
Pengaruh Konsentrasi Polivinil Alkohol dan Lama Pengadukan pada Proses Pemanasan terhadap Karakteristik Komposit Biotermoplastik Maizena dan Glukomanan

The Effect of Polyvinyl Alcohol Concentration and Stirring Time in Heating Process on The Characteristics of Maizena and Glucomannan Biothermoplastic Composites

Sando F. Limbong, Bambang Admadi Harsojuwono*, Amna Hartiati

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia

*email: bambang.admadi@unud.ac.id

Abstract

This study aims to determine the effect of polyvinyl alcohol (PVA) concentration and stirring time on the heating process and their interactions on the characteristics of the cornstarch-glucomannan biothermoplastic composite. This study used a factorial randomized experimental group design. The first factor is the concentration of polyvinyl alcohol which consists of 4 levels, namely 3.5%, 4%, 4.5%, and 5% (w/w). The second factor is the stirring time in the heating process which consists of 4 levels, namely 3, 4, 5, and 6 minutes. The variables observed in this study were tensile strength, elongation at break, elasticity, swelling, water vapor transmission rate, biodegradation, and functional groups. The results showed that the concentration of polyvinyl alcohol (PVA) had a very significant effect on tensile strength, elongation at break, and elasticity, but had no significant effect on swelling, water vapor transmission rate, and biodegradation. While the stirring time in the heating process has a very significant effect on tensile strength and elasticity, but has no significant effect on elongation at break, swelling, water vapor transmission rate, and biodegradation of biothermoplastic maizena-glucomannan. The interaction between treatments had no effect on the biothermoplastic characteristics. The best biothermoplastic composites are polyvinyl alcohol concentration of 5% and stirring time of the heating process 6 minutes with a tensile strength value of 29.47 MPa, elongation at break 10.99%, elasticity 268.21 MPa, swelling 65.02%, water vapor transmission rate 1.05 g/m².hour, and the rate of biodegradation for 6 days. The results of functional group analysis showed the presence of hydroxyl (O-H), carbonyl (C=O), C=C aromatic, carboxyl (C-O) and hydrocarbon -(CH₂)_n.

Keyword: *Biothermoplastic, cornstarch, glucomannan, polyvinyl alcohol (PVA), stirring time.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan pengaruh konsentrasi polivinil alkohol (PVA) dan lama pengadukan pada proses pemanasan serta interaksinya terhadap karakteristik komposit biotermoplastik maizena-glukomanan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola Faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi polivinil alkohol yang terdiri dari 4 taraf, yaitu 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5% (b/b). Faktor kedua adalah lama pengadukan pada proses pemanasan yang terdiri dari 4 taraf, yaitu 3, 4, 5, dan 6 menit. Variabel yang diamati dalam penelitian ini yaitu kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, pengembangan tebal, laju transmisi uap air, biodegradasi, dan gugus fungsi. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi polivinil alkohol (PVA) berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tarik, perpanjangan saat putus, dan elastisitas, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal, laju transmisi uap air, dan biodegradasi. Sementara lama pengadukan pada proses pemanasan berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tarik, dan elastisitas, akan tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus, pengembangan tebal, laju transmisi uap air, dan biodegradasi biotermoplastik maizena-glukomanan. Interaksi antar perlakuan tidak berpengaruh terhadap karakteristik biotermoplastik. Komposit biotermoplastik terbaik dimiliki oleh konsentrasi polivinil alkohol 5% dan lama pengadukan proses pemanasan 6 menit dengan nilai kuat tarik 29,47 MPa, perpanjangan saat putus 10,99%, elastisitas 268,21 MPa, pengembangan tebal 65,02%, laju transmisi uap air 1,05 g/m².jam, dan laju biodegradasi selama 6 hari. Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (O-H), karbonil (C=O), C=C aromatik, karboksil (C-O), dan hidrokarbon -(CH₂)_n.

Kata kunci: *Biotermoplastik, maizena, glukomanan, polivinil alkohol (PVA), lama pengadukan.*

PENDAHULUAN

Plastik merupakan komponen yang sangat diperlukan manusia dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki banyak kegunaan dan sifatnya yang praktis juga ekonomis (Nurminah, 2002). Penggunaannya yang semakin meningkat mengakibatkan dampak buruk bagi lingkungan juga ikut meningkat, dikarenakan sulit diurai oleh mikroorganisme di alam dan sumber bahan bakunya yang membutuhkan waktu yang lama untuk dapat diperbaharui (Xu *et al.*, 2018). Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan mengembangkan biotermoplastik (*biodegradable thermoplastic*).

Biotermoplastik dalam penelitian ini menggunakan bahan baku maizena dan glukomanan. Maizena memiliki amilosa 25-30% dan amilopektin 70-75% (Suarni dan Widowati, 2007), sedangkan glukomanan memiliki gugus asetil yang mampu berikatan dengan amilopektin sehingga mampu menghasilkan komposit biotermoplastik dengan karakteristik yang lebih baik (Harsojuwono, 2011). Penelitian bioplastik berbahan baku maizena-glukomanan telah banyak dilakukan sebelumnya, namun hasilnya masih memiliki banyak kekurangan dan karakteristiknya belum memenuhi standar. Oleh karena itu diperlukan perlakuan khusus yang mampu meningkatkan karakteristik biotermoplastik yang dihasilkan, dalam hal ini yaitu penambahan konsentrasi polivinil alkohol (PVA) dan lama pengadukan proses pemanasan.

Polivinil alkohol (PVA) merupakan polimer sintesis *biodegradable* hidrofilik yang dapat membentuk film dengan baik, larut dalam air, fleksibilitas yang baik, mudah dalam proses, dan tidak beracun. Penambahan polivinil alkohol (PVA) dapat meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan, sehingga kemungkinan dengan peningkatan konsentrasi polivinil alkohol pada komposit biotermoplastik maizena-glukomanan akan meningkatkan kuat tarik, perpanjangan saat putus, dan elastisitas biotermoplastik yang dihasilkan. Penambahan polivinil alkohol perlu diperhatikan agar mendapatkan konsentrasi yang tepat. Konsentrasi polivinil alkohol yang berlebihan juga dapat mempengaruhi sifat pengembangan tebal dan laju transmisi uap air biotermoplastik. Hal ini dikarenakan polivinil alkohol bersifat hidrofilik, sehingga peningkatan konsentrasinya dapat menurunkan ketahanan biotermoplastik terhadap air dan laju transmisi uap airnya semakin cepat yang mengakibatkan biotermoplastik menjadi rentan mengalami kerusakan.

Lama pengadukan pada proses pemanasan juga mempengaruhi karakteristik komposit biotermoplastik yang dihasilkan. Menurut Tang & Alavi, (2011) lama pengadukan dalam pembuatan

komposit mempengaruhi sifat mekanik biotermoplastik. Lama pengadukan proses pemanasan juga akan mempengaruhi homogenitas komposit biotermoplastik. Artinya semakin rendah dan semakin pendek lama pengadukannya maka semakin rendah homogenitas campuran bahan-bahan komposit sehingga menurunkan reaksi yang mendukung sifat mekanik biotermoplastik (Sanyang *et al.*, 2015). Lama pengadukan proses pemanasan yang berlebihan akan mengakibatkan semakin banyak uap air yang keluar sehingga mengakibatkan biotermoplastik menjadi kering dan tidak fleksibel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi polivinil alkohol (PVA) dan lama pengadukan proses pemanasan serta interaksi keduanya terhadap karakteristik komposit biotermoplastik maizena-glukomanan dan juga untuk menentukan konsentrasi polivinil alkohol (PVA) dan lama pengadukan proses pemanasan yang optimal untuk menghasilkan karakteristik komposit biotermoplastik maizena dan glukomanan dengan karakteristik terbaik dan dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) maupun Standar Internasional (SI).

METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung maizena (*maizenaku*) yang diperoleh dari Indomaret dan glukomanan dari umbi porang (*konjac*) yang diperoleh dari CV. Nura Jaya, Malang. Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades, asam asetat/asam cuka, gliserol dan polivinil alkohol (PVA).

Peralatan yang digunakan yaitu batang pengaduk, sendok, gelas ukur, pinset, cetakan teflon ukuran 20 cm, gelas beker 100 ml dan 250 ml, pipet tetes, termometer, *hot plate* (JP. SELECTA), panci, mesin pengering, cawan petri, timbangan analitik (*ohaus*), desikator, *silica gel*. Alat pengujian komposit bioplastik meliputi: Alat uji mekanik (ASTM D638 *Strength ZP Recorder 50 N Imada*) dan alat uji FTIR Spektrometer (*IR Prestidge-21 Shimadzu*).

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi polivinil alkohol (PVA) yang terdiri dari 4 taraf, yaitu: 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5% (b/b). Faktor kedua adalah lama pengadukan pada proses pemanasan yang terdiri dari 4 taraf, yaitu: 3, 4, 5, dan 6 menit. Berdasarkan faktor tersebut, maka akan diperoleh 16 kombinasi perlakuan yang dikelompokkan dalam 2 waktu pembuatan komposit biotermoplastik, sehingga akan didapat total 32 unit percobaan. Kemudian data yang didapat akan

dianalisis keberagamannya (ANOVA), dan apabila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji berganda Duncan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Minitab 17.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menimbang maizena sebanyak 4,5 g dan glukomanan 1,5 g, polivinil alkohol (PVA) sesuai perlakuan (3,5%; 4,0%; 4,5 % dan 5,0%) b/b dari total bahan, 1 g gliserol, dan pelarut asam asetat 1% hingga berat total bahan 100 g. Maizena, glukomanan, dan polivinil alkohol (PVA) masing-masing dimasukkan dalam gelas beker berbeda secara terpisah. Kemudian membagi pelarut asam asetat 1% ke dalam beker maizena dan glukomanan sama rata. Gelas beker yang berisi suspensi maizena dipanaskan dan diaduk pada suhu $75 \pm 1^\circ\text{C}$ selama ± 5 menit di atas *hotplate* hingga membentuk gel, sedangkan gelas beker yang berisi glukomanan hanya perlu diaduk tanpa dipanaskan untuk membentuk gel. Setelah maizena sudah membentuk gel, kemudian dimasukkan berturut-turut suspensi glukomanan, gliserol dan polivinil alkohol lalu dipanaskan pada suhu $80 \pm 1^\circ\text{C}$ dan diaduk sesuai perlakuan (3, 4, 5, 6 menit). Seluruh pengadukan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan batang pengaduk dengan ± 60 repetisi / menit. Setelah homogen dan membentuk gel dituang dalam teflon cetakan berdiameter 20 cm. Setelah itu,

gel dikeringkan pada alat pengering selama 7 jam dengan suhu 50°C . Komposit biotermoplastik yang sudah kering dikeluarkan dari mesin pengering lalu didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam, selanjutnya komposit biotermoplastik dapat dikeluarkan dari teflon (Harsojuwono *et al.*, 2018).

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini, antara lain kekuatan tarik (*Tensile strength*) (SNI 7188.7:2016), perpanjangan tarik (*Tensile elongation*) (SNI 7818:2014), elastisitas (*Modulus Young*) (SNI 7818: 2014), pengembangan tebal (*Swelling*) (EN 317), laju transmisi uap air (WVTR) (JIS 2-1707), biodegradasi (SNI 7188.7: 2016) dan gugus fungsi dengan FTIR (Gable, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Berdasarkan analisis keragaman yang telah dilakukan, hasil yang didapat menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi polivinil alkohol dan lama pengadukan pada proses pemanasan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kuat tarik, sedangkan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap karakteristik kuat tarik komposit biotermoplastik maizena-glukomanan. Nilai kuat tarik pada penelitian ini berkisar antara 11,83 - 29,47 MPa dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kuat tarik (MPa) komposit biotermoplastik maizena-glukomanan.

Konsentrasi PVA (%)	Lama Pengadukan Proses Pemanasan (menit)			
	3	4	5	6
3,5	11,83 \pm 0,53 g	12,30 \pm 0,36 fg	12,75 \pm 0,59 fg	13,18 \pm 0,22 f
4	18,81 \pm 0,31 e	19,31 \pm 0,15 e	19,46 \pm 0,08 e	19,75 \pm 0,35 e
4,5	22,15 \pm 0,12 d	22,60 \pm 0,26 d	22,81 \pm 0,03 d	23,16 \pm 0,00 d
5	27,13 \pm 0,61 c	27,78 \pm 0,94 bc	28,80 \pm 1,38 ab	29,47 \pm 1,70 a

Keterangan : Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Kuat tarik merupakan jumlah tegangan maksimum yang diperlukan oleh sampel uji untuk menahan gaya yang diberikan (Hartatik *et al.*, 2014). Semakin tinggi nilai dari kuat tarik, maka akan meningkatkan fungsi biotermoplastik untuk dijadikan sebagai bahan kemasan. Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi dimiliki oleh komposit biotermoplastik maizena-glukomanan konsentrasi PVA 5% dengan lama pengadukan proses pemanasan 6 menit sebesar 29,47 \pm 1,70 MPa yang tidak berbeda nyata dengan biotermoplastik konsentrasi PVA 5% lama pengadukan 5 menit. Sedangkan untuk nilai kuat tarik komposit biotermoplastik terendah dimiliki

biotermoplastik konsentrasi PVA 3,5% dengan lama pengadukan 3 menit sebesar 11,83 \pm 0,53 MPa yang tidak berbeda nyata dengan komposit biotermoplastik konsentrasi PVA 3,5% lama pengadukan 4 dan 5 menit.

Penambahan polivinil alkohol (PVA) berbanding lurus dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan, hal ini dibuktikan dengan konsentrasi polivinil alkohol terbesar yaitu 5% dengan lama pengadukan 6 menit mendapatkan nilai kuat tarik tertinggi. Peningkatan nilai kuat tarik komposit biotermoplastik dikarenakan polivinil alkohol sendiri memiliki kemampuan untuk membentuk film yang baik,

fleksibilitas yang baik, dan memiliki sifat kekuatan tarik yang tinggi. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Swandaru (2011), yang menunjukkan bahwa penambahan polivinil alkohol berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan dan fleksibilitas dari foam biotermoplastik. Selain pengaruh konsentrasi polivinil alkohol, lama pengadukan pada proses pemanasan juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan maka akan semakin tinggi pula nilai kuat tariknya. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pemanasan saat proses pengadukan, semakin tinggi homogenitas dan kompatibilitas komposit yang dihasilkan. Uap air yang keluar saat proses pemanasan semakin lama akan semakin banyak sehingga menyebabkan struktur molekul pada komposit akan semakin rapat dan semakin kuat. Hasil penelitian ini sudah memenuhi standar bioplastik SNI 7188.7: 2016. Dimana syarat kuat

tarik pada standar ini minimal 24,7 MPa. Komposit biotermoplastik yang sudah memenuhi standar SNI 7188.7: 2016 pada penelitian ini adalah sampel dengan konsentrasi polivinil alkohol 5% dengan lama pengadukan proses pemanasan 3 - 6 menit.

Perpanjangan Saat Putus (*Elongation*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman yang dilakukan, konsentrasi polivinil alkohol berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan lama pengadukan pada proses pemanasan dan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus komposit biotermoplastik maizena-glukomanan. Nilai perpanjangan saat putus komposit biotermoplastik maizena-glukomanan berkisar antara 6,4 - 10,99% dan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai perpanjangan saat putus (%) komposit biotermoplastik maizena- glukomanan.

Konsentrasi PVA (%)	Lama Pengadukan Proses Pemanasan (menit)			
	3	4	5	6
3,5	6,45±0,10 d	6,46±0,12 d	6,54±0,03 d	6,59±0,01 d
4	8,01±0,27 c	8,23±0,37 c	8,26±0,41 c	8,33±0,31 c
4,5	9,20±0,72 b	9,67±0,26 b	9,43±0,63 b	9,43±0,64 b
5	10,65±0,10 a	10,76±0,05 a	10,87±0,11 a	10,99±0,04 a

Keterangan : Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Perpanjangan saat putus adalah persentase perubahan panjang biotermoplastik ketika ditarik dari panjang awal hingga biotermoplastik putus (Hasanah & Haryanto, 2017). Tabel 2 menunjukkan nilai perpanjangan saat putus komposit biotermoplastik maizena-glukomanan tertinggi ada pada konsentrasi PVA 5% dengan lama pengadukan 6 menit sebesar 10,99±0,04% yang tidak berbeda nyata dengan biotermoplastik konsentrasi PVA 5% lama pengadukan 3 – 5 menit. Sedangkan untuk nilai perpanjangan putus terendah diperoleh komposit biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 3,5% lama pengadukan 3 menit sebesar 6,45±0,10% yang tidak berbeda nyata dengan komposit dengan konsentrasi PVA 3,5% lama pengadukan 4 – 6 menit.

Berdasarkan nilai perpanjangan saat putus yang dihasilkan, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi polivinil alkohol, maka semakin tinggi pula persentase elongasi yang dihasilkan. Polivinil alkohol sendiri memiliki sifat membentuk film bioplastik yang fleksibel, sehingga ikut berperan sebagai pemlastis. Selain itu *plasticizer* yang digunakan dalam hal ini gliserol juga berpengaruh terhadap nilai perpanjangan saat putus

biotermoplastik. Gliserol sendiri mampu menurunkan gaya intermolekuler pada rantai polimer, sehingga akan mengakibatkan kelenturan pada film biotermoplastik (Utami *et al.*, 2014). Sementara itu, lama pengadukan pada proses pemanasan menunjukkan peningkatan elongasi namun tidak terlalu signifikan, yang berarti perlakuan lama pengadukan 3 - 6 menit memiliki nilai yang elongasi tidak jauh berbeda.

Hasil perpanjangan saat putus biotermoplastik maizena-glukomanan terbaik pada penelitian ini (10,99%) belum memenuhi SNI 7818: 2014 dikarenakan persen elongasinya belum mencapai 400-1120%. Namun, sesuai dengan penelitian Situmorang *et al.* (2019) bioplastik dengan elongasi 10-20% sudah memenuhi standar plastik biodegradable yang termasuk dalam golongan *moderate properties*.

Elastisitas (*Modulus Young*)

Berdasarkan analisis ragam yang dilakukan, konsentrasi polivinil alkohol dan lama pengadukan pada proses pemanasan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap elastisitas biotermoplastik

maizena-glukomanan, sementara interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap elastisitas. Nilai elastisitas biotermoplastik maizena-glukomanan

berkisar antara 183,55 - 268,21 MPa dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai elastisitas (MPa) komposit biotermoplastik maizena-glukomanan.

Konsentrasi PVA (%)	Lama Pengadukan Proses Pemanasan (menit)			
	3	4	5	6
3,5	183,55±11,10 H	190,32±9,19 gh	194,83±9,90 gh	200,05±3,04 g
4	234,90±11,59 F	234,84±12,33 f	235,85±12,68 f	237,24±13,00 ef
4,5	241,46±20,10 Ef	233,83±8,98 f	242,50±16,38 ef	246,06±16,57 de
5	254,69±8,15 Cd	258,16±9,99 bc	265,11±15,32 ab	268,21±14,44 a

Keterangan : Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$).

Elastisitas (*Modulus Young*) adalah ukuran dari kekakuan bahan. Semakin kaku bahan tersebut, maka nilai elastisitasnya akan semakin tinggi juga (Darni *et al.*, 2010). Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai elastisitas tertinggi (268,21±14,44 MPa) dimiliki oleh komposit biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 5% dan lama pengadukan 6 menit yang tidak berbeda nyata dengan komposit biotermoplastik konsentrasi PVA 5% dengan lama pengadukan 5 menit. Sedangkan untuk nilai elastisitas terendah (183,55±11,10 MPa) dimiliki oleh komposit biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 3,5% lama pengadukan 4 dan 5 menit.

Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi polivinil alkohol, maka semakin tinggi pula nilai elastisitas. Demikian juga halnya dengan lama pengadukan pada proses pemanasan. Hal ini dikarenakan nilai elastisitas dipengaruhi oleh nilai kuat tarik dan perpanjangan saat putus. Situmorang *et al.* (2019) dalam penelitiannya menyatakan bahwa *modulus young* berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan perpanjangan saat putus. Faktor penambahan *plasticizer* juga mempengaruhi elastisitas, dikarenakan *plasticizer* mampu menurunkan gaya antar molekul pada ikatan komposit sehingga akan menurunkan nilai elastisitas (Pongmassangka *et al.*, 2020). Lama pengadukan juga mempengaruhi nilai elastisitas dikarenakan semakin lama waktu pengadukan pada proses pemanasan, uap air yang keluar juga akan semakin banyak sehingga komposit biotermoplastik yang dihasilkan akan semakin homogen dan semakin rapat yang menyebabkan semakin tingginya nilai elastisitas komposit.

Nilai elastisitas pada penelitian ini sudah memenuhi Standar Internasional (ASTM D638) dengan syarat 200 MPa. Elastisitas terbaik pada penelitian ini sebesar 268,21±14,44 MPa.

Pengembangan Tebal (*Swelling*)

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dilakukan menunjukkan bahwa konsentrasi polivinil alkohol, lama pengadukan pada proses pemanasan, dan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal biotermoplastik maizena-glukomanan. Nilai pengembangan tebal biotermoplastik maizena-glukomanan berkisar antara 51,53 - 77,83% dan dapat dilihat pada Gambar 1.

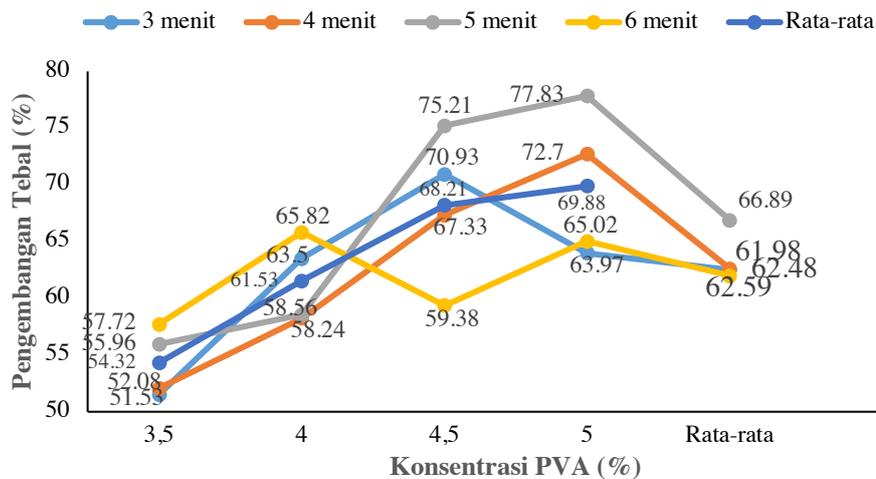
Gambar 1 menunjukkan bahwa pengembangan tebal dengan rata-rata tertinggi dimiliki oleh komposit biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 5% yaitu sebesar 69,88% yang tidak berbeda nyata dengan rata-rata ketiga konsentrasi PVA lainnya. Sementara itu, rata-rata persentase pengembangan tebal terendah dimiliki oleh biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 3% yaitu sebesar 54,32% yang tidak berbeda nyata dengan rata-rata ketiga konsentrasi PVA lainnya. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa biotermoplastik dengan lama pengadukan 5 menit mendapatkan rata-rata pengembangan tebal tertinggi sebesar 66,89% yang tidak berbeda nyata dengan biotermoplastik lama pengadukan 3, 4, dan 6 menit. Sedangkan untuk rata-rata pengembangan tebal terendah dimiliki komposit biotermoplastik dengan lama pengadukan 3 menit yaitu sebesar 62,48% yang tidak berbeda nyata dengan biotermoplastik lama pengadukan 4, 5, dan 6 menit.

Berdasarkan persentase pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan konsentrasi polivinil alkohol, maka semakin besar pula pengembangan tebal biotermoplastik. Hal ini dikarenakan polivinil alkohol memiliki gugus hidroksil yang bersifat hidrofilik, sehingga ketika konsentrasi polivinil alkohol semakin besar, maka akan semakin banyak kandungan air yang dapat diikat oleh biotermoplastik (Swandaru, 2011). Semakin besar persentase penyerapan air, semakin

besar pula pengembangan tebal biotermoplastik, namun tingkat ketahanannya terhadap air semakin rendah. Sebaliknya, semakin kecil penyerapan air, maka semakin kecil pula pengembangan tebalnya, namun tingkat ketahanannya terhadap air akan semakin tinggi. Sementara itu, pengaruh lama pengadukan pada proses pemanasan terhadap pengembangan tebal biotermoplastik menunjukkan nilai yang fluktuatif. Pengadukan selama 3 - 5 menit menunjukkan peningkatan pengembangan tebal, namun mengalami penurunan pada waktu pengadukan 6 menit. Lama pengadukan pada proses pemanasan mengakibatkan semakin banyak penguapan air yang keluar sehingga menyebabkan

biotermoplastik semakin bersifat hidrofilik dan ketika diberi perlakuan dengan media kelembaban tinggi, maka akan semakin banyak menyerap air dan akan meningkatkan persentase pengembangan tebal (Utomo *et al.*, 2013).

Komposit biotermoplastik yang diharapkan adalah komposit dengan persentase penyerapan air terkecil, yang berarti memiliki ketahanan yang tinggi terhadap air (Situmorang *et al.*, 2019). Nilai pengembangan tebal pada penelitian ini belum memenuhi standar. Dimana pengembangan tebal bioplastik pada Standar Internasional EN 317 maksimal 1,44%, sedangkan komposit terbaik pada penelitian ini yaitu 51,53%.



Gambar 1. Grafik nilai pengembangan tebal (%) biotermoplastik maizena-glukomanan.

Laju Transmisi Uap Air (*Water Vapour Transmission Rate*)

Berdasarkan hasil analisis ragam yang dilakukan menunjukkan bahwa konsentrasi polivinil alkohol, lama pengadukan pada proses pemanasan, serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap laju transmisi uap air biotermoplastik maizena-glukomanan. Nilai laju transmisi uap air komposit biotermoplastik berkisar antara 0,56 - 1,34 g/m².jam dan dapat dilihat pada Gambar 2.

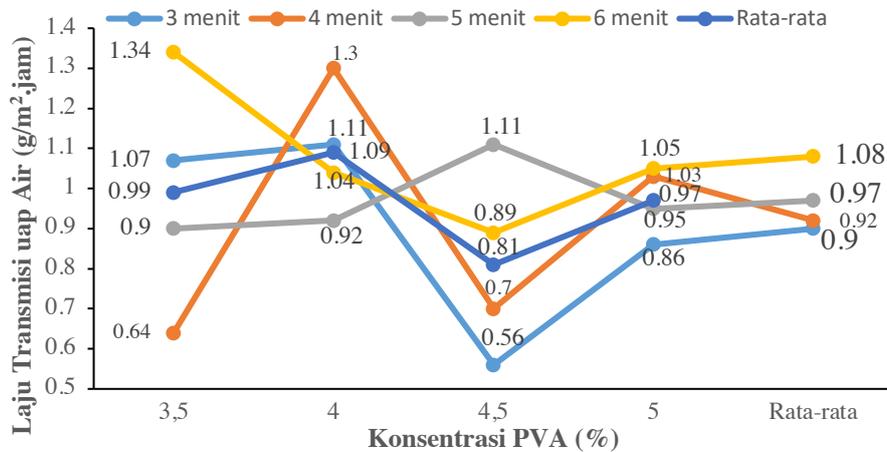
Laju transmisi uap air ini menjadi salah satu karakteristik penting bagi biotermoplastik, hal ini dikarenakan pengujian ini akan menunjukkan seberapa tahan biotermoplastik untuk menjaga kandungan uap air apabila dijadikan sebagai bahan pengemas (Purnavita & Anggraeni, 2019).

Gambar 2 menunjukkan komposit biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 4% mendapatkan rata-rata laju penyerapan uap air tertinggi sebesar 1,09g/m².jam yang tidak berbeda nyata dengan ketiga konsentrasi PVA lainnya. Sedangkan untuk rata-rata laju transmisi uap air terendah dimiliki oleh komposit biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 4,5% sebesar 0,81g/m².jam dan tidak berbeda nyata dengan

ketiga konsentrasi PVA lainnya. Gambar 2 juga menunjukkan bahwa biotermoplastik dengan lama pengadukan 6 menit mendapatkan rata-rata laju transmisi uap air tertinggi sebesar 1,08 g/m².jam yang tidak berbeda nyata dengan ketiga biotermoplastik lama pengadukan lainnya. Sedangkan untuk rata-rata laju transmisi uap air terendah dimiliki oleh komposit biotermoplastik dengan lama pengadukan 3 menit sebesar 0,90g/m².jam yang tidak berbeda nyata dengan ketiga rata-rata lama pengadukan lainnya.

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 2, terlihat bahwa rata-rata pengaruh konsentrasi polivinil alkohol menunjukkan nilai yang fluktuatif terhadap laju transmisi uap air biotermoplastik. Swandaru, (2011) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa foam yang ditambah polivinil alkohol akan meningkatkan daya serapnya terhadap air. Hal ini dikarenakan polivinil alkohol memiliki gugus hidroksil yang bersifat hidrofilik, sehingga semakin banyak konsentrasi polivinil alkohol maka semakin banyak pula air yang terserap biotermoplastik dan laju transmisi uap airnya akan semakin tinggi. Pada penelitian ini, biotermoplastik dengan konsentrasi 4,5% PVA mendapatkan kualitas terbaik meskipun

belum memenuhi standar. Hal ini kemungkinan dikarenakan tidak adanya komponen bahan yang bersifat hidrofobik dalam komposit biotermoplastik.



Gambar 2. Nilai laju transmisi uap air ($\text{g/m}^2.\text{jam}$) biotermoplastik maizena-glukomanan.

Sementara itu, rata-rata lama pengadukan pada proses pemanasan menunjukkan nilai yang berbanding lurus dengan peningkatan laju transmisi uap air. Dimana semakin lama proses pengadukan, maka nilai laju transmisi uap air akan semakin tinggi. Hal ini kemungkinan dikarenakan semakin lama waktu pengadukan proses pemanasan, maka akan semakin banyak uap air yang keluar dan ikatan dalam komposit akan semakin rapat dan homogen, sehingga akan meningkatkan sifat hidrofilik dan juga meningkatkan laju transmisi uap airnya.

Nilai laju transmisi uap air terbaik pada penelitian ini belum memenuhi standar yang berlaku. Laju transmisi uap air terbaik pada penelitian ini sebesar $0,56 \text{ g/m}^2.\text{jam}$, sementara menurut Japan International Standart (JIS 2-1707) nilai laju transmisi uap air maksimal $0,292 \text{ g/m}^2.\text{jam}$.

Biodegradasi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi polivinil alkohol, lama pengadukan pada proses pemanasan, serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap kemampuan biodegradasi biotermoplastik maizena-glukomanan. Nilai biodegradasi biotermoplastik pada penelitian ini berkisar antara 6-7 hari dan dapat dilihat pada Gambar 3.

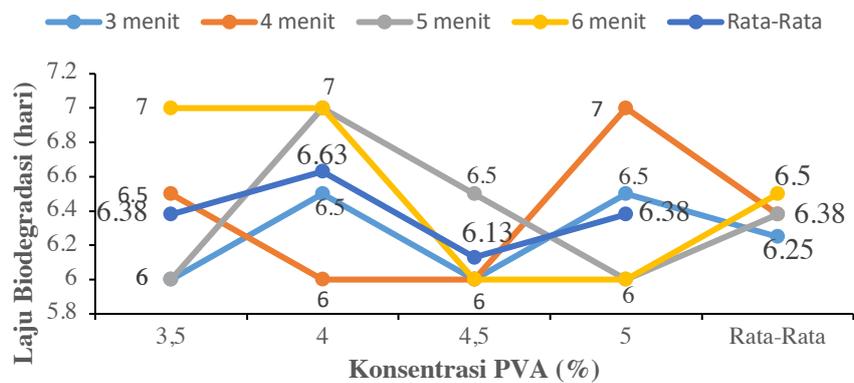
Biodegradasi merupakan kemampuan biotermoplastik untuk dapat terurai di lingkungan dengan bantuan mikroorganisme. Gambar 3 menunjukkan bahwa biotermoplastik dengan konsentrasi PVA 4% mendapatkan rata-rata biodegradasi tertinggi sebesar 6,63 hari yang tidak berbeda nyata dengan ketiga konsentrasi PVA lainnya. Sedangkan untuk rata-rata biodegradasi terendah dimiliki oleh biotermoplastik dengan

konsentrasi PVA 4,5% sebesar 6,63 hari dan tidak berbeda nyata dengan ketiga komposit konsentrasi PVA lainnya. Gambar 3 juga menunjukkan komposit dengan lama pengadukan 6 menit mendapatkan rata-rata tertinggi sebesar 6,50 hari yang tidak berbeda nyata dengan biotermoplastik lama pengadukan lainnya. Sedangkan untuk lama biotermoplastik dengan lama pengadukan 3 menit mendapatkan rata-rata terendah sebesar 6,25 hari dan tidak berpengaruh nyata terhadap biotermoplastik dengan lama pengadukan lainnya. Berdasarkan hasil pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa pengaruh konsentrasi polivinil alkohol dan lama pengadukan pada proses pemanasan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kemampuan biodegradasi biotermoplastik. Hal ini dikarenakan proses biodegradasi lebih dipengaruhi oleh pati yang berada dalam komposit biotermo-plastik. Semakin banyak jumlah pati dalam komposit, maka akan semakin banyak pula mikroorganisme yang tumbuh dan mendegradasi biotermoplastik dengan cara memutus ikatan polimer menjadi monomer melalui enzim yang dihasilkan bakteri tersebut (Higga dan Wididana, 1996 dalam Handayani & Murni, 2018). Proses biodegradasi oleh mikroorganisme ini akan menghasilkan senyawa-senyawa organik yang aman dan tidak mencemari lingkungan. Selain itu menurut Darni dan Utami, (2010) bioplastik mengandung gugus fungsi hidroksil (O-H), karbonil (C=O) dan karboksil (C-O) ester yang bersifat hidrofilik, sehingga akan mempermudah molekul air masuk dan mengakibatkan mikroorganisme masuk pada matriks komposit biotermoplastik. Sementara itu lama pengadukan pada proses pemanasan menunjukkan peningkatan nilai biodegradasi. Hal ini dikarenakan semakin lama pengadukan proses pemanasan akan

membuat komposit semakin homogen dan strukturnya akan semakin rapat. Dengan demikian, mikroorganisme akan semakin sulit untuk masuk dan menguraikan partikel penyusun biotermoplastik (Utomo *et al.*, 2013).

Kemampuan biodegradasi komposit biotermoplastik pada penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kemampuan biodegradasi semua

komposit biotermoplastik penelitian ini sudah memenuhi standar bioplastik yang berlaku. Menurut SNI 7188.7: 2016 biotermoplastik harus terdegradasi >60% dalam 7 hari, dan semua komposit biotermoplastik penelitian ini sudah terdegradasi sempurna 6 – 7 hari.



Gambar 3. Nilai biodegradasi (hari) biotermoplastik maizena-glukomanan.

Penentuan perlakuan terbaik

Penentuan perlakuan terbaik biotermoplastik maizena-glukomanan ditentukan berdasarkan banyaknya variabel sampel yang sudah memenuhi standar bioplastik, yaitu komposit biotermoplastik dengan konsentrasi polivinil alkohol 5% dan lama pengadukan pada proses pemanasan 6 menit yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Penentuan Gugus Fungsi (FTIR)

FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan bahan kimia dalam suatu polimer (Darni & Utami, 2010). Pada penelitian ini dilakukan identifikasi gugus fungsi pada bahan pembentuk biotermoplastik. Sampel pengujian FTIR adalah tepung maizena, glukomanan dan sampel yang paling banyak memenuhi standar yaitu komposit dengan konsentrasi polivinil alkohol 5% dan lama pengadukan proses pemanasan 6 menit. Hasil analisis FTIR selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Konsentrasi polivinil alkohol (PVA) berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tarik, perpanjangan saat putus, dan elastisitas, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal, laju transmisi uap air, dan biodegradasi biotermoplastik maizena-glukomanan. Lama pengadukan pada proses

pemanasan berpengaruh sangat nyata terhadap kuat tarik, dan elastisitas, akan tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus, pengembangan tebal, laju transmisi uap air, dan biodegradasi biotermoplastik maizena-glukomanan. Sedangkan interaksi antar perlakuan tidak berpengaruh terhadap karakteristik biotermoplastik maizena-glukomanan. Komposit biotermoplastik terbaik dimiliki oleh komposit dengan konsentrasi 5% polivinil alkohol dan lama pengadukan proses pemanasan 6 menit dengan nilai kuat tarik 29,47 MPa, perpanjangan saat putus 10,99%, elastisitas 268,21 MPa, pengembangan tebal 65,02%, laju transmisi uap air 1,05 g/m².jam, dan laju biodegradasi selama 6 hari. Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (O-H), karbonil (C=O), C=C aromatik, karboksil (C-O), dan hidrokarbon -(CH₂)_n.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan senyawa yang bersifat hidrofobik dalam pembuatan komposit biotermoplastik. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan biotermoplastik terhadap air sehingga standar pengembangan tebal dan laju transmisi uap airnya dapat terpenuhi.

Tabel 4. Data hasil penelitian biotermoplastik terbaik dan standar bioplastik.

No.	Variabel yang diamati	Standar yang digunakan	Nilai Standar	Hasil Penelitian	Keterangan
1.	Kuat Tarik (MPa)	SNI 7188.7: 2016	Minimal 24,7	29,47	Sudah terpenuhi
2.	Perpanjangan saat putus (%)	SNI 7818: 2014	400 – 1120	10,99	Belum memenuhi
3.	Elastisitas (MPa)	ASTM D638	Minimal 200	268,21	Sudah terpenuhi
4.	Pengembangan Tebal (%)	EN 317	Maksimal 1,44	51,53	Belum memenuhi
5.	Laju Transmisi Uap air (g/m ² .jam)	JIS 2-1707	0,0292	0,56	Belum memenuhi
6.	Biodegradasi (hari)	SNI 7188.7: 2016	Degradasi >60% dalam 7 hari	6	Sudah terpenuhi

Tabel 5. Daerah serapan dan gugus fungsi komposit biotermoplastik maizena-glukomanan.

Bilangan Gelombang Maizena	Bilangan Gelombang Glukomanan	Bilangan Gelombang Biotermoplastik Terbaik	Daerah Serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Tipe Senyawa
3605,11	3602,22	3658,16	3100-3700	O-H	Alkohol
2915,53	2896,24	2967,61	2850-2970	C-H	Alkana
-	-	1704,18	1690-1760	C=O	Aldehid, Keton, Ester
1651,14	1655	-	1610-1680	C=C	Alkena
-	-	1486,22&1573,98	1430-1650	C=C	Aromatic
1139,98&1269,22	1252,82	1187,24	1050-1300	C-O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat dan Ester
1007,85	-	-	1000-1350	C-N	Gugus Hidroksil
-	913,33	803,39	675-995	C-H	Alkena
582,53	469,69&573,85	403,14	<600	-(CH ₂) _n	Hidrokarbon

DAFTAR PUSTAKA

- Darni, Y., & Utami, H. (2010). Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 7(2), 1–1.
- Dwi Hartatik, Y., & Nuriyah, L. (n.d.). *Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik*. 3–6.
- Handayani, R., & Murni, Y. (2018). Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Kuat Tarik Pada Proses Pembuatan Plastik Dari Ganas (Gadung Dan Serat Daun Nanas). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3(1), 16–21.
- Harsojuwono, B. A., Arnata, I. W., & Mulyani, S. (2018). *The Surface Profile and Functional Group of Bio-Plastic Composites in Variations of Ratio of Starch , Glucomannan and Carrageenan*. October.
- Hasanah, Y. R., & Haryanto. (2017). The effect of addition calcium carbonate (CaCO₃) and clay on mechanical and biodegradable plastic properties of tapioca waste. *Techno*, 18(2), 96–107.
- Jagung, N. (n.d.). *Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung*. 410–426.
- Nurminah, M. (2002). Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik Dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan Yang Dikemas. *USU Digital Library*, 1, 1–15. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/7343/fp-mimi.pdf?sequence=1>
- Pongmassangka, L. N., Harsojuwono, B. A., & Mulyani, S. (2020). Optimasi Suhu dan Lama Pengeringan pada Pembuatan Komposit Bioplastik Campuran Maizena dan Glukomanan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 329. <https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i03.p02>
- Purnavita, S., & Anggraeni, A. (2019). Pengaruh

-
- Penambahan Beeswax Dan Gliserol Terhadap Karakteristik Poliblend Glukomanan – Polivinil Alkohol (Pva). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 33–39.
<https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3023>
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2015). Effect of plasticizer type and concentration on tensile, thermal and barrier properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch. *Polymers*, 7(6), 1106–1124.
<https://doi.org/10.3390/polym7061106>
- Situmorang, B. D., Harsojuwono, B. A., & Hartiati, A. (2019). KARAKTERISTIK KOMPOSIT BIOPLASTIK DALAM VARIASI RASIO MAIZENA-GLUKOMANAN DAN VARIASI pH PELARUT. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 391–400.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i01.p10>
- Swandaru, R. (2011). Biodegradable Foam Randi Swandaru Fakultas Teknologi Pertanian. *Skripsi*.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/48306>
- Tang, X., & Alavi, S. (2011). Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. *Carbohydrate Polymers*, 85(1), 7–16.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.030>
- Umbi, D., Amorphophallus, P., Ditinjau, B., & Karakteristik, D. (2011). *PENENTUAN FORMULA KOMPOSIT PLASTIK BIODEGRADABLE GLUKOMANAN Bambang Admadi Harsojuwono Jurusan Teknologi Industri Pertanian , Fakultas Teknologi Pertanian , Universitas Udayana.*
- Utami, M. R., & Widiarti, N. (2014). Sintesis Plastik Biodegradable Dari Kulit Pisang Dengan Penambahan Kitosan Dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2).
- Utomo, A. W., Argo, B. D., & 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), 73–79.
- Xu, J. D., Niu, Y. S., Yue, P. P., Hu, Y. J., Bian, J., Li, M. F., Peng, F., & Sun, R. C. (2018). Composite film based on pulping industry waste and chitosan for food packaging. *Materials*, 11(11).
<https://doi.org/10.3390/ma11112264>