

CHARACTERISTICS OF BIOTHERMOPLASTIC COMPOSITES IN FORMULATION VARIATIONS OF THERMOPLASTIC STARCH, THERMOPLASTIC GLUCOMANNAN AND POLYLACTIC ACID

KARAKTERISTIK KOMPOSIT BIOTERMOPLASTIK DALAM VARIASI FORMULASI PATI TERMOPLASTIS, GLUKOMANAN TERMOPLASTIS DAN POLI ASAM LAKTAT

Berkat Harianja¹, Bambang Admadi Harsojuwono^{1*}, I Gusti Ayu Lani Triani¹, Amna Hartiati¹, Sri Suhartini²

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Indonesia

²Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Diterima 11 Agustus 2024 / Disetujui 17 September

ABSTRACT

Determination of biothermoplastic composite formulation is essential to produce the best biothermoplastic composite characteristics and meet the standards. This study seeks to identify the characteristics of the best biothermoplastic composites in variations of thermoplastic starch formulations, thermoplastic glucomannan and polylactic acid. This study used a Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments of TPS/TPG formulas with PLA, namely 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50. There were 4 repetitions of each treatment, for a total of 20 experimental units. The variables observed were tensile strength, elasticity, elongation at break, melting point, biodegradation, swelling and density. The diversity analysis showed that the formulation of thermoplastic starch-thermoplastic glucomannan and polylactic acid had a very significant effect on the tensile strength, elasticity, elongation at break, melting point, biodegradation, swelling and density of biothermoplastic composites. Biothermoplastic composites with the formulation of TPS/TPG: PLA = 50:50 produced the best characteristics with a tensile strength of 26.71 MPa, elasticity of 932.04 MPa, elongation at break of 2.89%, biodegradation of 15.25 days, melting point of 152.65oC, density of 1.26 g/cm³ and swelling of 1.32%.

Keywords: *formulation, thermoplastic starch, glucomannan, polylactic acid, biothermoplastic composites*

ABSTRAK

Penentuan formulasi komposit biotermoplastik merupakan hal yang sangat penting agar menghasilkan karakteristik komposit biotermoplastik yang terbaik dan memenuhi standar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik komposit biotermoplastik terbaik dalam variasi formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan formula TPS/TPG dengan PLA yaitu 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50. Terdapat 4 pengulangan untuk setiap perlakuan, dengan total 20 unit eksperimen. Variabel yang diamati yaitu kuat Tarik, elastisitas, perpanjangan saat putus, titik leleh, biodegradasi, swelling dan densitas. Analisis keragaman menunjukkan bahwa formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis

* Korespondensi Penulis :

Email: bambang.admadi@unud.ac.id

dan poliasam laktat berpengaruh sangat signifikan terhadap kuat tarik, elastisitas, perpanjangan saat putus, titik leleh, biodegradasi, swelling dan densitas komposit biotermoplastik. Komposit biotermoplastik dengan formulasi TPS/TPG : PLA = 50:50 menghasilkan karakteritik terbaik dengan kuat tarik 26,71 MPa, elastisitas 932,04 MPa, perpanjangan saat putus 2,89%, biodegradasi 15,25 hari, titik leleh 152,65°C, densitas 1,26 g/cm³ dan pengembangan tebal 1,32%.

Kata Kunci: formulasi, pati termoplastis, glukomanan, poliasam laktat, komposit biotermoplastik

PENDAHULUAN

Plastik *biodegradable* merupakan solusi dari permasalahan penggunaan plastik sintetis. Penggunaan plastik sintetis semakin meningkat, baik digunakan sebagai kantong plastik, pengemasan barang dan pengemasan makanan. Keunggulan pada plastik sintetis yaitu lebih ringan, lebih murah dan proses produksi lebih mudah yang menjadikan plastik sintetis memiliki keunggulan dibandingkan dengan logam atau gelas (Kumoro, 2014). Tetapi, plastik yang didistribusikan di tengah masyarakat adalah polimer buatan yang berasal dari minyak bumi dan sulit terdegradasi oleh zat pengurai (Harsojuwono et al., 2022). Karena sulit diurai oleh mikroorganisme di alam, penggunaan yang semakin meningkat membahayakan lingkungan (Xu et al., 2018). Oleh sebab itu diperlukan teknologi pengolahan sampah plastik seperti pengembangan plastik yang mudah di degradasi oleh mikroorganisme yang dikenal sebagai plastik *biodegradable*.

Keberhasilan pembuatan komposit biotermoplastik ditentukan oleh banyak faktor salah satunya adalah formula atau komposisi bahan penyusun biotermoplastik (Torres et al., 2007). Hasil penelitian menurut Harsojuwono et al (2023), telah menghasilkan komposit biotermoplastik dari 52,5% pati singkong termodifikasi termoplastis, 17,5% glukomanan, 22,5% poliasam laktat (PLA) dan 7,5% asam maleat anhidrat dengan karakteristik *tensile strength* 23.56 MPa, *elongation at break* 7.18%, densitas 1.22 g/ml, *Young modulus* 1548.34 MPa, *swelling* 120.58%, titik leleh 152.47 °C, waktu biodegradasi 11.67 hari. Rahmayetty et al (2018) menunjukkan bahwa penambahan PLA pada pati terplastisasi gliserol menghasilkan nilai kuat tarik 2,32 MPa, *elongation at break* 21,25%, *swelling* 46,44%. Sementara itu, penelitian awal menunjukkan bahwa komposit biotermoplastik dapat diproduksi menggunakan matriks yang terdiri dari 52,5% pati termoplastis (TPS), 22,5% poli-asam laktat (PLA), 17,5% glukomanan termoplastis (TPG) dengan tambahan 7,5% asam maleat anhidrat sebagai compatibilizer. Penjelasan di atas mengindikasikan bahwa komposisi formula komponen penyusun matriks mempengaruhi sifat dari komposit biotermoplastik. Formula yang tidak sesuai tidak akan membentuk sifat-sifat komposit biotermoplastik yang optimal atau mencapai standar yang ditentukan. Oleh karena itu, penting untuk meneliti formula pati termoplastis, glukomanan termoplastis, dan poli-asam laktat yang sesuai sebagai matriks untuk komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA, dengan tujuan agar karakteristik yang dihasilkan dapat mencapai standar internasional (SI) maupun Standar Nasional Indonesia (SNI)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli asam laktat terhadap karakteristik komposit biotermoplastik dan menentukan formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat yang tepat sehingga dihasilkan karakteristik terbaik dari komposit biotermoplastik TPS/TPG/PLA.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini, yaitu tepung tapioka yang diperoleh dari CV. Nura Jaya. Bahan-bahan kimia yang digunakan seperti gliserol dan aquades

diperoleh dari CV. Brathacem, Poli-asam laktat (PLA) didapat dari CV. Bandung, asam asetat dan asam maleat anhidrat didapat dari CV. Sukses Makmur.

Alat-alat yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini, yaitu alat melting point apparatus, uji mekanik (ZP recorder N 50 imada), mikrometer sekrup (XR), gelas ukur (iwaki), cawan petri (iwaki), gelas beker (iwaki), pengaduk, mixer (tipe HMI-3, rated power 400 watt), oven (memmert), pipet tetes (onemed), saringan, timbangan analitik (Ohaus), teflon diameter 20 cm (maxim), sealer, pipa kapiler, *hotplate* (arec).

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Formulasi yang diperlakukan dari TPS/TPS : PLA adalah 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, yang diulang 4 kali sehingga terdapat 20 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji beda nyata bujur (BNJ).

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan pati termoplastis dan glukomanan termoplastis (Harsujowono, 2023 dimodifikasi)

Tepung tapioka ditimbang seberat 2 kg dicampur dengan 500 g gliserol dan aquades 300g. Kemudian gliserol dan aquadest dicampur dan diaduk dalam mixer tepung dengan kecepatan 240 rpm selama 10 menit, kemudian di aging selama 8 hari. Pembuatan glukomanan termoplastis sama dengan pembuatan pati termoplastis, hanya berbeda di ukuran timbangannya yaitu 500 g glukomanan, 125 g gliserol dan aquadest 75 g. Selanjutnya pati termoplastis dan glukomanan termoplastis dicampur dengan perbandingan 3:1 dan diaduk menggunakan mixer kecepatan 240 rpm selama 10 menit

Pembuatan komposit biotermoplastik TPS/TPG dengan PLA (Harsujowono, 2023 dimodifikasi)

Pati termoplastis, glukomanan termoplastis, poli asam laktat ditimbang sesuai dengan perlakuan dan asam maleat anhidrat 7,5 g. Selanjutnya bahan yang sudah ditimbang dicampur dan dipanaskan pada suhu 110 °C dan diaduk hingga meleleh. Bahan yang sudah tercampur dipindah ke alat kempa panas untuk dikempa pada suhu 80 °C selama 10 menit hingga berbentuk lembaran. Setelah selesai pengempaan lembaran didiamkan dingin pada suhu kamar selama satu hari sebelum dilakukan pengujian.

Variabel yang Diamati

Variabel yang dianalisis pada penelitian ini yaitu, kuat tarik (Pranata et al., 2021), perpanjangan saat putus (Pranata et al., 2021), elastisitas (Wisnawa., 2021), biodegradasi (Wisnawa., 2021), titik leleh (Kumar et al., 2021), densitas (Kumar et al., 2021), swelling (Sitepu et al., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat tarik

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dengan poliasam laktat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit biotermoplastik ($P < 0,01$). Nilai rata-rata kuat tarik komposit bioplastik TPS/TPG-PLA antara 9,51 - 26,71 MPa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa formulasi dengan rasio TPS/TPG : PLA (50:50) menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi dari komposit biotermoplastik sebesar 26,71 N/cm² yang berbeda secara signifikan

dari formulasi lainnya. Sebaliknya nilai *tensile strength* terendah sebesar 9,51 N/cm² dimiliki komposit biotermoplastik dengan rasio TPS/TPG : PLA (90:10). Hal ini menunjukkan semakin besar penambahan poli-asam laktat maka nilai kuat tarik semakin tinggi. Hal ini senada dengan hasil yang dikemukakan oleh Rahmayetty et al. (2018) dimana dengan penambahan poli asam laktat terhadap pati terplastisasi gliserol meningkatkan kuat tarik. Pada formula dengan rasio 90:10 cenderung mengalami penurunan nilai kuat tarik dikarenakan TPS/TPG memiliki sifat mekanik yang rendah. Nilai *tensile strength* yang tinggi pada bioplastik dapat melindungi barang yang dikemas dengan efektif terhadap kerusakan mekanis (Hasannah et al., 2017).

Tabel 1. Nilai rata-rata kuat tarik (MPa) komposit biotermoplastik TPS, TPG dan PLA

Formula	Kuat Tarik (MPa)
TPS/TPG : PLA (90:10)	9,51±0,96 ^d
TPS/TPG : PLA (80:20)	10,38±0,87 ^d
TPS/TPG : PLA (70:30)	18,67±1,52 ^c
TPS/TPG : PLA (60:40)	21,21±0,46 ^b
TPS/TPG : PLA (50:50)	26,71±1,22 ^a

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0,05)

Berdasarkan nilai standar nasional indonesia (SNI 7818 : 2014) untuk bioplastik adalah minimal 13,7 MPa. Berdasarkan hasil dari penelitian ini nilai rata-rata kuat tarik formulasi komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat dengan rasio TPS/TPG : PLA (70:30), TPS/TPG : PLA (60:40), TPS/TPG : PLA (50:50) sudah memenuhi standar

Perpanjangan Saat Putus

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dengan poliasam laktat berpengaruh signifikan (p<0,01) terhadap sifat *elongation at break* komposit biotermoplastik. Nilai rata-rata *elongation at break* komposit bioplastik TPS/TPG-PLA sebesar 2,89% - 9,86% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata perpanjangan saat putus (%) komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA

Formula	Perpanjangan putus (%)
TPS/TPG : PLA (90:10)	9,86±0,006a
TPS/TPG : PLA (80:20)	8,90±0,008ab
TPS/TPG : PLA (70:30)	8,19±0,006b
TPS/TPG : PLA (60:40)	5,65±0,01c
TPS/TPG : PLA (50:50)	2,89±0,003d

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan (P<0,05)

Tabel 2 menunjukkan bahwa komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat dengan formula TPS/TPG : PLA rasio (90:10) menghasilkan nilai tertinggi perpanjangan saat putus yaitu 9,86% yang berbeda secara signifikan dengan formula lainnya. Sementara itu formula TPS/TPG : PLA dengan rasio 50:50 menghasilkan nilai perpanjangan putus terendah sebesar 2,89% yang berbeda secara signifikan dengan formula lainnya. Nilai perpanjangan putus berkurang karena konsentrasi bahan pembentuk komposit meningkat.

Peningkatan konsentrasi PLA cenderung memberikan penurunan pada nilai perpanjangan saat putus dikarenakan sifat mekanik PLA yang rapuh dan semakin kuatnya komposit yang dihasilkan akan membuatnya semakin sulit untuk meregang, sehingga mengurangi perpanjangan film (Rahim et al., 2011). Hal ini menunjukkan bahwa nilai perpanjangan saat putus menunjukkan hubungan yang berlawanan dengan nilai kekuatan tarik. Dengan kata lain, semakin tinggi nilai *tensile strength*, semakin rendah nilai elongasi. Nilai perpanjangan saat putus dibawah 15% menandakan bahwa material tersebut rapuh (El Hadi, 2017).

Sifat kuat tarik komposit bioplastik berbanding terbalik dengan perpanjangan putus. Menurut Standar Nasional Indonesia SNI 7188.7:2016 nilai *elongation at break* suatu bioplastik adalah 21-220%. Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian ini nilai *elongation at break* komposit bioplastik TPS/TPG dan Poli-asam laktat yang diperoleh belum memenuhi kriteria SNI 7188.7:2016.

Elastisitas

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dengan poliasam laktat berpengaruh signifikan ($p < 0,01$) terhadap karakteristik elastisitas biotermoplastik. Nilai elastisitas komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA berkisar antara 96,88 MPa sampai 932,32 MPa.

Tabel 3. Nilai elastisitas komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA (MPa).

Formula	Elastisitas (Mpa)
TPS/TPG : PLA (90:10)	96,88±13,21d
TPS/TPG : PLA (80:20)	118,05±20,95cd
TPS/TPG : PLA (70:30)	227,77±5,31c
TPS/TPG : PLA (60:40)	385,36±73b
TPS/TPG : PLA (50:50)	932,04±103,93a

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Tabel 3 menunjukkan formulasi komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA dengan rasio 50:50 menghasilkan nilai elastisitas yang tinggi sebesar 932,04 MPa yang berbeda signifikan dengan formula lainnya. Sementara itu, formulasi komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA dengan rasio 90:10 menghasilkan nilai elastisitas yang rendah dengan nilai 96,88 MPa yang berbeda signifikan dengan formula lainnya. Tabel 3 juga mengindikasikan nilai elastisitas meningkat sejalan dengan bertambahnya poliasam laktat. Hal tersebut disebabkan oleh nilai kuat tarik mempengaruhi nilai elastisitas, sehingga, seiring dengan bertambahnya nilai kuat tarik, nilai elastisitas akan meningkat, dan bahan akan semakin elastis (Hayati et al., 2018). Hal ini sejalan yang disampaikan oleh Harsojuwono (2018) mengatakan nilai elastisitas diperoleh dari rasio antara kekuatan tarik dan perpanjangan saat putus. Elastisitas meningkat seiring dengan kekuatan tarik dan menurun seiring dengan perpanjangan saat putus.

Berdasarkan standar internasional (ASTM D638) minimal nilai elastisitas suatu bioplastik adalah 200 MPa. Berdasarkan hasil dari penelitian ini nilai rata-rata elastisitas formulasi komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat dengan rasio TPS/TPG : PLA (70:30), TPS/TPG : PLA (60:40), TPS/TPG : PLA (50:50) sudah memenuhi standar.

Biodegradasi

Biodegradasi adalah durasi yang diperlukan bagi komposit bioplastik untuk terdegradasi oleh

dilingkungan. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dengan poliasam laktat berpengaruh signifikan ($p < 0,01$) terhadap karakteristik biodegradasi komposit biotermoplastik. Waktu biodegradasi komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA berkisar antara 7,25 sampai 15,25 hari.

Tabel 4. Nilai rata-rata Biodegradasi (Hari) komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA

Formula	Biodegradasi (Hari)
TPS/TPG : PLA (90:10)	7,25±0,50d
TPS/TPG : PLA (80:20)	9,25±0,50c
TPS/TPG : PLA (70:30)	10,50±0,58c
TPS/TPG : PLA (60:40)	12,00±0,82b
TPS/TPG : PLA (50:50)	15,25±0,50a

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Tabel 4 menunjukkan bahwa kemampuan degradasi formulasi komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA dengan rasio 50:50 biodegradasi tertinggi yaitu 15,25 hari yang berbeda signifikan dengan formula lainnya. Sementara itu, komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA yang rendah terdapat pada formulasi dengan rasio 90:10 yaitu 7,25 hari secara signifikan berbeda dari perlakuan lainnya. Tabel 7 juga menunjukkan penambahan pati termoplastis dan glukomanan termoplastis mempengaruhi cepatnya degradasi bioplastik, faktor cepatnya degradasi bioplastik pada penelitian ini karena bahan pati memiliki kandungan amilosa dan amilopektin. Kandungan O-H pada glukomanan menginisiasi reaksi hidrolisis setelah mengabsorpsi tanah dan hidrolisis. Gugus tersebut memiliki sifat hidrofilik mengakibatkan mikroorganisme pada lingkungan memasuki matriks plastik (Aritonang et al 2020), Kemampuan dari glukomanan yang tinggi menyerap air memungkinkan kerusakan bioplastik hampir sama ketika terbiodegradasi oleh mikroba dalam tanah. Penambahan poli asam laktat pada formulasi cenderung mengalami peningkatan nilai biodegradasi, hal ini dikarenakan PLA memiliki karakteristik hidrofobik atau tidak suka larut air sehingga kerusakan pada bioplastik membutuhkan waktu agak lama dibanding formulasi dengan kandungan lebih banyak pati.

Berdasarkan standar internasional (ASTM D638) maksimal biodegradasi suatu bioplastik adalah 60 hari. Berdasarkan hasil dari penelitian ini nilai rata-rata biodegradasi formulasi komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat dengan rasio TPS/TPG : PLA (90:10), TPS/TPG : PLA (80:20), TPS/TPG : PLA (70:30), TPS/TPG : PLA (60:40), TPS/TPG : PLA (50:50) sudah memenuhi standar.

Titik leleh

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat berpengaruh signifikan ($P < 0,01$) terhadap densitas komposit biotermoplastik. Nilai densitas komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA berkisar antara 138,83– 152,65°C.

Tabel 5 menunjukkan bahwa formulasi komposit biotermoplastik TPS/TPG : PLA dengan rasio 50:50 menghasilkan titik leleh tertinggi sebesar 152,65°C berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Titik leleh semakin meningkat dengan penambahan konsentrasi poliasam laktat, hal ini dikarenakan poli-asam laktat memiliki gugus hidroksil (OH) yang mempengaruhi nilai titik leleh. Jumlah ikatan hidrogen yang lebih banyak menyebabkan titik leleh semakin tinggi, karena energi yang diperlukan untuk memutuskan ikatan-ikatan tersebut meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Saptahadi et

al (2021) menyatakan gugus -OH pada asam asetat mampu membentuk ikatan hidrogen dan menyusun campuran film semakin kuat dan meningkatkan titik leleh pada bioplastik. Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa formulasi komposit biotermoplastik TPS/TPG : PLA dengan rasio 90:10 menghasilkan nilai titik leleh terendah sebesar 138,83°C berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai titik leleh semakin menurun seiring penambahan konsentrasi pati termoplastik dan glukomanan termoplastik. Hal ini sesuai dengan hasil riset Waryat et al (2013) menyatakan penambahan pati termoplastik terhadap LLDPE/HDPE menurunkan nilai titik leleh pada bioplastik.

Tabel 5. Nilai rata-rata titik leleh (°C) komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA.

Formula	Titik leleh (°C)
TPS/TPG : PLA (90:10)	138,83±0,61e
TPS/TPG : PLA (80:20)	142,63±0,66d
TPS/TPG : PLA (70:30)	145,48±1,02c
TPS/TPG : PLA (60:40)	148,35±0,66b
TPS/TPG : PLA (50:50)	152,65±1,77a

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Berdasarkan standar internasional (ASTM E324) minimal nilai titik leleh bioplastik adalah 30-250°C. Berdasarkan hasil dari penelitian ini nilai rata-rata titik leleh formulasi komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat dengan rasio TPS/TPG : PLA (90:10), TPS/TPG : PLA (80:20), TPS/TPG : PLA (70:30), TPS/TPG : PLA (60:40), TPS/TPG : PLA (50:50) sudah memenuhi standar.

Densitas

Nilai densitas merupakan nilai kerapatan pada bioplastik. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat berpengaruh signifikan ($P < 0,01$) terhadap densitas komposit biotermoplastik. Nilai densitas komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA berkisar antara 1,26 – 1.65 g/cm³.

Tabel 6. Nilai rata-rata Densitas (MPa) komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA

Formula	Densitas (g/cm ³)
TPS/TPG : PLA (90:10)	1,65±0,018a
TPS/TPG : PLA (80:20)	1,56±0,03b
TPS/TPG : PLA (70:30)	1,45±0,04c
TPS/TPG : PLA (60:40)	1,35±0,03d
TPS/TPG : PLA (50:50)	1,26±0,02e

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Tabel 6 menunjukkan bahwa formulasi komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA dengan rasio 90:10 menghasilkan nilai densitas yang tertinggi sebesar 1,65 g/cm³ berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Pada formula TPS/TPG : PLA (50:50) menunjukkan terendah sebesar 1,26 g/cm³ berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Nilai densitas cenderung mengalami peningkatan dengan meningkatnya konsentrasi pati termoplastis dan glukomanan termoplastis. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak bahan yang bersifat hidrofilik atau menyerap air dapat meningkatkan nilai densitas, air yang terperangkap dalam matriks pati dapat meningkatkan volume dan nilai densitas yang tinggi

menghasilkan kerapatan tinggi juga sehingga massa akan semakin meningkat. Tabel 6 menunjukkan penurunan nilai densitas seiring dengan penambahan konsentrasi poli-asam laktat, hal ini terjadi karena PLA memberikan sifat ringan pada bioplastik sehingga menghasilkan nilai densitas lebih rendah. Hal ini sejalan dengan riset Abdullah et al (2019), peningkatan konsentrasi poliasam laktat pada pati dan gliserol meningkatkan nilai densitas dan meningkatkan kepadatan komposit menjadi bioplastik ringan.

Berdasarkan standar internasional (ASTM D792-91) minimal nilai densitas suatu bioplastik adalah $0,91 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan hasil dari penelitian ini nilai rata-rata densitas formulasi komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat yang diperoleh belum memenuhi standar internasional (ASTM D792-91).

Pengembangan tebal (*Swelling*)

Hasil analisis menunjukkan bahwa formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat berpengaruh signifikan ($p < 0,01$) terhadap karakteristik *swelling* komposit biotermoplastik. Nilai *swelling* komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA berkisar antara 1,32 sampai 8,50%.

Tabel 7. Nilai rata-rata *swelling* (%) komposit biotermoplastik TPS/TPG dan PLA

Formula	<i>Swelling</i> (%)
TPS/TPG : PLA (90:10)	8,50±0,76d
TPS/TPG : PLA (80:20)	6,04±0,49c
TPS/TPG : PLA (70:30)	4,99±0,46b
TPS/TPG : PLA (60:40)	2,93±0,48b
TPS/TPG : PLA (50:50)	1,32±0,25a

Keterangan: Huruf yang berbeda di akhir nilai rata-rata pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan dari Tabel 7 dapat dilihat nilai pengembangan tebal komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat dengan konsentrasi formula TPS/TPG : PLA (90:10) menghasilkan nilai tertinggi sebesar 8,50% berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara itu, formula TPS/TPG : PLA (50:50) menghasilkan nilai terendah sebesar 1,32% yang tidak berbeda nyata dengan formula TPS/TPG : PLA (60:40). Penurunan nilai pengembangan tebal pada komposit biotermoplastik seiring dengan penambahan PLA disebabkan oleh sifat hidrofobik atau tidak suka air dari poliasam laktat. Sebaliknya, sifat hidrofilik dari pati mengakibatkan mudahnya bioplastik untuk mengabsorpsi air dan glukomanan yang memiliki fungsi yang serupa dengan serat membuat air diabsorpsi oleh dalam molekul glukomanan, sehingga memperbesar kemampuan glukomanan dalam mengabsorpsi air (Chua et al., 2010). semakin tinggi kadar glukomanan pada komposit bioplastik, maka akan meningkatkan nilai *swelling*. Hal ini akan memberikan dampak buruk bagi produk yang dikemas karena akan membuat produk menjadi kering, rentan terhadap invasi bakteri dan menghasilkan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri untuk berkembang biak. Hal ini serupa dengan pernyataan pada riset Saputro *et al.*, (2017), Peningkatan jumlah bahan hidrofobik akan mengurangi nilai *swelling*. Oleh karena itu, semakin tinggi jumlah bahan hidrofobik yang ditambahkan, semakin kecil persentase pengembangan tebal bioplastik.

Berdasarkan Standar Internasional (EN 317) minimal nilai *swelling* suatu bioplastik adalah 1,44%. Berdasarkan hasil dari penelitian ini, nilai rata-rata pengembangan tebal dari komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat dengan rasio

TPS/TPG : PLA (70:30), TPS/TPG : PLA (60:40), TPS/TPG : PLA (50:50) sudah memenuhi standar.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli-asam laktat berpengaruh signifikan terhadap kuat tarik, *elongation at break*, elastisitas, biodegradasi, titik leleh, densitas dan pengembangan tebal.

Formulasi pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poliasam laktat yang terbaik diperoleh dengan konsentrasi TPS/TPG : PLA (50:50) dengan *tensile strength* 26,71 MPa, perpanjangan saat putus 2,89 %, elastisitas 932,04 MPa, Biodegradasi 15,25 Hari, titik leleh 152,65°C, densitas 1,26 g/cm³ dan pengembangan tebal 1,32 %. Berdasarkan kesesuaian komposit biotermoplastik pati termoplastis, glukomanan termoplastis dan poli asam laktat dengan SNI maupun standard internasional maka kuat tarik, elastisitas, biodegradasi dan titik leleh sudah memenuhi standar. Sementara itu, perpanjangan saat putus dan densitas belum memenuhi karakteristik komposit biotermoplastik.

Saran

Saran dari hasil penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam pembuatan dan pengoptimalan dengan penambahan *compatibilizer* seperti asam maleat anhidrat atau asam stearat untuk meningkatkan nilai perpanjangan putus dan densitas agar memenuhi nilai standar biotermoplastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanik, J. B. F., Harsujuwono, B. A., dan Suhendra, L. 2022. Pengaruh konsentrasi asam stearat dan suhu gelatinisasi terhadap karakteristik komposit bioplastik tapioka dan glukomanan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 44-54. <https://doi.org/10.24843/jrma.2022.v10.i01.p05>
- Haloho, R. J., Hasujuwono, B. A., dan Suwariani, N. P. 2021. Pengaruh konsentrasi asam stearat dan lama pengadukan proses gelatinisasi terhadap karakteristik komposit bioplastik maizena-glukomanan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(4), 488–503.
- Harsojuwono, B.A., Arnata, I.W. dan Hartiati, A. 2023. Pengembangan Pellet Biotermoplastik Berbasis Pati Singkong Termodifikasi dan Glukomanan (Studi Jenis dan Konsentrasi Polimer Sintetis). Laporan Penelitian. Fakultas teknologi pertanian, universitas udayana.
- Hartiati, A., Harsojuwono, B. A., Suryanto, H., and Arnata, I. W. 2021. *Synthesis of starch-carrageenan bio-thermoplastic composites on the type and concentration of thermoplastic forming materials as packaging materials*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 913 (1) 012030. IOP Publishing.
- Hayati, N and Lazulva. 2018. Preparing of Cornstarch (Zea mays) Bioplastic Using ZnO Metal. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*. 1(1): 23-30.
- Hidayani, T. R., Pelota, E., dan Nirmala, D. 2017. Pembuatan dan karakterisasi plastik biodegradable dari limbah polipropilena dan pati biji durian dengan penambahan maleat anhidrida sebagai agen pengikat silang. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 39(1), 17-24. <https://doi.org/10.24817/jkk.v39i1.2027>
- Kumar, P., Alidedeoglu, H., and Alive, K. 2021. *Process for the production of thermoplastic*

- polyester. Primary Examiner*, 2(1), 1–6.
- Limbong, S. F., Harsojuwono, B. A., dan Hartiati, A. 2022. Pengaruh konsentrasi polivinil alkohol dan lama pengadukan pada proses pemanasan terhadap karakteristik komposit biotermoplastik maizena dan glukomanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 7(1), 37-46. <https://doi.org/10.24843/jitpa.2022.v07.i01.p05>
- Pranata, A., Nasution, H., Harahap, H., and Yustira, A. 2021. *The effect solvent type on natural fiber immersion process on tensile strength of cellulose-based bioplastic. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 912(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/912/1/012062>
- Rahim A., Alam N., Haryadi dan Santoso U., 2010. Pengaruh Konsentrasi Pati Aren dan Minyak Sawit terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Edibel Film. *Jurnal Agroland* 17 (1) : 38-46
- Rahmayetty, R., Kanani, N., dan Wardhono, E. Y. 2018. Pengaruh penambahan pla pada pati terplastisasi gliserol terhadap sifat mekanik blend film. *Jurnal UMJ*, 14, 1-9.
- Saputro, A. N. C., and Ovita, A. L. 2017. *Synthesis And Characterization Of Bioplastic From Chitosan-Ganyong Starch (Canna Edulis). JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 2(1), 13. <https://doi.org/10.20961/Jkpk.V2i1.8526>.
- Waryat, W., Romli, M., Suryani, A., Yuliasih, I., dan Johan, S. 2013. Karakteristik morfologi, termal, fisik-mekanik, dan barrier plastik biodegradabel berbahan baku komposit pati termoplastik-LLDPE/HDPE. *Agrotech*, 33(2), 197–207. <https://doi.org/10.22146/agritech.9800>.
- Wisnawa P, I. P. C., dan Harsojuwono, B. A. 2021. Karakteristik komposit bioplastik dalam variasi rasio maizena-glukomanan dan jenis pemlastis. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 99-108. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i01.p10>