ikatan rangkap tiga (C≡C) pada bilangan gelombang 2.155 cm^{-1} . Gugus ini tidak berasal dari struktur asli dari komponen biofilm, baik kitosan, agar ataupun sorbitol. Munculnya gugus ini diduga berkaitan dengan interaksi antara berbagai gugus fungsi pada komponen penyusun biofilm, sehingga mempengaruhi distribusi energi getaran dalam spektrum inframerah. Dalam hal ini, perubahan pada puncak spektrum inframerah mungkin bukan disebabkan oleh pembentukan ikatan rangkap tiga, tetapi lebih berkaitan dengan perubahan interaksi ikatan hidrogen, distribusi energi getaran, atau struktur molekul yang terlibat.

Degradasi Bioplastik

Pengujian degradasi bioplastik dilakukan dengan metode penguburan dalam tanah selama 20 hari. Hasil pengujian degradasi bioplastik dapat dilihat pada Tabel 2. Perlakuan sorbitol 0% memiliki

Tabel 2. Hasil uji degradasi bioplastik
 Table 2. Results of bioplastic degradation test

Hari Pengamatan/ Observation Day	Fomula Bioplastik /Formula of bioplastics			
	F0%	F1%	F1.25%	F1.5%
H-0/D-0				
H-15/D-15	Terdegradasi			

waktu degradasi yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lain. Perlakuan penambahan sorbitol 1,25% dan 1,5% memiliki waktu yang lebih lama yaitu terdegradasi sempurna di hari ke-20. Bioplastik dengan *plasticizer* sorbitol 1,25% dan 1,5% memiliki waktu degradasi yang lebih lama karena jumlah konsentrasi yang tinggi membuat ikatan antar molekul lebih kuat. Ikatan antar molekul yang kuat akan sulit untuk rusak dan membusuk dalam tanah (Rahmatullah et al., 2022).

Proses pengujian degradasi bioplastik ini menggunakan tanah dengan pH 8 dan kandungan air yang tinggi. Marianah (2013) menyatakan bahwa pH 6-8 merupakan pH optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme. Umumnya proses degradasi terjadi karena bioplastik dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya (Sumarsono, 2011). Gaur et al. (2020) menjelaskan bahwa mikroorganisme akan menggunakan nutrisi berupa karbon dari polimer untuk pertumbuhannya yang diikuti dengan proses degradasi polimer. Mikroorganisme mengeluarkan enzim ekstraseluler dan polimer rantai panjang berbobot molekul tinggi akan terbelah dan membentuk monomer yang memiliki berat molekul rendah dan berukuran kecil. Senyawa berukuran kecil ini mudah digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi. Faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan degradasi dalam tanah yaitu kelembaban, jenis mikroorganisme, temperatur, pH, jenis polimer, dan ketebalan polimer (Sumarsono, 2011).

KESIMPULAN

Bioplastik berbasis agar dan kitosan dengan penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* telah berhasil disintesis. Sorbitol yang digunakan dalam sintesis bioplastik agar/kitosan terbukti mampu meningkatkan karakteristik mekanis dan sifat biodegradasi film bioplastik yang dihasilkan. Formula bioplastik dengan penambahan sorbitol 1,25% (b/v) menunjukkan hasil terbaik yaitu dengan nilai daya serap air yang rendah, elongasi tinggi serta memiliki nilai kuat tarik yang telah memenuhi syarat mutu kantung plastik yang mudah terurai berdasarkan SNI 7818:2014.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor atas bantuan pendanaan melalui insentif inovasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusman., Fransiska, D., Murdinah., Wahyuni, T., Irianto, H. E., Priambudi, P., Fateha., Abdullah, A. H. D., Nissa, R. D., Firdiana, B., & Nurhayati. (2022). Physical properties of bioplastic agar/chitosan blend. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 978, 1-11. doi:10.1088/1755-1315/978/1/012046.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2005). *Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics, D638*. Philadelphia (US): American Society for Testing and Materials.
- Ballesteros-Martinez, L., Perez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*, 20, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2014). SNI 7818:2014. *Kantong plastik mudah terurai*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Republik Indonesia.
- Chen, J. L., & Zhao, Y. (2012). Effect of molecular weight, acid, and plasticizer on the physicochemical and antibacterial properties of β -chitosan based films. *J Food Sci.*, 77(5), E127–E36.
- Dufresne, A., & Castano, J. (2017). Polysaccharide nanomaterial reinforced starch nanocomposites: a review. *Starch-Starke*, 69(4), 23–6.
- Dwimayasanti, R., & Kumayanjati, B. (2019). Karakterisasi edible film dari karagenan dan kitosan dengan metode layer by layer. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 14(2), 141-150.
- EI-Hefian, E. A., Nasef, M. M., & Yahaya, A. H. (2012). Preparation and characterization of chitosan/ agar blended films: part 1. chemical structure and morphology. *E-Journal of Chemistry*, 9(3), 1431-1439.
- Estiningtyas H. R. (2010). Aplikasi *edible film* maizena dengan penambahan ekstrak jahe sebagai antioksidan alami pada *coating* sosis sapi. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Fatma, Malaka, R., & Taufik, M. (2015). Karakteristik *edible film* berbahan whey dangke dan agar dengan menggunakan gliserol dengan persentase berbeda. *JITP.*, 4(2), 63-69.
- Fransiska, D., Giyatmi, Irianto, H.E., Darmawan, M., & Melanie, S. (2018). Karakteristik film k-karagenan dengan penambahan *plasticizer* polietilen glikol. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 13(1), 13-20. DOI :<http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v13i1.504>
- Gaur, N., Chowdhary, R., Brunwal, D., Singh, R., & Maitra, S. S. (2020). *Degradation of plastic in environment and its implications with special reference to aromatic polyesters*. New Delhi: Jawaharlal Nehru University.
- Ginting, M. H. S., Lubis, M., Sidabutar, T. & Sirait, T. P. (2018). The effect of increasing chitosan on the characteristics of bioplastic from starch talas (*Colocasia esculenta*) using *plasticizer* sorbitol. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 126, 012147,
- Hartatik, Y. D., Nuriyah L., & Iswarin. (2014). Pengaruh

- Komposisi Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradable Bioplastik. *Brawijaya Physics Student Journal*, 2(1).
- Hidayati, S., Zuidar, A.S., & Ardiani, A., (2015), Aplikasi Sorbitol pada Produksi Biodegradable Film dari *Nata De Cassava*. *Reaktor*, 15(3), 196-204, <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.15.3.196-204>.
- Hidayati, S., Zulferiyenni, & Satyajaya, W. (2019). Optimasi pembuatan *biodegradable film* dari selulosa limbah padat rumput laut *Eucaema cottonii* dengan penambahan gliserol, kitosan, cmc dan tapioca. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(2), 340-354.
- Julianto, G. E., Ustadi., & Husni, A. (2011). Karakterisasi *edible film* dari gelatin kulit nila merah dengan penambahan plasticizer sorbitol dan asam palmitat. *Jurnal Perikanan*, 8(1), 27-34.
- Kalsum, U., Juniar, H., & Saputri, I. K. (2020). Pengaruh sorbitol dan carboxymethyl pada bioplastik dari ampas tebu dan ampas tahu. *Distilasi*, 5(1), 21-26.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLKH). (2023). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kusumaningtyas, R. D., Putri, R. D. A., Badriah, N., & Faizah, F. E. N. (2018). Preparation and characterization of edible film from sorghum starch with glycerol and sorbitol as plasticizers. *Journal of Engineering Science and Technology*, 47-55.
- Lusiana, S. W., Putri, D., Nurazizah, Ida, Z., & Bahruddin. (2019). Bioplastic Properties of Sago-PVA Starch with Glycerol and Sorbitol Plasticizers. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1351 01210.
- Marianah, L. (2013). *Analisis pemberian Trichoderma sp terhadap pertumbuhan kedelai*. Jambi: Balai Pelatihan Pertanian Jambi.
- Maulida, Siagian, M., Tarigan, P. (2016). Production of starch based bioplastic from cassava peel reinforced with microcrystalline cellulose avicel PH101 using sorbitol as plasticizer. *Journal of Physics.*, 710, 1-8. doi:10.1088/1742-6596/710/1/012012.
- Mohsin, M., Hossin, A., & Haik, Y. (2011). Thermomechanical properties of poly(vinyl alcohol) plasticized with varying ratios of sorbitol. *Mat Sci Eng A-Struct.* ,528(3):925–30.
- Ng, J. S., Kiew, P. L., Lam, M. K., Yeoh, W. M., & Ho, M. Y. (2021). Preliminary evaluation of the properties and biodegradability of glycerol- and sorbitol-plasticized potato-based bioplastics. *International Journal of Environmental Science and Technology*, doi:10.1007/s13762-021-03213-5.
- Nurhabibah, Syahnya, A., & Wida B. K. (2021). Karakterisasi Bioplastik dari K-karagenan *Eucaema Cottonii* Terplastisasi Berpenguat Nanoselulosa. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 43(2). doi:10.24817/jkk.v43i2.6808.
- Pari, R. F., Mayangsari, D., & Hardiningtyas, S. D. (2022). Depolimerisasi kitosan dari cangkang udang dengan enzim papain dan iradiasi sinar ultraviolet. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(1), 118-131.
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2009). *Handbook of Hydrocolloids: Second Edition*. England: Woodhead Publishing.
- Priyadarshi R, Rhim JW, (2020). Chitosan-based biodegradable functional films for food packaging applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 62, 102346, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102346>.
- Rahmatullah, P. R. W., Rendana, M., Waluyo, U., & Andrianto, T. (2022). Effect of Plasticizer and Concentration on Characteristics of Bioplastic Based on Cellulose Acetate from Kapok (*Ceiba pentandra*) Fiber. *Science and Technology Indonesia*, 7(1), 73-83.
- Rhim, J. W., & Wang, L. F. (2013). Mechanical and water barrier properties of agar/kcarrageenan/konjac glucomannan ternary blend biohydrogel films. *Carbohydr. Polym.*; 96(1), 71–81. doi:10.1016/j.carbpol.2013.03.083.
- Rudin, A., & Choi, P. (2013). *The Elements of Polymer Science & Engineering (3rd Ed.)*. Waltham, MA: Academic Press.
- Sari, Y. W., Putri, S. Y., Intan, N., Bahtiar, A., & Kurniati, M. (2021). The effect of sorbitol and sweet sorghum to carrageenan ratio on the physicochemical properties of sweet sorghum/carrageenan bioplastics. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-10. doi:10.1007/s13399-020-01254-3.
- Setijawati, D. (2017). Penggunaan *Eucaema sp.* dan Chitosan Sebagai Edible Film Terhadap Kualitasnya. *Journal of Fisheries dan Marine Research*, 1(1), 6-14.
- Sitompul, A. J. W. S., & Zubaidah, E. (2017). Pengaruh jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap sifat fisik *edible film* kolang kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(1), 13-25.
- Sumarsono, T. (2011). Efektivitas jenis dan konsentrasi nutrient dalam biomediasi tanah tercemar minyak mentah yang diaugmentasi dengan konsorsium bakteri. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Tian, H., Liu, D., Yao, Y., Ma, S., Zhang, X., & Xiang, A. (2017). Effect of Sorbitol Plasticizer on the Structure and Properties of Melt Processed Polyvinyl Alcohol Films. *J Food Sci.* 82(12), 2926-2932. doi: 10.1111/1750-3841.13950.
- Vieira, M. G. A., Da Silva, M. A., Dos Santos, L. L., & Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: a review. *Eur. Polym. J.*, 47, 254-263. 10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011.
- Widyaningsih, S., Kartika, D., & Nurhayati, Y. T. (2012). Pengaruh penambahan sorbitol dan kalsium karbonat Terhadap karakteristik dan sifat biodegradasi film Dari pati kulit pisang. *Molekul*, 7(1), 69-81.