

Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Pengisi terhadap Karakteristik Komposit
Bioplastik Pati Umbi Gadung-Karagenan
(*The Effect of Filler Type and Concentration on The Characteristic Bioplastic Composites of
Gadung Tuber Starch-Carrageenan*)

Komang Gede Irwan Suparwan, Amna Hartiati*, Lutfi Suhendra

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

Diterima 02 Agustus 2021 / Disetujui 26 Agustus 2021

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of filler types and concentrations and their interactions on the characteristic bioplastic composites of gadung tuber starch-carrageenan, and to determine the types and concentrations of fillers that produce the best characteristic of the bioplastic composites of gadung tuber starch-carrageenan. This research used factorial randomized block design. The first factor is the type of filler consisting of 4 level that is ZnO, clay, CaCO₃, nanocellulose. The second factor is the filler concentration consisting of 4 levels 0%, 5%, 10%, 15% (w/w). Each treatment is grouped into two time-based of making bioplastics, so there are 32 experimental units. The data obtained were analyzed of variant and test Tukey's. Composite gadung tuber starch-carrageenan with nanocellulose filler get the best a tensile strength value 19,33 MPa, elongation at break 10,47%, modulus young 185,06 MPa, biodegradability for 6 day, and contain asetil (C-O-C), alkenes (CH), alcohol, ethers, carboxylic acids, and esters (CO), alkene (C=C), alkyne (C≡C), alcohol (OH). While the composite bioplastic of gadung tuber starch-carrageenan with ZnO filler material with a concentration of 15% the best swelling value 39.32% and the rate of water vapor transmission 0.56 g/hours.m².

Keywords: *bioplastic, gadung tuber starch-carrageenan, filler*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi bahan pengisi serta interaksinya terhadap karakteristik komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan, serta menentukan jenis dan konsentrasi bahan pengisi yang dapat menghasilkan karakteristik komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan terbaik. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial. Faktor pertama adalah jenis bahan pengisi yaitu ZnO, clay, CaCO₃, dan nanoselulosa. Faktor kedua adalah konsentrasi bahan pengisi yaitu 0 %, 5%, 10%, 15%. Masing-masing perlakuan dikelompokkan menjadi 2 berdasarkan waktu pembuatan bioplastik sehingga terdapat 32 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dan dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis bahan pengisi dan konsentrasi bahan pengisi sangat berpengaruh terhadap kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, pengembangan tebal, biodegradasi dan laju trasmisi uap air. Komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan dengan penambahan bahan pengisi nanoselulosa dengan konsentrasi 5% mendapatkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 19,33 MPa, perpanjangan saat putus sebesar 10,47%, elastisitas sebesar 185,06 MPa, lama degradasi 6 hari,

*Korespondensi Penulis:

Email: amnahartiati@unud.ac.id

dan mengandung gugus fungsi asetil (C-O-C), alkana (CH), alkohol, eter, asam karboksilat, and ester (CO), alkena (C=C), alkuna (C≡C), alkohol (OH). Sedangkan bioplastik komposit pati umbi gadung karagenan dengan penambahan bahan pengisi ZnO dengan konsentrasi 15% mendapatkan pengembangan tebal sebesar 39,32% dan laju transmisi uap air sebesar 0,56 g/jam.m².

Kata kunci: *bioplastik, pati gadung-karagenan, bahan pengisi*

PENDAHULUAN

Bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme dan terbuat dari bahan alami yaitu dari pati dan selulosa (Radhiyattullah *et al.*, 2015). Pati merupakan polimer glukosa dan terdiri dari amilosa dan amilopektin (Jacobs and Delcour, 1998). Pati dapat diperoleh dari beras, jagung, kentang, umbi-umbian, dan lain sebagainya. Salah satu contoh pati yang didapat dari umbi adalah pati dari umbi gadung. Umbi gadung adalah umbi yang dapat tumbuh dengan mudah tanpa perawatan khusus dan pengolahannya masih sedikit sehingga tanaman ini potensial untuk pembuatan bioplastik. Umbi gadung memiliki kandungan pati sekitar 38,80% (Santoso *et al.*, 2015).

Usaha untuk meningkatkan kuat tarik bioplastik yang dihasilkan maka dilakukan penggabungan dari bahan pati gadung dan karagenan untuk membentuk ikatan silang. Karagenan (C₁₂H₁₄O₁₅(OH)₄) merupakan senyawa yang didapatkan dari ekstrak rumput laut golongan ganggang merah yang memiliki sifat hidrokolloid. Karagenan dimanfaatkan sebagai pembentuk gel, pembentuk tekstur, pengemulsi, (Istini *et al.*, 1991). Berdasarkan penelitian Wara *et al.*, (2020) mengenai karakteristik komposit bioplastik pada variasi perbandingan campuran pati gadung (*Dioscorea hispida* Deenst) dan karagenan perlakuan terbaiknya pada perbandingan 50:50 dengan kuat tarik yaitu 3,60 MPa, elongasi 35,37%, elastisitas 14,22 MPa, penyerapan air 26,30%, biodegradasi selama 6-7 hari.

Pembuatan bioplastik membutuhkan bahan pengisi supaya memberikan pengaruh pada sifat-sifat komposit yang terbentuk (Bayandori, 2009). Komposit bioplastik bisa menjadi lebih baik sifat mekaniknya dengan

penambahan bahan pengisi (*Filler*). Beberapa jenis *filler* yang biasanya digunakan untuk pembuatan bioplastik seperti ZnO, clay, CaCO₃, dan nanoselulosa (Nugroho, 2012).

Terdapat beberapa penelitian bioplastik yang menggunakan *filler*, seperti penelitian yang dilakukan oleh Maryanti *et al.*, (2018) mengenai pengaruh penambahan nanopartikel ZnO yang disintesis menggunakan capping agent bawang putih terhadap sifat kuat tarik dan perpanjangan putus bioplastik dari pati ubi jalar. Dalam penelitian ini mendapatkan kuat tarik tertinggi sebesar 23,32 MPa dengan dengan penambahan ZnO 2,08%. Penelitian lain dilakukan oleh Hutabalian *et al.*, (2020) yang memperlakukan jenis dan konsentrasi *filler* (clay, CaCO₃ dan ZNO) terhadap karakteristik bioplastik dari maizena. Hasil terbaiknya adalah dengan *filler* ZnO 9% yang menghasilkan kuat tarik 4,11 MPa. Nanoselulosa sudah digunakan sebagai *filler* pada bioplastik polivinil alkohol, tetapi untuk uji kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, dan biodegradasi belum dilakukan.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dilakukan penelitian tentang komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan dengan menambahkan *filler* terutama jenis dan konsentrasi yang digunakan untuk mendapatkan karakteristik komposit bioplastik terbaik agar memenuhi syarat SNI, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi bahan pengisi terhadap karakteristik komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan dan menentukan jenis dan konsentrasi bahan pengisi yang menghasilkan komposit bioplastik dengan karakteristik terbaik

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Proses pembuatan bioplastik, uji penyerapan air, uji biodegradasi dan uji laju transmisi uap air dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Nutrisi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Pelayanan Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Uji kuat tarik, uji perpanjangan saat putus, dan uji elastisitas dilakukan di Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai Mei 2021.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pisau, talenan, sendok, ayakan 80 mesh, baskom, batang pengaduk, gelas ukur 100 ml, cetakan (teflon MAXIM FRYPAN diameter 20 cm), *beaker glass* 100 ml, *beaker glass* 250 ml, pipet tetes (pipet tetes plastic 3 ml), *thermometer* (*thermometer* batang skala -20+110°C), *hot plate* (JP. SELECTA), timbangan analitik (PIONEER™), oven (ECOCELL MMM Medcenter Einrichtunge GmbH), alat uji kompresi dan ketegangan universal.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pati gadung dari umbi gadung berumur ± 12 bulan yang didapat di pasar Tabanan, karagenan dan clay dari Planet Kimia Depok, ZnO, CaCO₃, nanoselulosa, aquades, asam asetat, gliserol dari UD. Saba Kimia, Denpasar Utara.

Rancangan percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis bahan pengisi ZnO, clay, CaCO₃ dan nanoselulosa. Faktor kedua adalah konsentrasi bahan pengisi yaitu 0%, 5%, 10%, 15%. Dengan demikian terdapat 16 perlakuan kombinasi dan 16 pelakuan dibuat 2 kali pembuatan sehingga terdapat 32 unit percobaan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis keragamannya

(ANOVA), jika pada perhitungan anova $p < 0,01$ atau $p < 0,05$ maka dilanjutkan dengan uji Tukey's menggunakan minitab 20.

Pelaksanaan penelitian.

Kegiatan penelitian dimulai dengan menyiapkan umbi gadung lalu dikupas dan dicuci hingga bersih, kemudian dipotong-potong dengan ukuran 1x1 cm. Selanjutnya umbi gadung direndam air selama 10 menit untuk melarutkan kandungan HCN. Setelah direndam umbi gadung ditimbang sebanyak 200 gram, kemudian dihaluskan menggunakan blender dengan perbandingan air dan bahan (6:1). Kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat, lalu diendapkan selama 12 jam. Air dan endapan pati dipisahkan, sehingga menghasilkan pati basah. Lalu pati basah yang sudah diperoleh dikeringkan menggunakan oven pada suhu ± 80°C selama 4 jam. Selanjutnya pati dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh, setelah itu pati siap digunakan.

Pembuatan Komposit Bioplastik

Langkah pertama proses pembuatan komposit bioplastik adalah mempersiapkan bahan baku dan bahan kimia yang dibutuhkan yaitu pati gadung, karagenan, pemlastis gliserol, bahan pengisi (ZnO, clay, CaCO₃, dan nanoselulosa) dan larutan asam asetat 1%. langkah kedua dilakukan penimbangan 6 gram total polimer yaitu 3 gram pati gadung, 3 gram karagenan di masukkan ke dalam *beaker glass*. *filler* ditimbang sesuai perlakuan lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Pati umbi gadung, karagenan, dan *filler* ditambahkan asam asetat (1%). Selanjutnya pati gadung, karagenan, dan *filler* digelatinisasi pada *hot plate* dengan suhu 75±2°C selama 5 menit yang dikontrol dengan menggunakan thermometer sampai campuran membentuk gel. Pati gadung, karagenan, dan *filler* yang sudah berbentuk gel kemudian dicampur ke dalam satu *beaker glass* dan ditambahkan gliserol 1% lalu dipanaskan dengan suhu 75±2°C selama 10 menit yang dikontrol

dengan menggunakan thermometer (Mindarwati, 2016). Gabungan dari pati gadung-karagenan yang sudah ditambahkan *filler* dan gliserol kemudian dicetak pada teflon berukuran 20 cm dan dikeringkan pada oven dengan suhu $50\pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Lapisan plastik yang terbentuk kemudian didinginkan pada suhu ruangan selama 24 jam hingga bioplastik dapat dilepas dari teplon.

Variabel yang diamati

Variable yang diamati meliputi sifat mekanik yang terdiri dari kuat tarik (ASTM 638), uji perpanjangan saat putus (ASTM D638), elastisitas (ASTM D638) dengan menggunakan alat uji tarik mengacu pada ASTM D638, uji pengembangan tebal (Nahwi,

2013), biodegradasi (Harnis dan Darni, 2011), uji WVTR (Thermo, 2011), uji FTIR (Chusnul, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi bahan pengisi, serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kuat tarik komposit bioplastik yang dihasilkan. Nilai kuat tarik dari komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan dengan jenis dan konsentrasi bahan pengisi berkisar antara 9,67 MPa sampai 19,33 MPa yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kuat tarik (MPa) komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan

Jenis <i>filler</i>	Konsentrasi <i>filler</i>			
	K1 (0%)	K2 (5%)	K3 (10%)	K4 (15%)
ZnO	10,67 \pm 0,47 ^{ef}	12,91 \pm 0,82 ^{de}	14,24 \pm 0,46 ^{cd}	13,10 \pm 0,91 ^{de}
Clay	9,67 \pm 0,48 ^f	12,58 \pm 1,74 ^{ef}	13,87 \pm 0,11 ^{cd}	12,26 \pm 0,46 ^{ef}
CaCO ₃	9,67 \pm 0,24 ^f	14,56 \pm 0,94 ^{bc}	15,41 \pm 0,00 ^{bc}	17,10 \pm 0,94 ^{ab}
Nanoselulosa	10,17 \pm 0,00 ^{ef}	19,33 \pm 0,35 ^a	12,67 \pm 0,60 ^{ef}	11,33 \pm 1,55 ^{ef}

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

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi sebesar 19,33 MPa dimiliki oleh komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 5% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi CaCO₃ 15%. Sedangkan nilai kuat tarik terendah sebesar 9,67 MPa terdapat pada komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi CaCO₃ 0% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 0% sebesar 9,67 MPa, komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 5% sebesar 12,58 MPa, komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 15% sebesar 12,26 MPa, komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi ZnO 0% sebesar 10,67 MPa, komposit

bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 0% sebesar 10,17 MPa dan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 15% sebesar 11,33 MPa. Komposit bioplastik dengan penambahan bahan pengisi nanoselulosa pada penelitian ini menjadi bahan pengisi yang paling baik dari bahan pengisi lainnya karena selulosa yang berukuran nano dapat meningkatkan luas permukaan partikel dengan mengisi celah-celah kosong pada saat proses gelatinisasi sehingga kuat tarik meningkat. Menurut Subyakto *et al.*, (2009) nanoselulosa merupakan selulosa yang berukuran nano (1-100 nm) yang memiliki sifat kekuatan tarik tinggi dan kemampuan mengikat air yang tinggi. Menurut Darni *et al.*, (2019) penambahan konsentrasi bahan pengisi semakin tinggi belum tentu menghasilkan kuat

tarik semakin baik, hal ini disebabkan oleh kondisi jenuh pada matrik bioplastik sehingga bahan pengisi yang ditambahkan berlebihan tidak dapat berikatan dengan pati gadung-karagenan. Berdasarkan SNI 7188,7: 2016 nilai kuat tarik bioplastik 24,7-302 MPa. Kuat tarik pada penelitian yang dilakukan belum memenuhi SNI 7188,7: 2016.

Perpanjangan Saat Putus (*Elongation at Break*)

Tabel 2. Nilai perpanjangan saat putus (%) komposit pati umbi gadung karagenan

Jenis <i>filler</i>	Konsentrasi <i>filler</i>			
	K1 (0%)	K2 (5%)	K3 (10%)	K4 (15%)
ZnO	15,22±0,08 ^{bc}	13,67±0,51 ^{fg}	12,95±0,51 ^{fg}	13,31±0,44 ^{fg}
Clay	15,89±0,08 ^a	14,03±0,58 ^{ef}	13,41±0,00 ^{fg}	14,08±0,06 ^{de}
CaCO ₃	16,00±0,43 ^a	12,64±0,46 ^{gh}	12,32±0,21 ^{gh}	11,47±0,07 ^{hi}
Nanoselulosa	15,52±0,00 ^{ab}	10,47±0,14 ⁱ	13,82±0,13 ^{ef}	14,44±0,64 ^{cd}

Keterangan: huruf yang berbeda dibelakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai perpanjangan saat putus tertinggi sebesar 16,00% dimiliki oleh komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi CaCO₃ dengan konsentrasi 0% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 0% sebesar 15,89%, dan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 0% sebesar 15,52%, sedangkan nilai perpanjangan saat putus terendah sebesar 10,47% terdapat pada komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 5% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi CaCO₃ 15% sebesar 11,47%. Penambahan bahan pengisi menghasilkan perpanjangan saat putus lebih rendah dibandingkan dengan bahan pengisi 0% hal ini dikarenakan adanya interaksi antara campuran pati gadung-karagenan dengan bahan pengisi sehingga ikatan yang terjadi semakin rapat yang menyebabkan komposit menjadi kuat, sehingga film komposit bioplastik semakin sulit untuk memanjang. Menurut Setiani *et al.*,

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi bahan pengisi serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap perpanjangan saat putus (*elongasi*) komposit bioplastik yang dihasilkan. Nilai perpanjangan saat putus komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis dan konsentrasi bahan pengisi berkisar antara 10,47% sampai 16,00% yang dapat dilihat pada Tabel 2

(2013). Semakin rendah nilai elongasi dari bioplastik, maka karakteristik dari bioplastik akan semakin baik. Nilai perpanjangan saat putus berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik Perpanjangan saat putus pada penelitian ini belum memenuhi SNI yaitu 21-220%.

Elastisitas (*Modulus Young*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi bahan pengisi serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap elastisitas komposit bioplastik yang dihasilkan. Nilai elastisitas dari komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis dan konsentrasi bahan pengisi berkisar antara 60,41 MPa sampai 185,06 MPa yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai elastisitas tertinggi sebesar 185,06 MPa dimiliki komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa dan konsentrasi 5% yang berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi bahan pengisi lainnya. Sedangkan nilai elastisitas terendah sebesar 60,41 MPa terdapat pada komposit bioplastik pati umbi gadung-

karagenan dengan jenis bahan pengisi CaCO_3 dengan konsentrasi 0% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi ZnO 0% sebesar 70,10 MPa, komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 0% sebesar 60,85 MPa, komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 0% sebesar 65,50 MPa, komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 15% sebesar 87,01 MPa, dan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 15% sebesar 78,50 MPa. Nanoselulosa dapat mengisi celah-celah

kosong pada saat gelatinisasi, sehingga elastisitas nanoselulosa paling tinggi. Pada hasil penelitian ini terlihat bahwa elastisitas tertinggi sama dengan kuat tarik tertinggi yaitu pembuatan komposit dengan penambahan bahan pengisi nanoselulosa 5 % hal ini juga sesuai dengan pernyataan Dami dan utami (2010) bahwa nilai elastisitas berbanding lurus dengan kuat tarik. Berdasarkan SNI 7818:2014 nilai elastisitas (*modulus young*) 400-1120 MPa. Dengan demikian, besarnya nilai elastisitas bioplastik yang dihasilkan dalam penelitian belum memenuhi SNI 7818:2014.

Tabel 3. Nilai elastisitas (MPa) komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan

Jenis <i>filler</i>	Konsentrasi <i>filler</i>			
	K1 (0%)	K2 (5%)	K3 (10%)	K4 (15%)
ZnO	70,10±2,66 ^{hi}	94,48±9,09 ^{fg}	109,95±0,55 ^{cd}	98,78±3,77 ^{ef}
Clay	60,85±2,64 ^{hi}	89,83±8,51 ^{gh}	103,48±0,86 ^{de}	87,01±4,73 ^{hi}
CaCO_3	60,41±0,30 ⁱ	115,04±17,09 ^{cd}	123,08±1,41 ^{bc}	149,07±6,93 ^b
Nanoselulosa	65,50±0,00 ^{hi}	185,06±3,50 ^a	91,67±3,53 ^{fg}	78,50±16,43 ^{hi}

Keterangan: huruf yang berbeda dibelakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Pengembangan Tebal (*Swelling*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis bahan pengisi dan konsentrasi, serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pengembangan tebal komposit bioplastik. Nilai

pengembangan tebal komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis dan konsentrasi bahan pengisi sebesar 39,32% sampai 55,61% yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai persentase pengembangan tebal (%) komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan

Jenis <i>filler</i>	Konsentrasi <i>filler</i>			
	K1 (0%)	K2 (5%)	K3 (10%)	K4 (15%)
ZnO	50,81±0,05 ^{de}	43,31±0,09 ^{fg}	41,68±0,18 ^{gh}	39,32±0,06 ^h
Clay	50,64±1,84 ^{de}	51,13±0,18 ^{cd}	52,40±0,53 ^{bc}	53,17±2,07 ^{ab}
CaCO_3	50,74±0,36 ^{de}	48,81±0,41 ^{de}	47,94±0,73 ^{de}	46,92±0,08 ^{ef}
Nanoselulosa	50,81±0,02 ^{de}	52,97±2,01 ^{ab}	54,12±1,66 ^{ab}	55,61±0,05 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda dibelakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai persentase pengembangan tebal tertinggi sebesar 55,61% dimiliki oleh komposit bioplastik dengan bahan pengisi nanoselulosa 15% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 10%

sebesar 54,12% dan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi nanoselulosa 5% sebesar 52,97%. Sedangkan nilai persentase pengembangan tebal terendah sebesar 39,32% terdapat pada komposit bioplastik dengan bahan pengisi ZnO 15% yang tidak berbeda nyata dengan komposit

bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi ZnO 10% sebesar 41,68%. Menurut Sulityo dan Ismiyati (2012) menyatakan bahwa semakin kecil persentase pengembangan tebal bioplastik maka bioplastik semakin baik. Bioplastik dengan nilai pengembangan tebal (*swelling*) terbaik adalah bioplastik yang nilai persentase pengembangannya yang terendah karena sifat bioplastik yang hidrofilik jika pengembangan tebal tinggi maka akan terjadi peningkatan proses laju transmisi uap air sehingga bisa menyebabkan produk yang dikemas cepat rusak. Menurut Nafchi *et al.*, (2013) semakin banyak konsentrasi bahan pengisi ZnO yang digunakan, maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terjadi dalam matriks sehingga molekul air lebih sulit berikatan dengan matriks yang menyebabkan pengembangan tebal menurun. Menurut John dan Thomas, (2018) semakin banyak konsentrasi bahan pengisi nanoselulosa maka nilai pengembangan tebal semakin besar, hal ini

disebabkan oleh gugus hidroksida (OH^-) pada nanoselulosa yang mempengaruhi komposit bersifat hidrofilik. Berdasarkan standar plastik internasional EN 317 besarnya nilai pengembangan tebal (*swelling*) untuk plastik adalah 1,44%. Besarnya nilai pengembangan air bioplastik yang dihasilkan dari penelitian ini belum memenuhi standar plastik internasional EN 317.

Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan metode *soil burial test* yaitu dengan cara menimbun bioplastik dalam tanah selama beberapa hari (Subowo dan Pujiastuti, 2003). Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis bahan pengisi dan konsentrasi bahan pengisi berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) tetapi interaksinya berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai biodegradasi pati gadung-karagenan. Nilai biodegradasi bioplastik berkisar antara 6 sampai 8 hari yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata uji biodegradasi (hari) komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan

Jenis <i>filler</i>	Konsentrasi <i>filler</i>			
	K1 (0%)	K2 (5%)	K3 (10%)	K4 (15%)
Z (ZnO)	6,00 ^c	7,00 ^{bc}	7,50 ^{ab}	8,00 ^a
C (Clay)	6,00 ^c	6,00 ^c	6,50 ^{bc}	7,00 ^{bc}
Ca (CaCO ₃)	6,00 ^c	7,00 ^{bc}	6,50 ^{bc}	7,00 ^{bc}
N (Nanoselulosa)	6,00 ^c	6,00 ^c	6,00 ^c	6,00 ^c

Keterangan: huruf yang berbeda dibelakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Table 5 menunjukkan bahwa kemampuan degradasi komposit bioplastik pati gadung-karagenan ini 6 sampai 8 hari. Bioplastik yang dihasilkan dengan penambahan bahan pengisi masih bersifat hidrofilik. Menurut Afif *et al.*, (2018) Bioplastik yang bersifat hidrofilik mudah terdegradasi karena bioplastik yang dihasilkan mengandung gugus hidroksil (OH) dan gugus karbonil (CO). Gugus tersebut memiliki sifat hidrofilik sehingga molekul air dapat mengakibatkan mikroorganisme pada lingkungan memasuki matriks plastik tersebut. sehingga kandungan air yang tinggi akan

mengakibatkan bioplastik menjadi lebih mudah terdegradasi. Berdasarkan standar plastik internasional (ASTM 5336) lamanya kemampuan biodegradasi untuk produk tas belanja plastik dan bioplastik membutuhkan waktu <60 hari untuk dapat terurai. Lamanya kemampuan degradasi yang dihasilkan dari penelitian ini adalah dalam waktu 6-8 hari sehingga sudah memenuhi standar ASTM 5336.

Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis bahan pengisi dan konsentrasi serta interaksinya berpengaruh

sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap uji WVTR komposit bioplastik. Nilai WVTR dari komposit bioplastik pati gadung-karagenan

dengan jenis dan konsentrasi bahan pengisi sebesar $0,56 \text{ g/jam.m}^2$ sampai $0,98 \text{ g/jam.m}^2$ yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai laju transmisi uap air (g/jam.m^2) komposit bioplastik pati umbi gadung-karagenan

Jenis <i>filler</i>	Konsentrasi <i>filler</i>			
	K1 (0%)	K2 (5%)	K3 (10%)	K4 (15%)
ZnO	$0,74 \pm 0,001^{ef}$	$0,68 \pm 0,002^g$	$0,62 \pm 0,010^h$	$0,56 \pm 0,004^i$
Clay	$0,74 \pm 0,014^{ef}$	$0,81 \pm 0,006^d$	$0,87 \pm 0,016^{bc}$	$0,95 \pm 0,010^a$
CaCO ₃	$0,75 \pm 0,007^e$	$0,71 \pm 0,003^{fg}$	$0,68 \pm 0,014^g$	$0,64 \pm 0,010^h$
Nanoseulosa	$0,76 \pm 0,005^e$	$0,83 \pm 0,012^{cd}$	$0,89 \pm 0,014^b$	$0,98 \pm 0,011^a$

Keterangan: huruf yang berbeda dibelakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai WVTR tertinggi sebesar $0,98 \text{ g/jam.m}^2$ dimiliki oleh komposit bioplastik dengan bahan pengisi nanoseulosa 15% yang tidak berbeda nyata dengan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan jenis bahan pengisi clay 15% sebesar $0,95 \text{ g/jam.m}^2$, sedangkan nilai WVTR terendah sebesar $0,56 \text{ g/jam.m}^2$ terdapat pada komposit bioplastik dengan bahan pengisi ZnO 15%. WVTR yang rendah dapat menahan uap air sehingga kerusakan pada produk akan berkurang. Untuk uji WVTR berkaitan dengan uji pengembangan tebal karena bioplastik yang dihasilkan masih bersifat hidrofilik maka jika pengembangan tebal semakin rendah maka WVTR juga semakin rendah. Bahan pengisi ZnO 15% adalah yang paling baik untuk uji WVTR dikarenakan ZnO memiliki sifat hidrofobik sehingga uap air yang dapat lewat semakin rendah. Menurut Jacob *et al.*, (2014) Laju transmisi uap air berbanding lurus dengan pengembangan tebal, semakin tebal komposit bioplastik maka laju transmisi uap air semakin tinggi, hal ini dikarenakan oleh semakin tebalnya bioplastik maka dapat mengikat air lebih banyak dan air dapat melewati bioplastik lebih mudah. Berdasarkan *Japan International Standard (JIS) 2-1707* bahwa nilai maksimal laju transmisi uap air atau WVTR sebesar $0,03 \text{ g/jam.m}^2$. pada penelitian yang dilakukan nilai WVTR yang didapat adalah $0,56 \text{ g/jam.m}^2$ sampai $0,98 \text{ g/jam.m}^2$, sehingga penelitian ini belum memenuhi standar untuk uji WVTR.

Fourier Transform InfraRed Spectroscopy (FTIR)

FTIR adalah alat yang digunakan untuk analisis gugus fungsi secara kualitatif dalam suatu senyawa kimia yang terdapat pada bahan yang akan diuji. Analisis gugus fungsi dapat dilihat pada tabel 7.

Berdasarkan tabel 7 dapat terlihat bahwa gugus fungsi pada komposit bioplastik merupakan gabungan dari gugus fungsi yang terdapat pada pati gadung dan karagenan. Dari hasil interpretasi gugus fungsi komposit bioplastik adanya kesamaan gugus fungsi yang dimiliki dengan pati gadung dan karagenan yaitu, gugus fungsi asetil (C-O-C), alkena (C=C), dan alkohol (O-H). Karena adanya kesamaan gugus fungsi dari bioplastik yang dibuat dengan bahan penyusunnya sehingga bioplastik yang dibuat masih memiliki sifat mudah terdegradasi. Dari hasil interpretasi gugus fungsi diperoleh perbedaan yaitu, senyawa alkana (C-H) merupakan senyawa yang hanya terdapat pada komposit bioplastik, dan senyawa asam karboksilat (O-H) merupakan senyawa yang hanya terdapat pada karagenan. Gugus fungsi pada komposit bioplastik terbentuk karena adanya proses modifikasi pati yang disebut grafting (pencangkokan) dimana terjadinya perubahan pada letak gugus fungsi. Menurut Ernest (2014), terdapat dua gugus fungsi terpenting dalam senyawa polisakarida yaitu gugus hidroksil (O-H), dan asetil (C-O-C).

Table 7. Daerah resapan dan gugus fungsi komposit bioplastik

Bilangan gelombang pati gadung	Bilangan gelombang karagenan	Bilangan gelombang komposit bioplastik	Daerah resapan	Jenis senyawa	Tipe senyawa
592,17	623,03	486,08	<667	C-O-C	Asetil
-	-	778,31	650-1000	C-H	Alkana
1020,39	1023,28	-	1000-1350	C-N	Amina
-	1273,07	1120,69	1050-1300	C-O	Alkohol, eter, asam karboksilat, dan ester
1347,34	1389,77	-	1340-1470	C-H	Alkana
1649,21	1676,21	1665,6	1610-1680	C=C	Alkena
-	2171,94	2109,25	2100-2260	C≡C	Alkuna
-	2513,36	-	2500-2700	O-H	Asam karboksilat
2736,14	2781,47	-	2700-2800	C=O	Aldehid
2919,39	2952,18	-	2850-2970	C-H	Alkana
3269,48	3481,66	3598,36	3200-3600	O-H	Alkohol

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Jenis bahan pengisi dan konsentrasi bahan pengisi berpengaruh terhadap kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, pengembangan tebal, dan laju transmisi uap air, biodegradasi
- 2) Komposit bioplastik pati umbi gadung karagenan dengan penambahan bahan pengisi nanoselulosa dengan konsentrasi 5% mendapatkan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 19,33 MPa, perpanjangan saat putus sebesar 10,47%, elastisitas sebesar 185,06 MPa, lama degradasi 6 hari, dan mengandung gugus fungsi asetil (C-O-C), alkana (CH), alkohol, eter, asam karboksilat, and ester (CO), alkena (C=C), alkuna (C≡C), alkohol (OH). Sedangkan bioplastik komposit pati umbi gadung karagenan dengan penambahan bahan pengisi ZnO dengan konsentrasi 15% mendapatkan pengembangan tebal terbaik sebesar 39,32% dan laju transmisi uap air

terbaik sebesar 0,56 g/jam.m²

Saran

Hasil penelitian ini menyarankan menggunakan komposit bioplastik pati gadung-karagenan dengan penambahan jenis bahan pengisi nanoselulosa dengan konsentrasi 5% karena mendapatkan kuat tarik tertinggi. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan nanoselulosa dengan konsentrasi disekitar 5% agar komposit pati gadung-karagenan bisa memenuhi semua syarat SNI.

DAFTAR PUSATAKA

- Afif, 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.
- Agustin, Y. E. dan K. S. Padmawijaya. 2016. Sintesis bioplastic kitosan-pati pisang kapok dengan penambahan zat adiktif. Surabaya. *Jurnal Teknik Kimia*. 10(2).
- Bayandori, A. M. 2009. *Synthesis of ZnO*

Nanoparticles and Electrodeposition Of Polypyrrole/ZnO Nznocomposite Film. *Int J Electrochem Sci.* 4:247-257

Chunsul. 2011. Spektroskopi IR. www.Scribd.com. Diakses pada tanggal 25 September 2020.

Harnist, R. dan Y. Darni. 2011. Penentuan Kondisi Optimum Konsentrasi Plasticizer Pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum. Universitas Lampung. Seminar Nasional Sains dan Teknologi - II

Hutabalian, P., B. A. Harsojuwono, dan A. Hartiati. 2020. Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi *Filler* Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Tepung Maizena. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri.* 8(4):580-586. I

Istini, S., J.T. Anggadiredja dan Purwoto. 1991. Rumput laut. Penebar Swadya, Depok

Jacobs, H. And J. A. Delcour. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch with retention of the granular structure: Review. *J. Agric. Food Shen.* 46(8): 2895-2905.

Kusumawardhani, R. F. 2017. Pengaruh Komposisi Zinc Oxide (ZnO) Terhadap Sifat Mekanik Bioplastik Pati Ubi Kayu Dengan Plastisizer Sorbitol Dan Gliserol. Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya.

Mindarwati, E. 2016. Kajian Pembuatan *Edible Film* Komposit dari Karagenan sebagai Pengemas Bumbu Mie Instant Rebus. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB.

Nahwi, N.F. 2013. Analisis Pengaruh Penambahan *Plasticizer* Gliserol pada Karakteristik *Edible Film* dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung, dan Bongkol Eceng Gondok. Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains

dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Nisah, K. 2019. Studi Zink Oksida Sebagai Komposit Bioplastik Genus Metroxxlen, Sp Dengan Metode Melt Intercaltion. Banda Aceh. *Lantanida Journal.* 7(2): 101-193.

Nugroho, A. F. 2012. Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat ZnO Dan Penguat Alami Clay. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Pavia, D. L., G. M. Lampman, G. S. Kriz Dan D. R. Vyvyan. 2009. *Introduction to Spectroscopy.* Saunders College, Philadelphia.

Radhiyaatullah, A., N. Indriyani, M. Hendra dan S. Ginting. 2015. Pengaruh Berat Pati Dan Volume Plasticizer Gliserol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Pati Kentang. *Jurnal Teknik Kimia USU.* 4(3): 35-39.

Santoso, B., F. Pratama, B. Hamzah dan R. Pembayung. 2015. Karakteristik Fisik Dan Kimia Pati Gayong Dan Gadung Termodifikasi Metode Ikat Silang. *Jurnal AGRITECH.* 35(3): 273-279.

Saputra, W., A. Hartiati, dan B. A. Harsojuwono. 2019. Pengaruh Konsentrasi Seng Oksida (ZnO) Dan Penambahan Gliserol Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Deenst). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri.* 7(4): 531-540.

Setiani, W., T. Sudiarti dan L. Rahminda. 2013. Preparasi dan karakterisasi *edible film* dari poliblend pati sukun-kitosan. *Valensi.* 3(2): 100-109.

Subowo, W. S. dan S. Pujiastuti. 2003. Plastik yang Terdegradasi Alami (Biodegradable) Terbuat dari LDPE dan Pati Jagung Terlapis. *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV,*

Bandung. Pusat Penelitian Informatika-LIPI. Pp:203-208.

Subyakto, E. Hermiati, D. H. Y. Yanto, Fitria, I. Budiman, Ismadi, N. Masruchin, dan B. Subiyanto. 2009. Proses Pembuatan Selulosa Berukuran Nano dari Sisal (*Agave sisalana*) dan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*). *Berita Selulosa*. 44(2): 57-65.

Sulityo, H. W., dan Ismiyati. 2012. Pengaruh Formulasi Pati Singkong-Selulosa Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas pada Pembuatan Bioplastik. *Jurnal Teknik Kimia Unimal*. 5(1): 78-91

Wara, F. Y., A. Hartiati, dan B. A. Harsojuwono. 2020. Karakteristik Komposit Bioplastik Pada Variasi Perbandingan Campuran Pati Gadung (*Discorea hispida* Deenst) dan Karagenan (*Carrageenan*). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. 8(4):484-49.