

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt>

Effect of The Composition of Lindur Fruit (*Bruguiera gymnorrhiza*) Starch Flour and Chitosan on Characteristics of Biodegradable Plastics

Pengaruh Komposisi Pati Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik *Biodegradable*

Dhita Widya Dyah Agustin^{1#}, Eko Nurcahya Dewi¹, dan Laras Rianingsih¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

E-mail : dhitawdy17@gmail.com

(Diterima: 20 Oktober 2022; Diterima setelah perbaikan: 30 Juni 2024; Disetujui: 30 Juni 2024)

ABSTRACT

*Lindur fruit starch flour has a high starch content, so it can be used as a biodegradable plastic manufacturing material. The manufacture of biodegradable plastic made from starch alone will produce plastic with low tensile strength and less flexible, so it is necessary to add the chitosan to improve the characteristics. The purpose of this study is to determine the effect and best composition of the lindur fruit starch flour-chitosan. The manufacture of biodegradable plastic begins by mixing a solution of lindur fruit starch flour with a solution of chitosan and glycerol. The solution is heated using a temperature of 70-80°C, then printed on a glass plate. The research design used was a Complete Randomized Design with the composition of lindur fruit starch flour-chitosan 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, and 6:4. The results showed that the best tensile strength values was the treatment of lindur fruit starch flour-chitosan 7:3 and 6:4 which is 20.23 MPa and 20.61 MPa. The best elongation value was the treatment of lindur fruit starch flour-chitosan 9:1 which is 6.71%. The best biodegradability test was the treatment of lindur fruit starch flour-chitosan 10:0 which is 15.93 mg/day. The best water resistance and antibacterial tests were in the treatment of lindur fruit starch flour-chitosan 6:4 which is 86.5% and the inhibition zone was 2 mm for *Escherichia coli* bacteria and 1.4 mm for *Staphylococcus aureus* bacteria.*

KEYWORDS: *chitosan; biodegradable plastics; lindur fruit; starch flour*

ABSTRAK

Tepung pati buah lindur memiliki kadar pati yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable*. Pembuatan plastik *biodegradable* berbahan pati saja umumnya akan menghasilkan plastik dengan kuat tarik rendah dan kurang fleksibel, sehingga perlu penambahan kitosan untuk memperbaiki karakteristik. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh dan komposisi tepung pati buah lindur-kitosan terbaik. Pembuatan plastik *biodegradable* diawali dengan mencampurkan larutan tepung pati buah lindur dengan larutan kitosan serta gliserol. Larutan dipanaskan menggunakan suhu 70-80°C, kemudian dicetak pada plat kaca. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan komposisi tepung pati buah lindur-kitosan 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, dan 6:4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik terbaik yaitu perlakuan tepung pati buah lindur-kitosan 7:3 dan 6:4 sebesar 20,23 MPa dan 20,61 MPa. Uji persen perpanjangan terbaik yaitu perlakuan tepung pati buah lindur-kitosan 9:1 sebesar 6,71%. Uji biodegradabilitas terbaik yaitu perlakuan tepung pati buah lindur-kitosan 10:0 sebesar 15,93 mg/hari. Uji ketahanan terhadap air dan antibakteri terbaik yaitu perlakuan tepung pati buah lindur-kitosan 6:4 sebesar 86,5% dan zona hambat sebesar 2 mm untuk bakteri *Escherichia coli* dan 1,4 mm untuk bakteri *Staphylococcus aureus*.

KATA KUNCI: kitosan; plastik biodegradable; tepung pati; buah lindur

[#] Korespondensi: Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
E-mail: dhitawdy17@gmail.com

PENDAHULUAN

Bakau adalah tumbuhan yang hidup di air payau sebagai pelindung daratan dari gelombang laut. Salah satu jenis bakau yang sering ditemukan dari sekian banyak tanaman bakau di Indonesia adalah lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*). Menurut Helmy *et al.*, (2012), tumbuhan lindur dengan famili *Rhizophoraceae* cukup banyak ditemukan di pulau Jawa, Kalimantan, Bali, Nusaa Tenggara Timur, Maluku, dan Papua. Pemanfaatan buah lindur oleh masyarakat masih sederhana. Menurut Sari *et al.* (2020), kebanyakan masyarakat pesisir mengonsumsi buah lindur sebagai makanan tambahan yang dicampurkan dengan nasi atau sagu.

Kandungan karbohidrat yang dimiliki buah lindur cukup tinggi. Menurut Jacob *et al.*, (2014), buah lindur memiliki kandungan karbohidrat 32,91% serta kandungan pati 57,73% terdiri atas 31,56% amilosa dan 26,17% amilopektin. Tingginya kandungan pati pada buah lindur dapat digunakan sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat terurai di alam sehingga bisa menanggulangi masalah penggunaan plastik sintetis. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, (2016), Indonesia dapat menghasilkan 9,85 miliar sampah plastik setiap tahunnya. Plastik yang dimanfaatkan masyarakat, saat ini berupa polimer sintetis dari minyak bumi, sehingga perlu ratusan tahun untuk mengurainya. Menurut Simanjuntak & Harahap, (2014), plastik *biodegradable* dapat dibuat dari polimer alami, salah satunya pati. Plastik tersebut dapat dipakai seperti plastik konvensional, tetapi dapat terurai di alam karena aktivitas mikroorganisme yang menjadikannya air dan gas karbondioksida tanpa meninggalkan sisa yang beracun. Sifatnya yang bisa kembali ke alam menjadikan plastik *biodegradable* sebagai plastik yang ramah lingkungan.

Plastik berbahan pati mempunyai kelemahan pada sifat mekaniknya, yaitu kuat tariknya rendah dan kurang fleksibel. Menurut Hilwatullisan & Hamid, (2019), plastik *edible* berbahan pati bersifat rapuh sehingga dibutuhkan bahan lain untuk meningkatkan fleksibilitasnya. Bahan lain yang dapat ditambahkan yaitu polimer. Kitosan adalah polimer alami yang dapat meningkatkan sifat mekanik plastik *biodegradable*. Menurut Yustinah *et al.*, (2019), penambahan kitosan akan meningkatkan jumlah ikatan hidrogen dalam bioplastik, sehingga ikatan kimia pada bioplastik akan lebih kuat dan sulit untuk diputuskan. Sifat antimikroba kitosan harus diperhatikan agar plastik *biodegradable* tetap dapat terdegradasi di lingkungan. Menurut Indriyanto *et al.*, (2014), semakin tinggi konsentrasi kitosan dalam produksi bioplastik maka nilai kekuatan tariknya semakin tinggi, namun sifat

antibakteri kitosan membuat bioplastik membutuhkan waktu lebih lama untuk terurai di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dan karakteristik terbaik plastik *biodegradable* berbahan tepung pati buah lindur dan kitosan berdasarkan kuat tarik, persen pemanjangan (elongasi), ketahanan terhadap air, biodegradabilitas, dan antibakteri.

BAHAN DAN METODE

Bahan utama yang digunakan berupa buah lindur dari Teluk Awur, Jepara. Buah lindur yang digunakan berumur 2,5 bulan ditandai dengan warna yang kecoklatan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* yaitu buah lindur, kitosan udang, gliserol, aquades, dan asam asetat 3%. Alat yang digunakan yaitu blender, *beaker glass*, gelas ukur, *waterbath*, oven, timbangan analitik, cawan petri, *autoclave*, *laminar air flow*, dan inkubator.

Pembuatan Tepung Pati Buah Lindur

Buah lindur dicuci dengan air bersih dan dipisahkan antara daging dan kulitnya, kemudian dilakukan *blanching* selama 5 menit untuk menurunkan kadar tanin sampai hingga aman untuk pangan (Sulistiyawati *et al.*, 2012). Buah lindur dihaluskan dan ditambahkan 0,05% (b/v) natrium metabisulfit dan air 1:2 (b/v). Daging buah lindur disaring, kemudian ampas ditambahkan air 1:1 dan disaring kembali. Larutan diendapkan selama 12 jam, kemudian air dihilangkan dari endapan. Endapan pati dikeringkan pada suhu 50°C selama 8 jam kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh.

Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Tepung buah lindur dengan komposisi berat yang telah ditentukan dilarutkan dalam 100 ml akuades. Kitosan dengan komposisi berat yang telah ditentukan dilarutkan dalam 8 ml asam asetat 3%. Campurkan larutan sampel dan larutan kitosan, kemudian tambahkan 2 ml gliserol. Adonan dipanaskan pada suhu 70-80°C selama 25 menit hingga cukup kental, kemudian dituangkan ke cetakan kaca. Keringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 20 jam. Komposisi pembuatan plastik *biodegradable* tepung pati buah lindur-kitosan tersaji pada Tabel 1.

Pengujian Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan

Diukur dengan alat *Universal Testing Machine*. Kekuatan tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum disaat plastik putus. Persentase pemanjangan didasarkan pada pertambahan panjang ketika plastik putus.

Tabel 1. Komposisi Pembuatan Plastik *Biodegradable* Pati Buah Lindur-KitosanTable 1. Composition of *Biodegradable* Plastics Lindur Fruit Strach-Chitosan

Bahan	Perlakuan Penelitian				
	K (10:0)	A (9:1)	B (8:2)	C (7:3)	D (6:4)
Pati Buah Lindur	10 g	9 g	8 g	7 g	6 g
Kitosan	0 g	1 g	2 g	3 g	4 g
Aquades	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml
Asam Asetat 3%	8 ml	8 ml	8 ml	8 ml	8 ml
Gliserol	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml
Total	120 g	120 g	120 g	120 g	120

Pengujian Biodegradabilitas

Menurut Anggarini (2013), plastik dipotong dengan ukuran 5x1 cm, kemudian sampel ditimbang. Sampel ditanam pada tanah semi basah dengan kedalaman 5-10 cm selama 6 hari. Sampel kemudian ditimbang kembali untuk mendapatkan persentase air yang terserap.

Pengujian Ketahanan Terhadap Air

Menurut Illing & Satriawan, (2017), sampel dipotong dengan ukuran 2x2 cm, kemudian ditimbang berat awal dan dimasukkan ke wadah yang berisi aquades selama 3 menit. Sampel diangkat dan dilakukan penimbangan berat akhir sehingga diperoleh persentase air yang diserap.

Pengujian Antibakteri

Menurut Nurhamidin *et al.*, (2021), uji antibakteri dapat dilakukan dengan metode difusi cakram kertas. Inkubasi dilakukan selama 48-96 jam pada suhu 37°C. Menurut Bachtiar *et al.*, (2012), parameter eksperimen yang diamati adalah zona hambat menggunakan jangka sorong. Zona hambat adalah daerah bening yang jelas terletak di tepi luar dari kertas cakram.

Analisis Data

Data parametrik seperti kuat tarik, elongasi, ketahanan terhadap air, dan biodegradabilitas akan diuji secara statistik menggunakan SPSS 25, meliputi uji normalitas, uji homogenitas, dan uji ANOVA. Apabila hasil yang diperoleh berbeda nyata maka dilakukan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk melihat perlakuan mana yang berbeda.

HASIL DAN BAHASAN

Karakteristik Tepung Pati Buah Lindur

Karakteristik tepung pati buah lindur yang dihasilkan tersaji pada Tabel 2.

Berdasarkan standar mutu SNI 8523:2018 untuk Pati Jagung, persyaratan mutu pati minimal adalah 98% (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Sedangkan pati buah lindur belum memenuhi standar yang ditetapkan

Tabel 2. Komposisi Kimia Tepung Pati Buah Lindur

Table 2. Chemical Composition of Lindur Fruit Starch

Komposisi	Jumlah (%)
Pati	69,85
Amilosa	38,19
Amilopektin	31,66
Kadar Air	12,9
Tanin	1,33

dengan mengambil pendekatan pada standar mutu pati jagung. Kandungan amilosa dan amilopektin yang dihasilkan adalah 38,19% dan 31,66%. Penelitian tentang pati sukun oleh Setiani *et al.*, (2013) menghasilkan kadar pati sebesar 76,4% dengan kadar amilosa dan amilopektin masing-masing sebesar 20,45% dan 55,95%. Sedangkan penelitian pati onggok oleh Kurniadi, (2010) menghasilkan kadar pati sebesar 65,9% dengan kandungan amilosa dan amilopektin sebesar 10,54% dan 55,36%. Kadar amilosa dan amilopektin tergantung pada jenis bahan dan akan mempengaruhi hasil akhir plastik. Menurut Utari, (2012), kandungan amilosa dan amilopektin akan menentukan sifat akhir *film*. Semakin tinggi kandungan amilosa akan semakin kuat *film*. Hal ini juga ditegaskan oleh Palviainen *et al.*, (2001) bahwa kadar amilosa pati jagung cukup tinggi sekitar 25% sehingga dapat meningkatkan kemampuan membentuk *film* dan membentuk *film* yang lebih kuat dibandingkan pati yang mengandung lebih sedikit amilosa.

Kadar air merupakan persentase kandungan air dalam produk. Hasil uji kadar air pati buah lindur yaitu 12,9%. Hal ini sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan dalam SNI 8523:2018 untuk Pati Jagung, maksimal 14% (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Semakin rendah kadar air bahan baku, semakin rendah persentase bahan yang rusak oleh proses mikrobiologi, kimia, dan enzimatik. Pertumbuhan mikroba pada bahan dapat menurunkan mutu bahan sehingga tidak mampu bertahan lama. Menurut Jacob *et al.*, (2014) kadar air yang rendah pada tepung buah lindur memungkinkan penyimpanan jangka panjang karena mikroba dapat tumbuh pada kadar air minimal 14-15%.

Kandungan tanin pati buah lindur adalah 1,33% atau $1,33 \times 10^{-4}$ mg/kg. Menurut Sulistyawati et al., (2012), berdasarkan standar yang ditetapkan oleh ADI (*Acceptable Daily Intake*), kadar tanin maksimum yang diperbolehkan dalam bahan makanan adalah 560 mg/kg berat badan/hari. Kadar tanin yang ada pada pati buah lindur telah memenuhi standar keberadaan tanin dalam pangan. Proses perebusan buah lindur sebelum diolah dapat menurunkan kadar tanin pada tepung pati buah lindur. Menurut Soenardjo & Supriyantini, (2017), tanin mudah larut dalam air, sehingga dapat direduksi dengan perendaman dan pemanasan.

Karakteristik Plastik *Biodegradable*

a. Kuat Tarik

Hasil Analisa Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* dengan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan yang Berbeda Tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisa Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* dengan Perbedaan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan

Table 3. Analysis of the Tensile Strength of *Biodegradable* Plastics with Differences Composition of Lindur Fruit Starch Flour-Chitosan

Perlakuan	Kuat Tarik (N/mm ²)
K	9,384 ± 0,108 ^a
A	12,310 ± 0,255 ^b
B	17,190 ± 0,220 ^c
C	20,233 ± 0,226 ^d
D	20,605 ± 0,469 ^d

Uji normalitas kuat tarik menunjukkan data normal, nilai $P > 0,05$. Pengujian homogenitas data kuat tarik menghasilkan nilai Sig (0,058) $> 0,05$. Hasil uji tersebut menunjukkan data yang berbeda nyata, sehingga perlu dilakukan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ). Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa kuat tarik plastik *biodegradable* C dan D tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan K, A, dan B. Plastik *biodegradable* K, A, dan B berbeda nyata satu sama lain.

Plastik *biodegradable* K, A, B, dan C mengalami kenaikan kuat tarik. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan pada plastik *biodegradable* A, B, dan C dapat memperbaiki sifat kuat tarik. Menurut Apriyanti et al., (2013), semakin tinggi nilai kuat tarik maka plastik semakin kuat untuk menahan gaya yang diberikan. Namun, kuat tarik pada plastik *biodegradable* D tidak mengalami peningkatan signifikan. Hal tersebut karena penambahan kitosan sudah melewati titik jenuh, sehingga sudah tidak dapat meningkatkan nilai kuat tarik. Menurut Yustinah et al., (2019), jumlah ikatan antar molekul pada plastik *biodegradable* akan semakin banyak seiring bertambahnya kitosan, namun saat jumlah ikatan antar molekul pada plastik *biode-*

gradable melampaui titik jenuh maka tidak akan terjadi peningkatan sifat mekanik plastik.

Ikatan hidrogen akan terbentuk antara kitosan dan amilosa-amilopektin yang terdapat pada pati buah lindur. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan akan meningkatkan jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk pada plastik *biodegradable* sampai batas tertentu. Semakin banyak ikatan hidrogen, semakin sulit bagi plastik *biodegradable* untuk putus. Menurut Setiani et al., (2013), sifat mekanik dapat meningkat karena kitosan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan amilosa-amilopektin pada pati. Kitosan memiliki gugus fungsi amina, gugus hidroksil primer, dan sekunder yang menjadikan kitosan mempunyai kereaktifan kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen. Oleh karena itu, kitosan merupakan bahan tambahan yang sesuai.

Nilai kuat tarik hasil penelitian berkisar antara 9,38-20,61 MPa, lebih tinggi dari hasil penelitian Nurlita et al., (2017) tentang plastik *biodegradable* pati onggok-kitosan dan hasil penelitian Setiani et al., (2013) tentang *edible film* pati sukun-kitosan, yaitu berturut-turut sebesar 0,98-1,22 MPa dan 2,97-16,34 MPa. Nilai kuat tarik K, A, B, C, dan D sesuai dengan standar kuat tarik yang ditetapkan oleh JIS (*Japanese Industrial Standard*) 2-1707, minimal 4 KgF/cm² setara dengan 0,392 Mpa. Sedangkan menurut SNI 7818:2014 tentang Kantong Plastik Mudah Terurai, standar kuat tarik yang telah ditetapkan adalah minimal 13,7 MPa (Badan Standardisasi Nasional, 2014), sehingga hanya plastik *biodegradable* B, C, dan D saja yang memenuhi standar SNI.

b. Persen Pemanjangan (Elongasi)

Hasil Analisa Elongasi Plastik *Biodegradable* dengan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan yang Berbeda Tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Elongasi Plastik *Biodegradable* dengan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan yang Berbeda

Table 4. Analysis of the Elongation of *Biodegradable* Plastics with Differences Composition of Lindur Fruit Starch Flour-Chitosan

Perlakuan	Elongasi (%)
K	4,109 ± 0,226 ^a
A	6,716 ± 0,247 ^c
B	5,719 ± 0,164 ^b
C	5,391 ± 0,122 ^b
D	5,216 ± 0,203 ^b

Uji normalitas elongasi menunjukkan data normal, nilai $P > 0,05$. Pengujian homogenitas data elongasi menghasilkan nilai Sig (0,633) $> 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan data tersebut berbeda nyata, sehingga

perlu dilakukan uji BNJ. Nilai elongasi plastik *biodegradable* K dan A saling berbeda nyata dan berbeda nyata pula dengan B, C, dan D. Nilai elongasi B, C, dan D tidak berbeda nyata.

Hasil uji elongasi terendah didapatkan oleh K sebesar 4,11%. Hal ini karena plastik *biodegradable* yang hanya terbuat dari pati bersifat kurang elastis. Nilai elongasi tertinggi didapatkan oleh plastik *biodegradable* A sebesar 6,72% kemudian nilai elongasi terus menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak kitosan maka semakin banyak pula pembentukan ikatan hidrogen sehingga dapat mengurangi jarak ikatan antarmolekul dalam plastik. Menurut Ginting *et al.*, (2016), penambahan jumlah kitosan dapat menyebabkan penurunan jarak ikatan antarmolekul. Penurunan jarak ini disebabkan karena bertambahnya jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk, sehingga nilai persentase elongasinya menurun.

Nilai elongasi plastik *biodegradable* berkisar antara 4,11-6,72%, sedikit lebih rendah dari hasil penelitian Setiani *et al.*, (2013) mengenai *edible film* pati sukun-kitosan sebesar 4,73-8,4%. Standar elongasi yang ditetapkan oleh JIS 2-1707 minimal 70% dan standar elongasi yang telah ditetapkan oleh SNI 7818:2014 minimal 400-1120%, sehingga nilai elongasi plastik *biodegradable* pada penelitian ini tidak sesuai dengan standar JIS 2-1707 dan SNI 7818:2014.

c. Biodegradabilitas

Hasil Analisa Biodegradabilitas Plastik *Biodegradable* dengan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan yang Berbeda Tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Biodegradabilitas Plastik *Biodegradable* dengan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan yang Berbeda

Table 5. Analysis of the Biodegradability of Biodegradable Plastics with Differences Composition of Lindur Fruit Starch Flour-Chitosan

Perlakuan	Biodegradabilitas (mg/hari)
K	15,93±2,631 ^a
A	10,917±2,24 ^b
B	9,087±2,52 ^b
C	7,58±1,576 ^b
D	6,12±3,956 ^b

Uji normalitas data biodegradabilitas menunjukkan data normal, nilai $P(0,200) > 0,05$. Pengujian homogenitas data menghasilkan nilai Sig (0,725) $> 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan data tersebut berbeda nyata, sehingga perlu dilakukan uji lanjut BNJ. Nilai biodegradabilitas plastik *biodegradable* K berbeda nyata dengan A, B, C, dan D. Nilai biodegradabilitas

plastik *biodegradable* A tidak berbeda nyata dengan B, C, dan D.

Plastik *biodegradable* K, A, B, C, dan D dapat terurai secara berturut-turut sebanyak 36,03%, 26,9%, 22,03%, 18,2%, dan 14,97%. Laju degradasi berkurang karena penggunaan kitosan dalam produksi plastik *biodegradable*. Hal ini karena sifat pati yang hidrofilik, sehingga plastik *biodegradable* K yang terbuat dari pati saja lebih mudah terdegradasi di lingkungan. Kitosan memiliki sifat hidrofobik dan antibakteri yang dapat memperlambat laju degradasi plastik *biodegradable*, sehingga plastik *biodegradable* A, B, C, dan D membutuhkan waktu lebih lama untuk terurai. Hal ini diperkuat oleh Astuti *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa kitosan memiliki sifat hidrofobik, sehingga sampel yang mengandung kitosan membutuhkan waktu lebih lama untuk terdegradasi di lingkungan.

Pengujian biodegradabilitas plastik berbasis pati onggok dan kitosan yang dilakukan oleh Nurlita *et al.*, (2017) menghasilkan daya biodegradabilitas tertinggi sebesar 5,85 mg/hari. Hasil ini lebih rendah dari daya biodegradabilitas yang dihasilkan oleh plastik *biodegradable* dalam penelitian ini. Tidak ada standar seberapa cepat plastik *biodegradable* akan terurai di lingkungan. Menurut SNI 7818:2014 tentang kantong plastik mudah terurai, jenis plastik ini hanya perlu mudah dan dapat terurai di lingkungan.

d. Ketahanan terhadap Air

Hasil Analisa Ketahanan terhadap Air Plastik *Biodegradable* dengan Perbedaan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan Tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisa Ketahanan terhadap Air Plastik *Biodegradable* dengan Perbedaan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan

Table 6. Analysis of Water Resistance of Biodegradable Plastics with Differences Composition of Lindur Fruit Starch Flour-Chitosan

Perlakuan	Ketahanan terhadap Air (%)
K	47.8±2.081 ^a
A	66.3±1.500 ^b
B	73.6±0.493 ^c
C	80.9±0.755 ^d
D	86.5±0.709 ^e

Uji normalitas ketahanan terhadap air menunjukkan data normal, nilai $P(0,200) > 0,05$. Pengujian homogenitas data ketahanan terhadap air menghasilkan nilai Sig (0,110) $> 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan data tersebut berbeda nyata, sehingga perlu dilakukan uji lanjut BNJ. Hasil uji ketahanan terhadap air plastik *biodegradable* K, A, B, C, dan D saling berbeda nyata satu sama lain.

Semakin tinggi nilai uji ketahanan air maka plastik akan semakin baik karena air tidak akan banyak diserap oleh plastik. Pati buah lindur memiliki sifat hidrofilik, sehingga semakin banyak komposisi pati yang digunakan maka semakin banyak air yang dapat diserap plastik *biodegradable*, namun kitosan memiliki sifat yang berlawanan dengan pati buah lindur. Menurut Hilwatullisan & Hamid, (2019), kitosan memiliki sifat hidrofobik dan tidak larut dalam air, sehingga semakin tinggi konsentrasi kitosan akan semakin besar daya tolak plastik terhadap air dan semakin baik plastik.

Plastik *biodegradable* pati buah lindur-kitosan pada penelitian ini memiliki nilai ketahanan terhadap air sebesar 47,8-86,5%. Dari nilai tersebut terlihat bahwa nilai *water absorption* plastik *biodegradable* yang dihasilkan berkisar antara 13,5-52,2%. Menurut Syura, (2020), nilai *water absorption* plastik *biodegradable* jauh lebih tinggi dibandingkan nilai *water absorption* plastik polipropilen sebesar 0,01%. Nilai ketahanan terhadap air akan berhubungan dengan nilai biodegradabilitas. Semakin tinggi komposisi kitosan, semakin tinggi pula daya tolak airnya, namun akan semakin menurunkan daya biodegradabilitas plastik.

e. Uji Antibakteri

Hasil Analisa Antibakteri Plastik *Biodegradable* dengan Perbedaan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan Tersaji pada Tabel 7.

Sampel yang diuji hanya sampel yang memiliki daya antibakteri, yaitu sampel B, C, dan D. Uji normalitas data antibakteri jenis *Escherichia coli* menunjukkan data normal, nilai $P(0,200) > 0,05$. Pengujian homogenitas data antibakteri *E. coli* menghasilkan nilai $Sig(0,101) > 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan data berbeda nyata, sehingga perlu dilakukan uji lanjut BNJ. Hasil antibakteri jenis *E. coli* plastik *biodegradable* B, C, dan D berbeda nyata. Uji normalitas data antibakteri jenis *Staphylococcus aureus* menunjukkan data normal dengan nilai $P(0,200) > 0,05$. Pengujian homogenitas antibakteri jenis *S. aureus* menghasilkan nilai $Sig(0,086) > 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan data berbeda nyata, sehingga perlu dilakukan uji lanjut BNJ. Hasil antibakteri jenis *S. aureus* plastik *biodegradable* B, C, dan D berbeda nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa plastik *biodegradable* B, C, dan D menghasilkan senyawa

antibakteri pada bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Nilai terendah diperoleh pada plastik *biodegradable* K dan A dengan besar zona hambat 0 mm. Plastik *biodegradable* K terbuat dari pati buah lindur saja tidak menciptakan zona hambat. Pati buah lindur yang digunakan mengandung tanin yang diketahui memiliki sifat antibakteri, namun tidak terbentuk zona hambat karena kandungan tanin hanya sedikit. Plastik *biodegradable* A juga tidak menunjukkan zona hambat diperkirakan karena kitosan yang digunakan terlalu rendah. Semakin tinggi komposisi kitosan pada plastik *biodegradable* maka semakin besar kemampuannya dalam menghambat bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Menurut Irianto (2006), secara umum efektivitas aktivitas antibakteri kitosan berkaitan dengan penggunaan konsentrasi kitosan. Uji antibakteri ini dilakukan untuk membuktikan bahwa kitosan memiliki sifat antibakteri, sehingga plastik berbahan kitosan lebih aman jika ingin digunakan sebagai pembungkus makanan. Menurut Fernandez et al. (2008), kitosan dapat digunakan sebagai antimikroba, selain itu sebagian besar kitosan juga digunakan untuk pembentukan film.

Bakteri *E. coli* merupakan jenis bakteri Gram-negatif dengan struktur dinding sel yang lebih kompleks tetapi lebih tipis daripada bakteri Gram-positif. Aktivitas antibakteri plastik *biodegradable* dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* lebih tinggi dibandingkan *S. aureus*. Struktur dinding sel yang berbeda pada bakteri Gram-negatif dan Gram-positif menyebabkan respon bakteri yang berbeda terhadap kitosan. Menurut Damayanti et al., (2016), bakteri Gram-negatif dapat menghambat lebih besar disebabkan oleh dinding sel bakteri Gram-negatif yang lebih tipis karena terdiri dari peptidoglikan 10% dan kandungan lipid yang tinggi (11-22%), sedangkan bakteri Gram-positif memiliki dinding sel yang tebal terdiri dari peptidoglikan >50% dan kandungan lipid lemah (1-4%).

Salah satu mekanisme kitosan untuk menghambat pertumbuhan bakteri adalah melalui reaksi yang terjadi pada dinding sel yang dapat mengubah permeabilitas sel. Kerusakan dinding sel menyebabkan melemahnya kekuatan dinding sel, bentuk dinding sel yang tidak normal, dan pori-pori dinding sel yang membesar. Dinding sel kehilangan kemampuannya untuk

Tabel 7. Hasil Analisa Antibakteri Plastik *Biodegradable* dengan Perbedaan Komposisi Tepung Pati Buah Lindur-Kitosan

Table 7. Analysis of Biodegradable Plastic Antibacterial with Different Composition of Lindur-Chitosan Fruit Starch Flour

Jenis Bakteri	K	A	B	C	D
<i>E. Coli</i>	0,00 ^a	0,00 ^a	0,31±0,066 ^b	1,30±0,100 ^c	2,00±0,200 ^d
<i>S. Aureus</i>	0,00 ^a	0,00 ^a	0.15±0.030 ^b	0.57±0.066 ^c	1.40±0.100 ^d

mengatur metabolisme dan nutrisi, membran sel rusak dan mengalami lisis, sehingga aktivitas metabolisme terhambat dan sel akan mati. Menurut Cahyadi, (2008), dinding sel merupakan senyawa kompleks, sehingga kitosan dapat bercampur dengan komponen dinding sel, memengaruhi komponen sederhana dinding sel, dan menghambat polimerisasi penyusun dinding sel. Jika hal ini terus berlanjut, kebutuhan sel tidak akan terpenuhi dengan baik.

Faktor lain dimana kitosan dapat bekerja lebih efektif melawan bakteri Gram-negatif adalah karena bakteri Gram-negatif memiliki muatan negatif lebih banyak pada permukaan sel daripada bakteri Gram-positif. Menurut Helander *et al.*, (2001), kitosan mengandung gugus amina bebas yang bermuatan positif sehingga dapat berinteraksi dengan muatan negatif pada permukaan sel bakteri. Hal ini memungkinkan bakteri Gram-negatif lebih mudah menyerap kitosan dibandingkan bakteri Gram-positif. Menurut Nadia *et al.*, (2021), muatan positif dari kitosan yang terdistribusi pada permukaan dinding sel bakteri Gram-negatif menghambat aktivitas bakteri uji.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa peningkatan komposisi kitosan yang digunakan dapat meningkatkan nilai kuat tarik, ketahanan plastik biodegradable terhadap air, dan antibakteri, namun akan menurunkan nilai elongasi dan biodegradabilitas. Komposisi tepung pati buah lindur-kitosan terbaik terhadap karakteristik plastik *biodegradable* yaitu 6:4, karena memiliki nilai kuat tarik 20,605 Mpa, nilai ketahanan terhadap air 86,5%, dan besar zona hambat 2 mm untuk bakteri *E. coli* dan 1,4 mm untuk bakteri *S. aureus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, F. (2013). *Aplikasi Plasticizer Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka*. Universitas Negeri Semarang.
- Apriyanti, A. F., Mahatmanti, F. W., & Sugiyono, W. (2013). Kajian Sifat Fisik -Mekanik dan Antibakteri Plastik Kitosan Termodifikasi Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 149–153. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Astuti, A. W., Kusuma, H. H., & Kumila, B. N. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Plastik *Biodegradable* Berbahan Dasar Ampas Ubi Kayu dan Kulit Udang. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, 2(2), 119–128. <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/al-fiziya>
- Bachtiar, S. Y., Tjahjaningsih, W., & Sianita, N. (2012). Pengaruh Ekstrak Alga Cokelat (*Sargassum* sp.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*. *Journal of Marine and Coastal Science*, 1(1), 53–60.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 7818:2014. Kantong Plastik Mudah Terurai*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 8523:2018. Pati Jagung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cahyadi, W. (2008). *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan* (2nd ed.). Jakarta: Bumi Aksara.
- Damayanti, W., Rochima, E., & Hasan, Z. (2016). Aplikasi Kitosan Sebagai Antibakteri pada Filet Ikan Patin Selama Penyimpanan Suhu Rendah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3), 321–328. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.3.321>
- Fernandez, P., Lagaron, J. M., Hernandez-Muñoz, P., & Ocio, M. J. (2008). Characterization of Antimicrobial Properties on The Growth of *S. aureus* of Novel Renewable Blends of Gliadins and Chitosan of Interest in Food Packaging and Coating Applications. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1), 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.019>
- Ginting, M. H. S., Kristiani, M., Amelia, Y., & Hasibuan, R. (2016). The Effect of Chitosan, Sorbitol, and Heating Temperature Bioplastic Solution on Mechanical Properties of Bioplastic from Durian Seed Starch (*Durio zibehinus*). *Journal of Engineering Research and Applications*, 6(1), 33–38. www.ijera.com
- Helander, I. M., Lassila, E. L. N., Ahvenainen, R., Rhoades, J., & Roller, S. (2001). Chitosan Disrupts The Barrier Properties of The Outer Membrane of Gram-negative Bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 71, 235–244. www.elsevier.com/locate/ijfoodmicro
- Helmy, Jacob, A., & Suptijah, P. (2012). Analisis Jaringan Tanaman Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. *Bonorowo Wetlands*, 2(2), 66–73. <https://doi.org/10.13057/wetlands/w020203>
- Hilwatullisan, & Hamid, I. (2019). Pengaruh Kitosan dan Plasticizer Gliserol dalam Pembuatan Plastik *Biodegradable* dari Pati Talas. *Prsiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, 221–227.
- Illing, I., & Satriawan, M. B. (2017). Uji Ketahanan Air Bioplastik dari Limbah Ampas Sagu dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Prosiding Seminar Nasional*, 182–189.
- Indriyanto, I., Wahyuni, S., & Pratjojo, W. (2014). Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik *Biodegradable* Pektin Lidah Buaya. *Indonesian Journal of Chemical Science*,

- 3(2), 168–173. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Irianto, K. (2006). *Mikrobiologi: Menguak Dunia Mikroorganisme* (2nd ed.). Bandung: Yrama Widya.
- Jacob, A. M., Nugraha, R., & Utari, S. P. S. D. (2014). Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Menambahkan Gliserol dan Karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(1), 14–21.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). *Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2015*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kurniadi, T. (2010). *Kopolimerisasi Grafting Monomer Asam Akrilat pada Onggok Singkong dan Karakteristiknya*. Institut Pertanian Bogor.
- Nadia, L. M. H., Huli, L. O., Effendy, W. N. A., Riewpassa, F. J., Imra, Nurhikma, & Cahyono, E. (2021). Aktivitas Antibakteri Kitosan dari Tulang Rawan Cumi-Cumi (*Loligo sp.*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Fishtech*, 10(2), 95–101. <http://ejournal.unsri.ac.id/index.php/fishtech>
- Nurhamidin, A. P. R., Fatimawali, & Antasionasti, I. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksan Biji Buah Langsung (*Lansium domesticum* Corr) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Klebsiella pneumoniae*. *Jurnal Pharmacon*, 10(1), 748–755.
- Nurlita, D., Hersoelistyorini, W., & Yusuf, M. (2017). Karakteristik Plastik Biodegradable Berbasis Onggok dan Kitosan dengan Plastisizer Gliserol. *Jurnal Pangan Dan Gizi*, 7(2).
- Palviainen, P., Heinamaki, J., Myllarinen, P., Lahtinen, R., Yliruusi, J., & Forsell, P. (2001). Corn Starches as Film Formers in Aqueous-Based Film Coating. *Pharmaceutical Development and Technology*, 6(3), 353–361.
- Sari, R., Fadilah, R., & Sukainah, A. (2020). Pengaruh Substitusi Tepung Buah Mangrove Jenis Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) terhadap Kualitas Mie Basah. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(1), 65–78.
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Jurnal Valensi*, 3(2), 100–109. www.kemenperin.go.id
- Simanjuntak, G. A., & Harahap, M. H. (2014). Karakteristik Plastik *Biodegradable* Berbahan Dasar *Poly Lactid Acid* dan Pati Biji Durian. *Jurnal Einstein*, 2(3), 20–26.
- Soenardjo, N., & Supriyanti, E. (2017). Analisis Kadar Tanin Dalam Buah Mangrove *Avicennia marina* dengan Perebusan dan Lama Perendaman Air yang Berbeda. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2), 90–95. www.ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt
- Sulistiyawati, Wignyanto, & Kumalaningsih, S. (2012). Produksi Tepung Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza* Lamk.) Rendah Tanin dan HCN Sebagai Bahan Pangan Alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(3), 187–198.
- Syura, I. (2020). *Pembuatan dan Karakterisasi Film Bioplastik Pati Porang (*Amorphophallus sp.*) dan Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol*. Universitas Sumatera Utara.
- Utari, S. P. S. D. (2012). *Analisis Jaringan Tanaman Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dan Pemanfaatan Patinya sebagai Edible Film dengan Penambahan Gliserol dan Karagenan*. Institut Pertanian Bogor.
- Yustinah, Noviyanti, S., Hasyim, U. H., & Syamsudin, A. B. (2019). Pengaruh Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Plastik *Biodegradable* dari Rumput Laut *Gracilaria sp.* dengan Pemplastik Sorbitol. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–6.