

Karakteristik Biokomposit *Foam* Maizena dan Glukomanan pada Perlakuan Konsentrasi Campuran Sorbitol dan TDI-80

Biocomposite Characteristics of Maizena and Glucomannan Foam on The Treatment of Sorbitol and TDI-80 Mixed Concentration

Ignatia Karolina Sarito, B.A. Harsojuwono*, Ni Putu Suwariani

PS Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Kode pos : 80361; Telp/Fax : (0361) 701801

Diterima 21 September 2021 / Disetujui 22 November 2021

ABSTRACT

This study aims to know the effect of the concentration of a mixture of sorbitol and TDI-80 on the characteristics of cornstarch and glucomannan foam biocomposite and to determine the concentration of a mixture of sorbitol and TDI-80 which produces the best characteristics of cornstarch and glucomannan foam biocomposite. This study used a completely randomized design (CRD) with 5 treatments with 4 repetitions so that there were 20 experimental units with variations in the mixture of sorbitol and TDI-80 (5%, 10%, 15%, 20% and R5 = 25%) with a ratio of 1:1. The data obtained were analyzed for diversity (ANOVA) and continued with the Tukey test using Minitab 17 software. The variables observed were hardness, bouncing spring, breaking stress, elongation at break, tear resistance, constant compression and biodegradation. The results showed that the concentration of the mixture of sorbitol and TDI-80 had an effect on mass density, hardness, bouncing spring and constant compression, breaking stress, elongation at break and tear resistance. The best cornstarch and glucomannan foam biocomposite was obtained in the treatment with a mixture of sorbitol and TDI-80 concentration of 25% with a hardness value of 5.15 kg, a constant compressive value of 3.15%, a mass density of 0.12 g/mL, and a rebound spring of 22.91. %, breaking stress 0.05 N/mm², elongation at break 4.52%, tear resistance 0.04 N/cm³ and biodegradation rate within 8 days days.

Keywords: *biocomposite foam, cornstarch, glucomannan, concentration of sorbitol and TDI-80.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 terhadap karakteristik biokomposit *foam* maizena dan glukomanan serta mengetahui konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang menghasilkan karakteristik terbaik biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dengan 4 kali pengulangan sehingga terdapat 20 unit percobaan dengan variasi campuran sorbitol dan TDI-80 (5%, 10%, 15%, 20% dan R5 = 25%) dengan perbandingan 1:1. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Tukey menggunakan *software* Minitab 17. Variabel yang diamati yaitu kekerasan, kepegasan pantul, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan sobek, pampat tetap dan biodegradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh terhadap kerapatan massa, kekerasan, kepegasan pantul dan pampat tetap, tegangan putus, perpanjangan putus dan ketahanan sobek. Biokomposit

*Korespondensi Penulis:

Email: bambang.admadi@unud.ac.id

foam maizena dan glukomanan terbaik didapatkan pada perlakuan dengan konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 sebesar 25% dengan nilai kekerasan 5,15 kg, nilai pampat tetap 3,15%, kerapatan massa 0,12 g/mL, kepegasan pantul 22,91%, tegangan putus 0,05 N/mm², perpanjangan putus 4,52%, ketahanan sobek 0,04 N/cm³ dan laju biodegradasi dalam waktu 8 hari.

Kata Kunci: biokomposit *foam*, maizena, glukomanan, sorbitol dan TDI-80.

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia modern tidak bisa lepas dari penggunaan plastik. Mulai dari pemenuhan kebutuhan primer manusia, seperti pengemas makanan, hingga kebutuhan tersier, seperti aksesoris, alat komunikasi dan sebagainya. Bahan yang banyak digunakan dalam pembuatan plastik adalah polimer sintesis yang mempunyai sifat sukar terurai secara alamiah. Karena sukar terurai, sampah plastik cenderung akan menumpuk di tempat pembuangan akhir dan dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Jika sampah plastik dibakar maka dapat menghasilkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan.

Pengembangan biokomposit *foam* berbasis pati telah dilakukan oleh Prihastuti (2008). Hasilnya menunjukkan bahwa pemakaian 17,5% campuran polietilen glikol (PPG) dan toluen diisosianat (TDI) sebagai pembentuk *foam* pada rasio 1:1 menghasilkan biokomposit *foam* terbaik dengan karakteristik kerapatan massa dan kekerasan rendah. Sementara itu, Neswati *et al.* (2019), juga telah mengembangkan biokomposit *foam* menggunakan biopoliol minyak sawit dan toluen diisosianat berkisar 15–20% dari total bahan baku menghasilkan karakteristik fisik dan mekanik yang lebih baik dari konsentrasi yang lain. Chen *et al.* (2009) menjelaskan bahwa polioliol yang mempunyai gugus hidroksil dan bersifat hidrofilik, mampu bereaksi dengan gugus isosianat membentuk jaringan uretan (*urethane linkage*).

Salah satu jenis pati yang potensial sebagai bahan pembuat bioplastik adalah maizena/pati jagung. Sementara itu,

glukomanan yang potensial berasal dari umbi porang. Maizena dipilih sebagai bahan utama pembentuk *film* karena sifat higroskopisnya dengan kadar air lebih rendah yaitu sekitar 11%, dibandingkan dengan kelembapan pati singkong yaitu 13%, pati beras 14% maupun pati kentang yaitu 18%. Selain itu, pati jagung mengandung amilosa 27% sedangkan pati kentang 22% dan pati singkong hanya 17%. Amilosa berperan dalam kelenturan dan kekuatan *film* pada sediaan *edible film* (Amaliya dan Widya, 2014). Selain itu pati jagung mengandung zein yang memiliki kemampuan untuk membentuk *film* yang kaku, mengkilap, tahan lecet, dan tahan lemak. Senyawa zein dalam maizena merupakan penyusun asam amino non polar seperti leusin, prolin, dan alanine (Shewry dan Miflin, 1985). Sementara itu menurut Susilowati (2001), glukomanan memiliki peranan yang sangat penting dalam pembuatan *edible film*, karena glukomanan dapat membentuk gel yang bersifat elastis. Glukomanan mempunyai sifat-sifat antara selulosa dengan galaktomanan, yaitu dapat mengkristal dan dapat membentuk struktur serat-serat halus. Selain itu, glukomanan juga dapat membentuk gel yang bersifat elastis (Siswanti *et al.*, 2013).

Uraian di atas menjelaskan bahwa pengembangan biokomposit *foam* dengan memanfaatkan maizena dan glukomanan sebagai pembentuk gel serta sorbitol dan TDI-80 sebagai pembentuk *foam* belum ada informasinya. Khususnya, terkait konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80. Pemakaian konsentrasi yang terlalu rendah akan berdampak gagalnya membentuk *foam* sementara itu konsentrasi terlalu tinggi akan

memecahkan struktur gel dan juga menggagalkan terbentuknya *foam*. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang tepat sehingga dihasilkan *foam* maizena dan glukomanan dengan karakteristik yang baik dan memenuhi SNI 06 – 1004 -1989 serta ASTM D5988.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 terhadap karakteristik biokomposit *foam* maizena dan glukomanan serta menentukan konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang menghasilkan karakteristik terbaik dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini yaitu: maizena (maizenaku), glukomanan (konjac jelly nura jaya), sorbitol (merck), TDI-80 (merck), larutan asam asetat (merck), dan aquades (aquadest).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: alat uji tegangan putus; perpanjangan putus dan ketahanan sobek (haida HD-B609A), alat uji kekerasan (haida-F750A), alat uji kepegasan pantul (haida HD-F754), alat uji pampat tetap (haida HD-F750-1), timbangan analitik (*ohaos pioneer*), gelas beker 100 mL dan 250 mL (pyrex), pengaduk, wadah plastik ukuran 20x20 cm, spatula, pipet tetes, *hot plate* (98-V-B), *stopwatch*, *thermometer*, pisau dan tisu.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang terdiri dari 5 taraf yaitu R1 (5%), R2 (10%), R3 (15%), R4 (20%) dan R5 (25%). Perlakuan diulang 4 kali sehingga terdapat 20 unit percobaan.

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Tukey menggunakan *software* Minitab17.

Pelaksanaan Penelitian

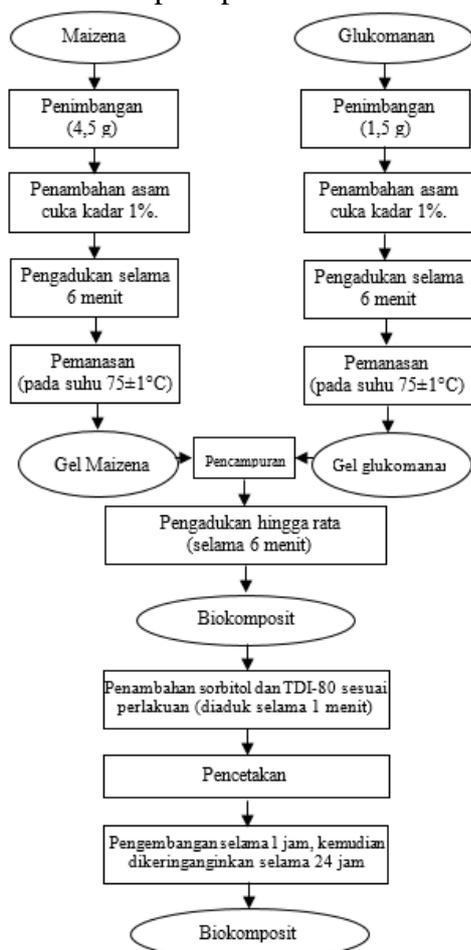
Persiapan Alat dan Bahan

Perbandingan maizena dan glukomanan yang dipakai yaitu dari penelitian Situmorang *et al.* (2019) yaitu rasio maizena-glukomanan (3:1) menghasilkan komposit bioplastik terbaik. Total bahan pembentuk komposit yang dipakai yaitu sebesar 6 g dan untuk perbandingan polioliol dan diisosiyanat yang dipakai yaitu dari penelitian Prihastuti (2008) yang menyatakan bahwa untuk mendapatkan *foam* poliuretan fleksibel lebih baik menggunakan perbandingan polioliol dan diisosiyanat sebesar 1:1.

Pembuatan *Foam* (Modifikasi Harsojuwono dan Arnata, 2016 dan modifikasi Prihastuti, 2008)

Proses pembuatan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan dengan campuran sorbitol dan TDI-80 dilakukan sebagai berikut: persiapan dan penimbangan bahan-bahan seperti maizena, glukomanan, asam asetat 1%, sorbitol dan TDI-80. Penimbangan bahan baku maizena sebanyak 4,5 g, glukomanan sebanyak 1,5 g, serta sorbitol dan TDI-80 sesuai perlakuan (% dari berat total 100 g) masing-masing 5, 10, 15, 20 dan 25% dan larutan asam cuka 1%. Kemudian maizena dan glukomanan masing-masing dimasukkan ke dalam gelas beker 250 mL dan masing-masing dilarutkan dengan asam asetat 1% hingga berat total masing-masing perlakuan adalah 100 g. Kemudian campuran maizena dan glukomanan diaduk sambil dipanaskan menggunakan *hot plate stirrer* pada suhu $75 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 6 menit (Harsojuwono dan Arnata, 2016) hingga menjadi gel. Kemudian kedua gel dicampur dan diaduk dengan pengaduk secara manual hingga rata selama 6 menit. Campuran kedua

gel ditambah secara bersamaan dengan sorbitol dan TDI-80 sesuai perlakuan (% dari berat total 100 g) masing-masing 5, 10, 15, 20 dan 25%, lalu diaduk dan dipindahkan ke wadah plastik ukuran 20 x 12 x 7 cm dan dibiarkan mengembang selama 1 jam sehingga membentuk *foam*, selanjutnya dikeringanginkan selama 24 jam (modifikasi Prihastuti, 2008). Kemudian dilakukan pengujian pada foam yang terbentuk yaitu uji kerapatan massa, kekerasan, kepegasan pantul, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan sobek, pampat tetap dan biodegradibilitas. Diagram alir proses pembuatan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan seperti pada Gambar 1.



Gambar. 1 Diagram alir prosedur percobaan (Modifikasi Harsojuwono dan Arnata, 2016 dan modifikasi Prihastuti, 2008)

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati yaitu kerapatan massa (SNI 06 – 1004 - 1989), kekerasan (SNI 06 – 1004 - 1989), kepegasan pantul (SNI 06 – 1004 - 1989), tegangan putus (SNI 06 – 1004 - 1989), perpanjangan putus (SNI 06 – 1004 - 1989), ketahanan sobek (SNI 06 – 1004 - 1989), pampat tetap (SNI 06 – 1004 - 1989) dan biodegradibilitas (ASTM D5988).

Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan membandingkan variabel komposit biofoam yang diukur dan diamati dengan variabel mutu SNI 06 – 1004 – 1989. Perlakuan yang mempunyai kesesuaian dengan SNI 06 – 1004 – 1989 seperti pada Tabel 1 merupakan perlakuan terbaik.

Tabel 1. Syarat mutu SNI 06 – 1004 – 1989

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kerapatan masa	Kg/m ³	12 – 15
2	Kekerasan	Kg	5 – 6,9
3	Kepegasan pantul	%	min. 30
4	Tegangan putus	N/mm ²	min. 0,70
5	Perpanjangan putus	%	min. 160
6	Ketahanan sobek	N/cm ³	min. 0,50
7	Pampat tetap %	-	maks. 10

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Massa

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan massa dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata kerapatan massa biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 0,12 – 0,49 g/mL.

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata kerapatan massa tertinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,49 g/mL, yang berbeda nyata dengan kerapatan massa biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang lainnya. Sedangkan rata-rata kerapatan massa terendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,12 g/mL, yang tidak berbeda nyata dengan kerapatan masa dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang menggunakan 20% campuran sorbitol dan TDI-80.

Tabel 2. Nilai rata-rata kerapatan massa biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata kerapatan massa (g/mL)
5	0,49 a
10	0,35 b
15	0,21 c
20	0,15 cd
25	0,12 d

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Perbedaan kerapatan massa disebabkan oleh perbedaan banyaknya rongga udara yang terbentuk. Rongga udara terbentuk akibat dari gas CO₂ yang terperangkap. Jumlah rongga udara yang terbentuk oleh gas CO₂ mengurangi kerapatan massa dan berat persatuan cm³ *foam* yang dihasilkan. Ukuran sel yang terbentuk atau jumlah dan luas rongga yang terbentuk di dalam komposit *foam* dengan *foam* sintetis berpengaruh secara langsung terhadap nilai kerapatan massa. Menurut Ariff *et al.* (2008) *foam* dengan ukuran sel yang lebih kecil cenderung lebih tinggi massa jenisnya. Nilai kerapatan massa berhubungan juga dengan ikatan silang

yang terjadi oleh interaksi antar bahan pembentuk (Syabani *et al.*, 2017).

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai kerapatan massa untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah 0,012–0,015 g/mL. Nilai kerapatan massa dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini belum memenuhi standar nilai dari kerapatan massa plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989. Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan mengurangi konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80.

Kekerasan

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata kekerasan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 1,58 – 5,15 kg.

Tabel 3. Nilai rata-rata kekerasan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata kekerasan (kg)
5	1,58 d
10	2,50 c
15	3,09 bc
20	3,74 b
25	5,15 a

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata kekerasan tertinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 5,15 kg, yang berbeda nyata dengan kekerasan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang lainnya. Sedangkan rata-rata kekerasan terendah dimiliki oleh

biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 1,58 kg, yang berbeda nyata dengan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan lainnya.

Perbedaan kekerasan disebabkan oleh jumlah TDI-80 yang dipakai, dimana jumlah TDI-80 yang tinggi menyebabkan peningkatan kadar segmen keras dan terbentuknya rantai urea yang semakin banyak. Akibatnya energi kohesi pun meningkat, sehingga poliuretan yang dihasilkan semakin kaku dan rapuh (El-Shekeil *et al.*, 2011).

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai kekerasan untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah 5–6,9 kg. Nilai kekerasan dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini yang memenuhi standar nilai dari kekerasan plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989 pada konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 25%. Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80

Kepegasan Pantul

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh sangat nyata terhadap kepegasan pantul dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata kepegasan pantul biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 5,51 – 22,91%.

Tabel 4 menunjukkan bahwa rata-rata kepegasan pantul tertinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 15-25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 9,44-22,91%, yang berbeda nyata dengan lainnya. Sedangkan rata-rata kepegasan pantul terendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 5,51%, yang

berbeda nyata dengan lainnya. Hal ini disebabkan oleh besar konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang dipakai untuk membentuk ikatan silang pada biokomposit *foam*. Selain itu kerapatan massa, kekerasan dan elastisitas berpengaruh terhadap nilai kepegasan pantul yaitu pada saat ada benda yang membebaninya maka akan terjadi perlawanan sesuai dengan kekuatan ikatan antar molekul yang membentuknya (Nasruddin dan Bondan, 2018).

Tabel 4. Nilai rata-rata kepegasan pantul biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata kepegasan pantul (%)
5	5,51 c
10	7,00 c
15	9,44 c
20	14,08 b
25	22,91 a

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai kepegasan pantul untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah minimal 30%. Nilai kepegasan pantul dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini belum memenuhi standar nilai dari kepegasan pantul plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989. Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80.

Tegangan Putus

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh nyata terhadap tegangan putus dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata tegangan putus

biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 0,05 – 0,23 N/mm².

Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata tegangan putus tertinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,23 N/mm², yang berbeda nyata dengan lainnya. Sedangkan rata-rata tegangan putus terendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,05 N/mm², yang tidak berbeda nyata dengan rata-rata tegangan putus dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang menggunakan 15% dan 20% campuran sorbitol dan TDI-80. Perbedaan tegangan putus disebabkan oleh konsentrasi TDI-80 yang dipakai.

Tabel 5. Nilai rata-rata tegangan putus biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata tegangan putus (N/cm ²)
5	0,23 a
10	0,14 b
15	0,13 bc
20	0,09 bc
25	0,05 c

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Jumlah TDI-80 yang tinggi menyebabkan peningkatan kadar segmen keras dan terbentuknya rantai urea yang semakin banyak. Akibatnya energi kohesi pun meningkat, poliuretan yang dihasilkan semakin kaku dan rapuh sehingga menurunkan nilai kekuatan tarik poliuretan. (El-Shekeil *et al.*, 2011). Menurut Nabil *et al.*, 2014 perbedaan nilai tegangan putus antar perlakuan dipengaruhi oleh kepadatan ikatan silang yang saling mengikat.

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa

besarnya nilai tegangan putus untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah minimal 0,70 N/mm². Nilai tegangan putus dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini belum memenuhi standar nilai dari tegangan putus plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989. Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80.

Perpanjangan Putus

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata perpanjangan putus biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 2,11% – 12,64%.

Tabel 6. Nilai rata-rata perpanjangan putus biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata perpanjangan putus (%)
5	12,64 a
10	7,91 ab
15	2,75 b
20	2,11 b
25	4,52 b

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata perpanjangan putus tertinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 12,64%, yang tidak berbeda nyata dengan perpanjangan putus biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang menggunakan 10% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 7,91%. Sedangkan rata-rata perpanjangan putus yang rendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan

glukomanan pada konsentrasi 15-25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 2,11-4,52%, yang tidak berbeda nyata dengan biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang menggunakan 10% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 7,91%. Perbedaan perpanjangan putus disebabkan oleh kemampuan bahan untuk menahan regangan yang dipengaruhi oleh kemampuan dan ikatan silang yang membentuk biokomposit *foam*. Ketika dilakukan regangan terjadi pergerakan molekul untuk bertahan sampai pada keadaan hingga masing-masing molekul tidak dapat saling berikatan (Nasruddin dan Bondan, 2018).

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai perpanjangan putus untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah minimal 160%. Nilai perpanjangan putus dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini belum memenuhi standar nilai dari perpanjangan putus plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989. Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80.

Ketahanan Sobek

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh nyata terhadap ketahanan sobek dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata ketahanan sobek biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 0,04 - 0,17 N/cm³.

Tabel 7 menunjukkan bahwa rata-rata ketahanan sobek tertinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,17 N/cm³, yang berbeda nyata dengan ketahanan sobek lainnya. Sedangkan rata-rata ketahanan sobek terendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi

25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,04 N/cm³, yang tidak berbeda nyata dengan ketahanan sobek biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang menggunakan 15-20% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 0,07-0,09 N/cm³. Perbedaan ketahanan sobek disebabkan oleh besar konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang dipakai. Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 menentukan ikatan silang yang terjadi, ikatan silang yang terjadi memperkuat ikatan antar molekul dan dinding sel yang membentuk biokomposit *foam*. Ketahanan sobek akan berpengaruh pada daya tahan plastik *foam* bila digunakan terus menerus. Semakin tinggi ketahanan sobeknya, maka akan semakin tahan lama plastik *foam* tersebut dapat digunakan (Karsiati *et al.*, 1997).

Tabel 7. Nilai rata-rata ketahanan sobek biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata ketahanan sobek (N/cm ²)
5	0,17 a
10	0,10 b
15	0,09 bc
20	0,07 bc
25	0,04 c

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai ketahanan sobek untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah minimal 0,50 N/cm³. Nilai ketahanan sobek dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini belum memenuhi standar nilai dari ketahanan sobek plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989. Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan menambah konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80.

Pampatan Tetap

Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh sangat nyata terhadap pampatan tetap dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata pampatan tetap biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 3,15 – 15,06%.

Tabel 8. Nilai rata-rata pampatan tetap biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata pampatan tetap (%)
5	15,06 a
10	13,83 a
15	11,58 a
20	6,84 b
25	3,15 c

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 8 menunjukkan bahwa rata-rata pampatan tetap yang tinggi dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5-15% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 11,58-15,06%, yang berbeda nyata dengan pampatan tetap lainnya. Sedangkan rata-rata pampatan tetap terendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan nilai 3,15%, yang berbeda nyata dengan pampatan tetap biokomposit *foam* maizena dan glukomanan yang menggunakan 20% campuran sorbitol dan TDI-80 lainnya. Perbedaan pampatan tetap disebabkan oleh besar konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 yang membentuk ikatan silang pada biokomposit *foam*. Selain itu kerapatan massa, kekerasan dan elastisitas berpengaruh terhadap nilai pampatan tetap yaitu pada saat ada benda yang membebaninya maka akan terjadi perlawanan sesuai dengan kekuatan

ikatan antar molekul yang membentuknya (Nasruddin dan Bondan, 2018).

Berdasarkan SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai pampatan tetap untuk plastik *foam* poliuretan lentur adalah maksimum 10%. Nilai pampatan tetap dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini sudah memenuhi standar nilai dari pampatan tetap plastik *foam* poliuretan lentur SNI 06-1004-1989 pada konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 20% dan 25%.

Untuk memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 dapat dilakukan dengan mengurangi konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80.

Biodegradasi

Biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik di lingkungan. Analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh nyata terhadap biodegradasi dari biokomposit *foam* maizena dan glukomanan. Rata-rata biodegradasi biokomposit *foam* maizena dan glukomanan berkisar antara 7,25–8 hari yang dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai rata-rata waktu biodegradasi biokomposit *foam* maizena dan glukomanan

Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 (%)	Rata-rata waktu biodegradasi (hari)
5	7,25 b
10	8,00 a
15	8,00 a
20	8,00 a
25	8,00 a

Keterangan: notasi yang berbeda di belakang rata-rata menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 9 menunjukkan nilai biodegradasi rata-rata 7,85 hari. Rata-rata waktu biodegradasi yang tinggi dimiliki oleh

biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 10–25% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan waktu 8 hari. Sedangkan rata-rata rata-rata waktu biodegradasi terendah dimiliki oleh biokomposit *foam* maizena dan glukomanan pada konsentrasi 5% campuran sorbitol dan TDI-80 dengan waktu 7,25 hari.

Proses biodegradabilitas dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), angin dan abrasi (degradasi mekanik) serta cahaya (fotodegradasi) (Saputro *et al.*, 2017). Kecepatan biodegradasi tergantung pada beberapa faktor yakni kelembaban, jenis mikroorganisme, temperatur, pH, jenis polimer dan ketebalan polimer. Kondisi biodegradasi yang meliputi pH, suhu, nutrisi, mineral, oksigen dan kelembaban disesuaikan dengan jenis mikroorganisme yang digunakan (Arutchelvi, 2008).

Bioplastik maizena dan glukomanan mengandung gugus fungsi Hidroksil (O-H), Karbonil (C=O), Karboksil (C-O) dan Ester (Utami *et al.*, 2014). Gugus-gugus tersebut bersifat hidrofilik sehingga mengakibatkan mikroorganisme pada lingkungan memasuki matriks bioplastik tersebut. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan bioplastik

menjadi lebih mudah terdegradasi karena menjadi media tumbuh bagi sebagian besar bakteri dan mikroba (Alif *et al.*, 2018). Gugus Hidroksil (O-H) yang terkandung pada bahan akan terdekomposisi menjadi potongan-potongan kecil hingga menghilang dalam tanah. Polimer akan terdegradasi karena proses kerusakan atau penurunan mutu karena putusannya ikatan rantai pada polimer (Marhamah, 2008).

Berdasarkan standar plastik internasional (ASTM D5988) bahwa besarnya nilai biodegradasi untuk plastik adalah maksimal 60 hari. Nilai laju biodegradasi dari plastik *foam* poliuretan lentur maizena dan glukomanan pada penelitian ini sudah memenuhi standar waktu biodegradasi plastik internasional (ASTM D5988).

Perlakuan Terbaik

Biokomposit *foam* maizena dan glukomanan dengan konsentrasi 25% sudah memenuhi SNI plastik *foam* poliuretan lentur 06-1004-1989 pada variabel kekerasan (5,15kg), pampat tetap (3,15%) dan lama biodegradasi 8 hari yang sudah memenuhi Standar Internasional ASTM D5988. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil standar variabel yang diamati

Variabel yang diamati	Standar yang digunakan	Standar hasil	Hasil penelitian	Keterangan
Kerapatan Massa (kg/m ³)	SNI 06-1004-1989	12 - 15	0,49	Tidak memenuhi
Kekerasan (kg)	SNI 06-1004-1989	5 – 6.9	5,15	Sudah memenuhi
Kepegasan pantul (%)	SNI 06-1004-1989	Minimal 30	22,91	Tidak memenuhi
Tegangan putus (N/mm ²)	SNI 06-1004-1989	Minimal 0,70	0,23	Tidak memenuhi
Perpanjangan putus (%)	SNI 06-1004-1989	Minimal 160	12,64	Tidak memenuhi
Ketahanan sobek (N/cm ³)	SNI 06-1004-1989	Minimal 0,50	0,17	Tidak memenuhi
Pampatan tetap (%)	SNI 06-1004-1989	Maksimal 10	3,15	Sudah memenuhi
Biodegradasi (hari)	Internasional (ASTM D5988)	Max 60 hari	8 hari	Sudah memenuhi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan massa, kekerasan, kepegasan pantul dan pampat tetap; berpengaruh nyata terhadap tegangan putus, perpanjangan putus dan ketahanan sobek.
2. Biokomposit *foam* maizena dan glukomanan terbaik didapatkan pada perlakuan dengan konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80 sebesar 25% dengan nilai kekerasan 5,15 kg, nilai pampat tetap 3,15%, kerapatan massa 0,12 g/mL, kepegasan pantul 22,91%, tegangan putus 0,05 N/mm², perpanjangan putus 4,52%, ketahanan sobek 0,04 N/cm³ dan laju biodegradasi dalam waktu 8 hari.

Saran

Saran dari penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pembuatan biokomposit menggunakan jenis bahan baku pembentuk biokomposit selain maizena dan glukomanan, pembentuk *foam* selain sorbitol dan TDI-80 serta variasi konsentrasi yang lebih banyak agar dapat memperbaiki karakteristik sehingga biokomposit *foam* maizena dan glukomanan dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia maupun Standar Internasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, M., N. Wijayanti dan S. Mursiti. 2018. Pembuatan bioplastik dari pati biji alpukat-kitosan dengan *plasticizer* sorbitol. *Indonesia Journal of Chemical Science*. 7(2): 102-109.
- Amaliya, R. R., dan W.D.R. Putri. 2014. Karakteristik edible film dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3):43-53.
- Ariff, Z. M., Z. Zakaria. L. H. Tay dan S. Y. Lee. 2008. Effect of foaming temperature and rubber grades on properties of natural rubber foams. *Journal of Applied Polymer Science*. 107(4): 2531-2538.
- Chen, J. J., Zhu C. F., Deng H. T., Qin Z. N., dan Bai Y. Q. 2009. Preparation and characterization of the waterborne polyurethane modified with nanosilica. *Journal Polym Res*. 16: 375-380.
- El-Shekeil, Y. A., S. M. Sapuan, E. S. Zainudin, dan A. B. Khalina. 2011. Effect of fiber loading on the mechanical properties of kenaf fiber reinforced thermoplastic polyurethane composite. *Key Engineering Materials*. 1213(471): 1058-1063.
- Harsojuwono, B. A dan I. W. Arnata. 2016. Karakteristik fisik dan mekanik bioplastik (studi konsentrasi tapioka dan perbandingan campuran pemlastis). *Media Ilmiah Teknologi Pangan*. 3(1): 03-04.
- Hasan, A., D. Erwana, P. Indah, I Dewanda dan T. A. S. Putu. 2019. Sifat fisik vulkanisat karet dengan bahan pengisi variasi tanah liat di berbagai lapisan area tambang pt. bukit asam (persero) tbk. *Jurnal Kinetika*. 10(1): 31-37.
- Karsiati, N., A. S Supriyadi dan Sunardi. 1997. Penelitian mutu plastik busa untuk jok mobil. *Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik*. 12(24): 79-84.
- Kirana, A., M. Farid dan V. M. Pratiwi. 2016. Efek penambahan serat gelas pada komposit *polyurethane* terhadap sifat mekanik dan sifat fisik komposit *doorpanel*. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2): 38-41.

- Marhamah, 2008. Biodegradasi *plasticizer* poligliserol asetat (PGA) dan dioktil ftalat (DOP) dalam matrik polivinil klorida (PVC) dan toksisitasnya terhadap pertumbuhan mikroba. Tesis. Tidak dipublikasikan. Program Studi Kimia. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Nabil, H., H. Ismail dan A. R. Azura. 2014. Optimisation of accelerators and vulcanising systems on thermal stability of natural rubber/recycled ethylenepropylene diene monomer blends. *Material and Design*. 53: 651-661.
- Nabil, H., H. Ismail, dan A. R. Azura. 2013. Comparison of thermo-oxidative ageing and thermal analysis of carbon blackfilled nr/virgin epdm and nr/recycled epdm blends. *Polymer Testing*. 32: 631-639.
- Nasruddin dan A. T. Bondan. 2018. Efek penambahan epdm pada karet alam terhadap sifat mekanik karet busa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 29(2): 155-162.
- Neswati, N. S, Arief, dan Yusniwati. 2019. Sintesis, karakterisasi dan modifikasi busa poliureatan fleksibel baku berbahan baku biopoliol berbasis minyak kelapa sawit dan minyak nabati lainnya. *Jurnal Agroindustri*. 9(2): 66-82.
- Prihastuti, H. 2008. Studi sintesis foam poliuretan dari gliserol monoleat. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.
- Sahwan, F. L. 2005. Sistem pengelolaan limbah plastik di indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 6(1): 311-318.
- Saputro, A. N. C. dan A. L. Ovita. 2017. Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (*Canna edulis*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 2(1): 13-21.
- Siswanti, R. B. K Anandito dan G. J Manuhara. 2013. Karakterisasi edible film komposit dari glukomanan umbi iles-iles (*Amorphopallus muelleri blume*) dan maizena. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 6(2): 111-117.
- Situmorang, B. D., B. A. Harsojuwono, dan A. Hartiati. 2019. Karakteristik komposit bioplastik dalam variasi rasio maizena-glukomanan dan variasi ph pelarut. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 7(3): 391-400
- Susilowati, E. D., 2001. Komposisi kimia berbagai tepung iles-iles dan kekukuhan gel tepung iles-iles *Ammorphopallus variabilis* dengan variasi tambahan Ca(OH)₂. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Syabani, M. W., I. Perdana dan Rochmadi. 2017. Thermal degradation of modified phenol formaldehyde resin with sodium silicate. *Proceeding International Conference on Chemistry and Engineering in Agroindustry (Icochea 2017)*. 1(1): 37-40.
- Torrysely, P. A. 2008. Analisa efek *secondary flow* pada pipa bulat dan kotak. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.