

PENGEMBANGAN BIOPLASTIK ANTIBAKTERI UNTUK BAHAN ALAT PELINDUNG DIRI (APD) YANG RAMAH LINGKUNGAN

Dadang Suhendar, Ghina Eroz Rasman, Aji Sutrisno

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Email: dadang.suhendar@bppt.go.id, ghinaerozrasman@gmail.com, aji_sutrisno@ub.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima
5 September 2021
Direvisi
15 September 2021
Disetujui
25 September 2021

Kata Kunci:

Bioplastik;
antibakteri; APD;
kitosan; PLA

ABSTRAK

Produksi Alat Pelindung Diri (APD) meningkat hingga 40% perbulan, menghasilkan limbah plastik global saat pandemi maupun setelah pandemi COVID-19. Plastik degradable merupakan suatu solusi mengurangi penumpukan limbah APD. Penelitian ini menggunakan bahan yang ramah lingkungan dan nontoksik yaitu PLA, kitosan, ZnO, dan lilin kelapa sawit. Terdapat dua tahap penelitian, (1) menentukan konsentrasi lilin kelapa sawit (1; 2,5; 5%) terbaik sesuai SNI, dan (2) menentukan konsentrasi kitosan (0,5%; 0,75%; 1%; 1,25%; 1,5%) menggunakan metode RAL. Bioplastik diuji morfologi, struktural, antibakteri, *water vapor permeability*, dan biodegradabilitas. Hasil uji morfologi terlihat kitosan membentuk celah dan gumpalan kitosan pada beberapa tempat. Uji FTIR mengkonfirmasi penambahan kitosan tidak merubah komponen kimia bioplastik. Konsentrasi kitosan 0,5% paling baik dalam menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Penambahan kitosan membuat nilai *tensile strength* naik namun menurunkan *elongation at break*, uji WVP tidak berpengaruh secara signifikan, sedangkan uji biodegradabilitas menunjukkan pada konsentrasi terkecil kitosan dapat meningkatkan kemampuan biodegradabilitas.

ABSTRACT

*Production of Personal Protective Equipment (PPE) increased by 40% per month, resulting in global plastic waste during the pandemic and after the COVID-19 pandemic. Degradable plastic is a solution left over from PPE. This research uses environmentally friendly and non-toxic materials, namely PLA, chitosan, ZnO, and palm wax. There are two stages of research, (1) determining the best concentration of palm oil wax (1; 2.5; 5%) according to SNI, and (2) determining the concentration of chitosan (0.5%; 0.75%; 1%; 1, 25%; 1.5%) using the RAL method. Bioplastics were tested for morphology, structure, antibacterial, water vapor permeability, and biodegradability. The results of the morphological test showed cracks and crevices of chitosan in several places. The FTIR test confirmed that the addition of chitosan did not change the chemical components of the bioplastic. Chitosan concentration of 0.5% was the best in inhibiting *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria. The addition of chitosan made the tensile strength value increase but decreased elongation at rest, the WVP test had no significant effect, while the biodegradability test at the smallest concentration of chitosan could increase the biodegradability.*

Keywords:

Bioplastic;
antibacterial, PPE;
chitosan; PLA

How to cite:

Suhendar, D., Rasman, G. E., Sutrisno, A. (2021) Pengembangan Bioplastik Antibakteri Untuk Bahan Alat Pelindung Diri (APD) yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Health Sains* 2(9).
<https://doi.org/10.46799/jhs.v2i9.270>

E-ISSN:

2723-6927

Published by:

Ridwan Institute

Pendahuluan

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan seperangkat kebutuhan yang digunakan untuk menghindari penyakit yang menular (virus, bakteri atau jamur), APD dibuat berbasis polimer yang tidak mudah untuk diuraikan dan tidak ramah lingkungan seperti *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP), *polyamide* (PA), dan *polyethylene* (PE). Selama pandemi COVID-19, WHO menyatakan bahwa supply APD untuk menangani pandemi akan naik hingga 40% perbulannya (Organization 2018). Plastik nondegradable ini menyebabkan pencemaran dilingkungan yang semakin memburuk tiap tahunnya, setidaknya 80% sampah plastik terdapat didarat dan 20% sisanya bebas di lautan (Li, Tse, and Fok 2016). Maka dari itu diperlukan inovasi plastik degradable yang dapat digunakan sebagai APD untuk mencegah permasalahan lingkungan. Bioplastik merupakan plastik yang dapat diurai oleh mikroorganisme, pada penelitian ini digunakan 4 bahan yaitu PLA, lilin kelapa sawit, kitosan, dan ZnO.

Pada penelitian Wahyudin (2017), PLA digunakan untuk memperbaiki sifat barrier kitosan yang rendah dengan tambahan PEG 400 sebagai *plasticizer* telah berhasil meningkatkan sifat-sifat bioplastik antimikroba namun masih memiliki kekurangan yaitu: rapuh, sifat kuat tarik dan pemanjangan yang rendah, kemampuan penghalang uap air rendah, struktur permukaan kurang homogen. Pada penelitian lanjutan (Gutari 2019) menambahkan ZnO kedalam PLA-Kitosan berhasil meningkatkan aktivitas antimikroba, namun memiliki beberapa kekurangan yaitu permukaan yang bergelombang dan berpori, lunak, kemampuan penghalang uap air rendah. Maka dari itu perlu dilakukan modifikasi terhadap bioplastik antimikroba yang sesuai dengan karakteristik plastik komersial.

Penelitian ini meneliti pengaruh penambahan kitosan kedalam bioplastik yang berbahan dasar PLA, dengan penambahan *plasticizer* lilin kelapa sawit dan penguat sifat antimikroba ZnO. Pada penelitian ini diteliti rasio penambahan kitosan kedalam bioplastik PLA-ZnO-Lilin kelapa sawit, yang akan dikaji sifat antibakteri dan sifat bioplastik lainnya yang dihasilkan. Sehingga bioplastik antibakteri yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar APD ramah lingkungan yang memiliki sifat perlindungan antibakteri.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) memiliki satu faktor, yaitu konsentrasi kitosan yang terdiri dari 6 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Analisis data pada penelitian ini menggunakan *software* Minitab versi 17, dengan uji ANOVA (*Oneway Analysis of Variance*) perbedaan signifikan antar sampel ditentukan menggunakan Tukey tes dengan tingkat kepercayaan 95%. Perlakuan yang digunakan adalah perbedaan konsentrasi kitosan (K) yang terdiri dari :

K0 = Kitosan 0% (w/w dari PLA)

K1 = Kitosan 0,5% (w/w dari PLA)

K2 = Kitosan 0,75% (w/w dari PLA)

K3 = Kitosan 1% (w/w dari PLA)

K4 = Kitosan 1,25% (w/w dari PLA)

K5 = Kitosan 1,5% (w/w dari PLA)

Metode pembuatan bioplastik dengan menggunakan metode *solution casting* yang dilakukan menggunakan pelarut kloroform, dicetak pada plat kaca 20x20. Kitosan dan ZnO dimasukan kedalam 100 ml kloroform, lalu disonikasi selama 10 menit agar kitosan dan ZnO tidak menggumpal. Lilin kelapa sawit masukan kedalam kloroform, dilarutkan menggunakan *hot plate stirrer* selama 15 menit kemudian PLA dimasukan dan dilarutkan selama 1 jam pada kecepatan 700 rpm. Larutan bioplastik dituangkan pada plat

kaca 20x20 cm dan dibiarkan mengering selama semalaman (12 jam). Setelah bioplastik kering sempurna, bioplastik bisa dilepaskan dari plat kaca dengan mudah.

A. Teknik Analisis

1. Analisis Morfologi

Analisis morfologi dilakukan untuk mengamati permukaan bioplastik, dilakukan dengan metode FE-SEM. Bioplastik sebesar 2x2 mm diletakkan pada *plate* dan ditutup dengan lem karbon. Sampel dilapisi dengan *sputter* emas dan divisualisasi oleh FE-SEM dengan kecepatan tegangan 5,0 kV. Gambar hasil dianalisis morfologi kitosan dan ZnO pada permukaan bioplastik, dan persebaran kitosan dan ZnO.

2. Analisis Struktural

Analisis struktural dilakukan untuk mengamati gugus fungsi bioplastik, menggunakan metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Bioplastik akan disinari oleh inframerah lalu diukur penyerapan atau emisi zat padat bioplastik dengan menghitung spektrum inframerahnya. Hasil dari analisis ini diidentifikasi senyawa dari lembah gugus fungsi yang terbentuk, campuran, dan ikatan bioplastik.

3. Analisis Antibakteri

Metode cakram digunakan pada analisis antibakteri, dimana bioplastik dibentuk seperti cakram dan dikaji zona bening yang dihasilkan. Pada analisis ini digunakan 2 bakteri gram positif dan negatif yaitu *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Bakteri dilarutkan pada NaCl secara aseptik, lalu dibandingkan dengan larutan McFarland 0,5 secara visual, lalu dikonfirmasi dengan spektrofotometer panjang gelombang 600 nm. Rentang absorbansi larutan bakteri yang ditujukan adalah 0,08 –

0,1 yang menandakan larutan bakteri setara dengan $1,5 \times 10^8$ CFU/mL siap digunakan untuk uji antibakteri (Clinical and Laboratory Standards Institute 2012). Larutan bakteri 200 μ L dan diratakan diatas media NA dengan metode *spread*, cawan petri diinkubasi pada 30°C selama 48 jam, zona bening diukur setiap 24 jam.

4. Analisis Mekanis

Sifat mekanis bioplastik dapat ditentukan dengan dua metode yaitu *tensile strength* (TS) dan *elongation at break* (E) sesuai dengan standar **ASTM D882 -14**. TS atau kekuatan tarik adalah beban tarik maksimum yang dapat ditahan suatu material sebelum robek/patah, E atau perpanjangan putus atau rengangan fraktur merupakan rasio antara perubahan panjang dan panjang awal setelah kerusakan material. Dimana nilai TS yang rendah akan semakin fleksibel, dan nilai E semakin tinggi akan semakin elastis.

5. Analisis *Water Vapor Permeability*



(WVP)

Gambar 1

Permukaan Bioplastik

Analisis WVP ini untuk mengetahui kemampuan bioplastik menahan uap air atau gas melewatinya, mengacu pada **ASTM E 95-96 1995** dengan metode cawan. Cawan petri diisi air 15 ml lalu ditutup dengan aluminium foil setelah bagian tengah dilubangi sebanyak 10%. Bioplastik 2x2 cm diletakkan diatas lubang yang telah dibuat, lalu direkatkan berserta

aluminium dengan cawan petri. Cawan petri ditimbang terlebih dahulu lalu dimasukan kedalam desikator selama 24 jam, lalu ditimbang berat cawan dan nilai WVP dihitung dengan rumus:

$$WVTR = \frac{24 Mv}{t \cdot A}$$

$$WVP = \frac{WVTR}{P_s (RH1 - RH2)} \times thickness$$

6. Analisis Biodegradabilitas

Analisis biodegradabilitas menggunakan *Effective Microorganism 4* (EM4), EM4 biasa digunakan sebagai bahan kompos sebagai pengurai bahan organik kompleks yang ada di tanah. EM4 aktif digunakan untuk mendegradasi bioplastik selama 10 hari pada suhu 40°C secara anaerob, berat bioplastik diukur sebelum dan setelah dilakukan uji dan berat bioplastik dihitung kemampuan biodegradabilitas dengan rumus dibawah ini:

$$\%BD = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

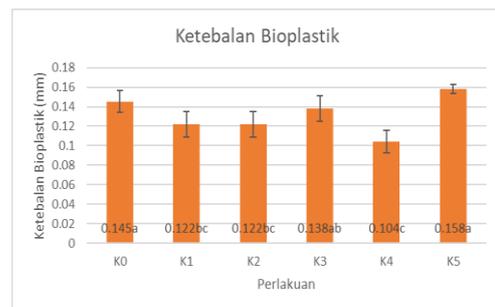
Terdapat bentuk seperti bintang yang berada pada tengah bioplastik yang telah kering (lihat **Gambar 1**), ini disebutkan pada penelitian [Rihayat et al. \(2020\)](#) sebagai bentuk *starfish-like* yang merupakan ZnO dan kitosan yang terjebak pada matriks PLA dan berkontribusi pada peningkatan sifat kuat tarik dan elongasi dari bioplastik. Penambahan kitosan tidak berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik, dapat dilihat pada **Gambar 3**. Ketebalan kontrol tanpa penambahan kitosan sebesar 0.145 mm, sedangkan dengan penambahan kitosan berbagai variasi didapat ketebalan masih sekitar 0.104 - 0.158 mm. Ini diakibatkan penyaringan pada kitosan sebelum dibuatnya bioplastik yang bertujuan untuk memperkecil partikel kitosan agar seragam pada kain nylon 250 mesh, sehingga

tidak berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik

Ketebalan bioplastik bergantung pada penambahan komponen yang tidak dapat bercampur juga besar partikelnya dimana semakin banyak komponen tersebut ditambahkan akan mempengaruhi ketebalan bioplastik. Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh faktor lainnya yaitu: jumlah total padatan dalam larutan, luas permukaan cetakan, dan volume pada saat film dicetak. Untuk melindungi para pekerja, WHO telah memberikan standar untuk karakteristik APD pada panduan yang dikeluarkan oleh WHO pada tanggal 13 November 2020 yang berjudul "*Technical Specification of Personal Protective Equipment for COVID-19*" tercantum ketebalan untuk apron *heavy duty* sekitar 0,2-0,3 mm (opsional), sedangkan apron sekali pakai > 0,05 mm. Ketebalan bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi kriteria apron sekali pakai, dimana ketebalannya bioplastik pada penelitian ini berada pada range 0,104-158 mm.

A. Analisis Data

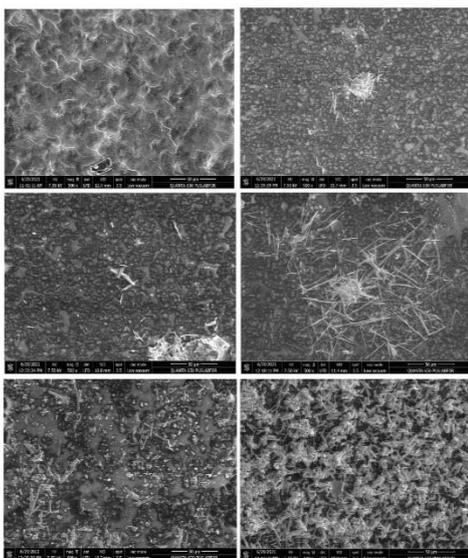
1. Analisis Morfologi



Gambar 2
Ketebalan Bioplastik

Hasil uji morfologi dengan metode SEM pada perbesaran 500x dapat dilihat di **Gambar 3**. Pada perlakuan K0 diuji pada sisi halus bioplastik, tampak permukaan PLA yang bergelombang dan terdapat bintik putih yang menyebar secara merata

yang merupakan ZnO ditunjukkan dengan tanda panah oranye. Sedangkan untuk perlakuan perlakuan penambahan kitosan diujikan disisi kasar bioplastik dan pada bagian yang terlihat oleh mata telanjang banyak kitosan, bertujuan untuk dapat dilihatnya kitosan dan ZnO yang tersebar secara jelas. Dapat dilihat diseluruh perlakuan penambahan kitosan, kitosan terlihat jelas merata memenuhi seluruh foto SEM dan dapat dilihat kitosan berbentuk besar dan tidak seragam. Ini dikarenakan kitosan yang digunakan pada penelitian ini tidak berbentuk nano, menjadikan partikel kitosan terlihat besar. Dibeberapa tempat ada bagian kecil seperti terbentuk rongga (ditunjukkan oleh panah biru) karena tidak adanya kitosan yang mengisi, ini akibat dari kitosan tidak tersebar merata pada matriks PLA. Terlihat juga penggumpalan kitosan pada beberapa tempat disetiap perlakuan penambahan kitosan, ditunjukkan oleh panah hijau. Persebaran kitosan pada matriks PLA berpengaruh terhadap sifat-sifat bioplastik yang dihasilkan yaitu sifat



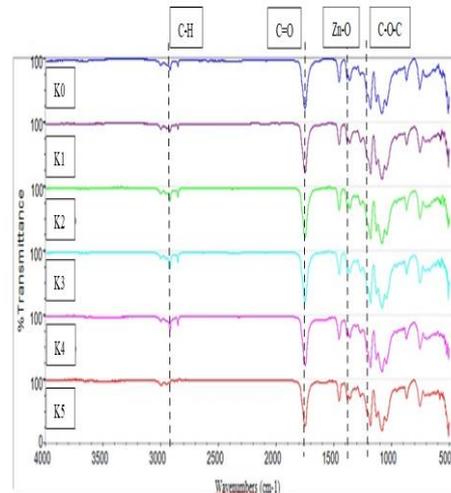
mekanik, sifat antimikroba, sifat WVP,

dan sifat *biodegradabilitas* yang dibahas pada sub-bab masing-masing.

Gambar 3
SEM perbesaran 500x

2. Analisis Struktural

FTIR ini dapat mendeteksi kemungkinan perubahan kimia yang terjadi pada bioplastik akibat proses pencampuran dan *solution casting*, namun deteksi ini terbatas karena kemungkinan campuran polimer dalam bioplastik memiliki sifat kimiawi yang serupa sehingga puncak penyerapannya tercampur dan tidak dapat dibedakan pemilik gugus fungsinya.



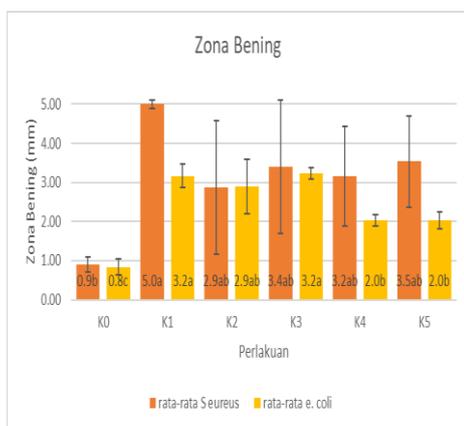
Gambar 4
Hasil FTIR Bioplastik

Pada seluruh perlakuan, ditunjukkan serapan gugus C-H alkana asimetrik dan simetrik pada 2995-2849 cm^{-1} , dimana batas gugus asimetrik berada pada 2915 dan simetrik pada 2848 (Baglioni et al. 2018). Gugus *Zinc Carboxylate* terdapat perserapan 1381-1382 dimana range simetrikal dan asemetrikal berada pada 1630-1384 cm^{-1} (Xiong et al. 2006). Gugus C=O berada pada serapan 1746-1747 dimana range berada pada 1750-1700 cm^{-1} , dan gugus C-O-C terdapat pada 1179-1180

cm⁻¹ dimana range berapa pada 1180 cm⁻¹ yang mengindikasikan gugus pada PLA, (Mofokeng et al. 2012).

Masing-masing komponen ini memiliki beberapa gugus fungsi yang sama, maka pada uji tidak dapat ditentukan nilai serapan yang dimiliki komponen tertentu, perlakuan kontrol walau tidak terdapat kitosan masih menunjukkan serapan yang serupa dengan perlakuan penambahan kitosan. Ini dikarenakan gugus fungsi kitosan sendiri dimiliki komponen lainnya. Dari analisis ini juga dibuktikan reaksi yang terjadi dengan penambahan kitosan pada pembuatan bioplastik ini secara fisik, tidak ada perubahan penyerapan yang signifikan maka pada proses pembuatan bioplastik dan tidak merubah sifat kimia komponen penyusunnya. Dibuktikan dengan serapan-serapan yang masih sama dengan kontrol, tidak ada pergeseran serapan gugus.

3. Analisis Antibakteri



Gambar 5
Zona Bening Antibakteri

Pada bakteri *Staphylococcus aureus* dihasilkan sampel K1 berbeda signifikan terhadap kontrol (K0), artinya dengan penambahan kitosan 0,5% menghasilkan sifat antibakteri paling baik dengan zona bening paling besar yaitu 5 mm. Sedangkan pada

sampel K2, K3, K4, dan K5 tidak berbeda signifikan terhadap sampel K1 dan K0, yang artinya dengan penambahan kitosan diatas 0,5% tidak meningkatkan sifat antibakteri bioplastik k terhadap *Staphylococcus aureus* menjadi lebih baik. Penambahan kitosan pada bioplastik memiliki sifat antibakteri yang baik terhadap bakteri *Escherichia coli*, dibuktikan kontrol (K0) berbeda signifikan terhadap seluruh sampel (K1, K2, K3, K4, dan K5). Sampel K1 dan K3 memiliki sifat antibakteri paling baik dengan zona bening keduanya sebesar 3,2 mm, dibuktikan berbeda signifikan terhadap sampel K4 dan K5 yang memiliki zona bening paling kecil yaitu 2 mm.

Mekanisme antibakteri pada bakteri gram positif merupakan pecahnya dinding sel yang diakibatkan gugus fosfat (PO₄³⁻) pada asam teikoat dinding sel gram positif yang bersifat anioinik berikatan dengan kitosan yang memiliki sifat kationik terjadinya interaksi elektrostatis, memecah dinding sel akibat perbedaan tekanan osmotik dan keluarnya sitoplasma bakteri (Damayanti et al. 2016; Kong et al. 2010; Raafat et al. 2008). Sedangkan mekanisme antibakteri pada bakteri gram positif merupakan pecahnya dinding sel yang diakibatkan gugus fosfat (PO₄³⁻) pada asam teikoat dinding sel gram positif yang bersifat anioinik berikatan dengan kitosan yang memiliki sifat kationik terjadinya interaksi elektrostatis, memecah dinding sel akibat perbedaan tekanan osmotik dan keluarnya sitoplasma bakteri (Damayanti et al. 2016; Kong et al. 2010; Raafat et al. 2008).



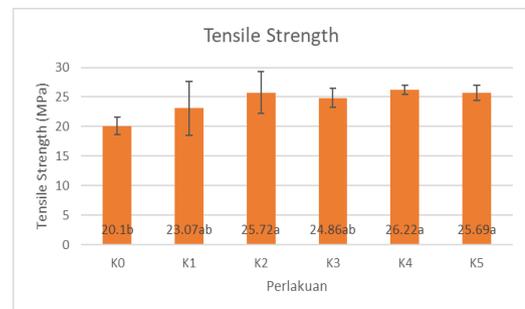
Gambar 6
Gambar Cawan Uji Antibakteri

Pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa zona bening pada cawan *Staphylococcus aureus* terlihat lebih jelas dan berbentuk bulat dengan pinggiran yang jelas, berbeda dengan cawan *Escherichia coli* yang zona beningnya tampak samar dan tidak berbentuk bulat dengan pinggiran yang samar. Hal ini diakibatkan oleh dukungan ZnO sebagai agen pengkelat pendukung aktifitas antibakteri, kitosan-ZnO dibuktikan berkerja lebih efektif terhadap bakteri gram positif diakibatkan komponen dinding selnya, pada gram positif nanopartikel ZnO lebih mudah untuk melewati lapisan peptidoglikan yang mengakibatkan kerusakan sel (Sirelkhatim et al. 2015). Ketidak seragaman munculnya zona bening yang dapat dilihat pada kedua cawan, dimana pada cakram dengan konsentrasi kitosan yang sama tidak menghasilkan zona bening dengan ukuran seragam. Ini disebabkan karena kitosan dan ZnO terletak menyebar pada matriks PLA yang dapat berada dipermukaan, didalam, dan diantaranya yang menyebabkan terjadinya perbedaan difusi kitosan dan ZnO keluar dari matriks sebagai agen antibakteri (Bie et al. 2013).

Pada buku panduan WHO "Technical Specification of Personal

Protective Equipment for COVID-19" untuk gaun, mengatur standar yang digunakan untuk APD yang menyangkut penetrasi bakteri dan mikroba secara basah dan kering menggunakan standar EN 13795 dan YYT/0506. Resisten pada penetrasi bakteri basah diatur memiliki nilai $\leq 2,8$ IB untuk performa standar dan $\leq 6,0$ IB untuk performa tinggi, sedangkan resisten pada penetrasi mikroba kering memiliki nilai ≤ 300 CFU untuk performa standar dan tinggi.

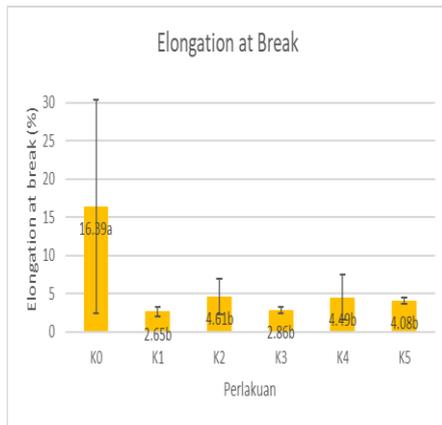
4. Analisis Mekanis



Gambar 7
Nilai Tensile Strength pada Bioplastik

Nilai TS kontrol berbeda signifikan terhadap 3 perlakuan yaitu K2, K4 dan K5, sedangkan K1 dan K3 tidak berebeda signifikan terhadap sisa data lainnya. Penambahan kitosan meningkatkan nilai TS yang artinya dengan penambahan kitosan membuat bioplastik lebih kaku. Ini sejalan dengan penelitian Zakaria et al. (2013), Fathima et al. (2018), dan Kamaludin et al. (2020), yang menyatakan penambahan kitosan meningkatkan nilai TS pada PLA. Ini merupakan perilaku khas polimer terhadap filler, dimana penambahan kitosan dengan rasio yang tidak berlebihan meningkatkan kompatibilitas dan adhesi antara PLA dan kitosan

sehingga menghasilkan nilai TS lebih tinggi, kitosan membatasi mobilitas rantai PLA selama uji tarik karena terbentuknya ruang mikro yang terpisah sebagian (*partially separated microspaces*) (Kamaludin et al. 2020; Zakaria et al. 2013).



n

gation At Break Pada Bioplastik

Pada nilai E bioplastik dengan penambahan kitosan menurunkan elastisitas bioplastik secara drastis, dapat dilihat pada Gambar 8 kontrol berbeda signifikan terhadap seluruh perlakuan. Ini juga sejalan dengan penelitian penelitian Zakaria et al. (2013), Fathima et al. (2018), dan Kamaludin et al. (2020), yang membuktikan penambahan kitosan dapat meningkatkan nilai TS yang mengakibatkan nilai E menurun. Hal ini diakibatkan efek penambahan kitosan yang meningkatkan nilai TS dan menghambat mobilitas rantai PLA selama uji tarik mengakibatkan menurunkan nilai E (Kamaludin et al. 2020; Zakaria et al. 2013). PLA dengan kitosan merupakan komponen yang tidak dapat bercampur sempurna, pada pencampuran polimer umumnya penambahan komponen yang tidak dapat larut dengan sempurna bersama matriks polimer umumnya dapat

menurunkan nilai E pada polimer (Fathima et al. 2018).

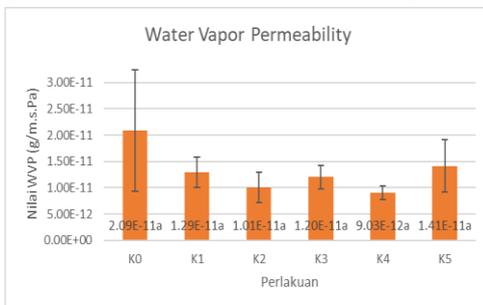
Pada buku panduan "Technical Specifications of Personal Protective Equipment for COVID-19" terdapat 3 standar yang dianjurkan untuk digunakan di eropa, US, dan cina. Dimana eropa menggunakan standar EN 13795, US menggunakan AAMI P370, ASTM F3352 dan ASTM F2407, dan cina menggunakan standar YYT/0506. Dimana pada seluruh standar mengatur nilai gaya pengujian tensile strength dan elongation at break untuk gaun senilai ≥ 20 N pada keadaan kering dan basah memenuhi standar EN 13795 dan YYT/0506. Sedangkan untuk standar AAMI P370, ASTM F3352 dan ASTM F2407 gaya yang diberikan ≥ 30 N dalam kondisi kering.

5. Analisis Water Vapor Permeability (WVP)

Water Vapor Permeability (WVP) merupakan nilai suatu bahan terhadap permeabilitas uap air, dimana nilai WVP yang rendah mengartikan uap air sulit untuk melewati bahan tersebut dan semakin tinggi nilai WVP maka bahan akan semakin breatheable atau sangat mudah untuk mengantarkan uap air. Penambahan kitosan pada penelitian ini tidak signifikan berpengaruh terhadap sifat WVP bioplastik terbukti notasi pada seluruh perlakuan sama, namun terdapat penurunan nilai WVP pada perlakuan penambahan kitosan.

Pada penelitian Suyatma et al. (2004), menyatakan bahwa rendahnya kemampuan kitosan dan PLA untuk bercampur menjadi alasan bahwa pada jumlah yang kecil kitosan dapat meningkatkan *barrier properties* dari PLA. Terbukti pada uji morfologi bioplastik (Gambar 3) kitosan tidak

terlarut dalam PLA melainkan tersebar dipermukaan PLA, ini dikarenakan kitosan tidak dapat terlarut dalam kloroform yang merupakan pelarut yang digunakan pada penelitian ini. Dijelaskan juga pada penelitian lebih lanjut, penambahan kitosan dengan ukuran partikel yang kecil menurunkan nilai WVP PLA mendekati PLA murni (Bonilla et al. 2013). Ini terbukti pada penelitian ini dengan penambahan kitosan yang memiliki besar partikel <250 mesh dapat menurunkan nilai WVP bioplastik dibandingkan dengan bioplastik tanpa penambahan kitosan. Namun perlu digarisbawahi bahwa penurunan nilai WVP tidak signifikan, berselisih hanya 1.19×10^{-11} (g/{m.s.Pa}) dengan nilai WVP paling rendah pada penambahan kitosan 1,25% (w/w dari PLA). Tetapi dibandingkan dengan nilai WVP kontrol, nilai WVP dengan penambahan kitosan sudah paling



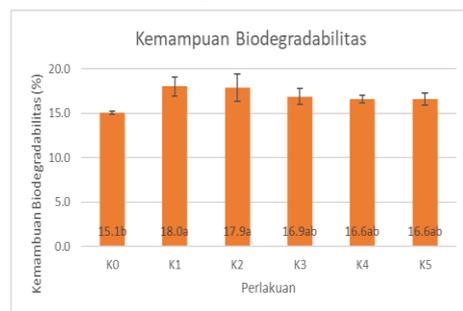
mendekati nilai WVP PLA murni yaitu 0.11×10^{-10} (g/{m.s.Pa}) (Qin et al. 2017).

Gambar 9
Water Vapor Permeability
Bioplastik

Pada penggunaan bioplastik sebagai bahan APD terdapat persyaratan untuk masing-masing jenis alat APD, sebagai contoh penggunaan gaun APD diperlukan bahan yang masih *breathable* namun besar pori-pori tidak lebih besar dari bakteri ataupun virus

untuk menghindari kontaminasi kedalam APD. WVP gaun APD yang berbahan dasarnya nonwoven PLA diperlukan WVP bernilai > 1000 g/m²day (ASTM E 96) untuk memastikan dapat digunakan pada waktu yang lama dan nyaman (Durgan 2015). Pada penelitian ini menghasilkan nilai WVP yang sangat rendah, yang mengartikan bioplastik ini tidak sesuai untuk dijadikan gaun APD, namun nilai WVP yang rendah ini menjadikan bioplastik baik digunakan untuk bahan APD lainnya seperti apron anti air. Apron anti air memerlukan sifat anti air yang tinggi dan tanpa mempertimbangkan aspek *breathable*.

6. Analisis Biodegradabilitas



Gambar 10
Kemampuan Biodegradabilitas
Bioplastik

Penambahan kitosan dalam jumlah yang kecil dapat meningkatkan kemampuan biodegradabilitas bioplastik, dibuktikan kontrol (K0) berbeda signifikan terhadap sampel K1 dan K2. Penambahan kitosan pada film bioplastik dapat meningkatkan kemampuan biodegradabilitas bioplastik, karena kitosan merupakan bahan organik yang cepat terurai oleh mikroorganisme. Penggunaan EM4 yang merupakan pendegradasi bahan-bahan organik sangat cocok untuk mendegradasi kitosan pada bioplastik terlebih dahulu, sehingga memutus

rantai polimer menjadi monomer kecil kitosan dan merusak matriks bioplastik dan meningkatkan penyerapan air juga masuknya mikroorganisme ke celah-celah bioplastik (Tyasning 2009). Kalita (2021) juga mengatakan celah bioplastik terbentuk karena biofiller dilepaskan terlebih dahulu disebabkan biofiller yang tersebar tidak merata, ini mendukung data hasil uji morfologi (**Gambar 3**) yang dilihat kitosan tersebar dipermukaan PLA, sehingga jika kitosan didegradasi terlebih dahulu akan membuat celah-celah pada matriks PLA dan meningkatkan kemampuan biodegradabilitas.

Pada APD Apron *heavy duty* dan sekali pakai dapat berasal dari material biodegradable, WHO mengatur jika apron dibuat dari bahan biodegradable berdasarkan standar EN 13432 dan ASTM D6400. Kedua standar ini memiliki prinsip uji yang serupa dimana bahan biodegradable diuraikan dalam kondisi pengkomposan yang dikontrol selama 12 minggu, sampel yang digunakan jg harus diperkecil permukaannya sebesar 2 cm. Pada proses degradasi setelah 12 minggu sebanyak 90% material harus dapat melewati saringan berukuran 2 mm, lalu tahap biodegradasi sebanyak 60% material organik sudah terurai menjadi karbon dioksida dan memasuki tahap penumbuhan tanaman, pada proses ini material terurai tidak boleh memperlambat proses perkecambahan hingga dibawah 90%.

Kesimpulan

Penambahan kitosan pada bioplastik yang tersusun dari PLA-lilin kelapa sawit-ZnO menghasilkan bioplastik dengan karakteristik: Pada pengamatan SEM kitosan menyebar pada permukaan membentuk celah mikro dan gumpalan kitosan, ZnO terlihat

berbentuk *nanorods* (NRs) dan *microrods* (MRs). Konsentrasi kitosan 0,5% (K1) memberikan kemampuan antimikroba terbaik pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, menghasilkan zona bening sebesar 5 mm dan 3,2 mm. Penambahan kitosan menaikkan nilai *tensile strength* dan menurunkan *elongation at break*. Hasil dari uji WVP menunjukkan penambahan kitosan tidak berpengaruh secara signifikan pada nilai WVP. Penambahan kitosan dengan konsentrasi terkecil dapat meningkatkan kemampuan biodegradabilitas bioplastik menggunakan EM4

BIBLIOGRAFI

- Baglioni, Michele, Giovanna Poggi, Giulia Ciolli, Emiliano Fratini, Rodorico Giorgi, And Piero Baglioni. 2018. "A Triton X-100-Based Microemulsion For The Removal Of Hydrophobic Materials Fromworks Of Art: Saxe Characterization And Application." *Materials* 11(7):7–10. [Google Scholar](#)
- Bie, Pingping, Peng Liu, Long Yu, Xiaoxi Li, Ling Chen, And Fengwei Xie. 2013. "The Properties Of Antimicrobial Films Derived From Poly(Lactic Acid)/Starch/Chitosan Blended Matrix." *Carbohydrate Polymers* 98(1):959–66. [Google Scholar](#)
- Bonilla, J., E. Fortunati, M. Vargas, A. Chiralt, And J. M. Kenny. 2013. "Effects Of Chitosan On The Physicochemical And Antimicrobial Properties Of Pla Films." *Journal Of Food Engineering* 119(2):236–43. [Google Scholar](#)
- Clinical And Laboratory Standards Institute. 2012. *Performance Standards For Antimicrobial Disk Susceptibility Tests: Approved Standard - Eleventh Edition*. Vol. 32. [Google Scholar](#)
- Damayanti, Windi, Emma Rochima, Zahidah Hasan Program, Studi Perikanan,

- Fakultas Perikanan, Ilmu Kelautan, Unpad Fakultas, Perikanan Dan, Universitas Padjajaran, Jalan Raya, And Bandung-Sumedang Km. 2016. "Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Aplikasi Kitosan Sebagai Antibakteri Pada Filet Patin Selama Penyimpanan Suhu Rendah Application Of Chitosan As Antibacterial For Pangasius Fillet At Low Temperature Storage." 19:321–28. [Google Scholar](#)
- Durgan, Kerem. 2015. "Machinery & Equipment Review - Nonwovens Industry Magazine - News, Markets & Analysis For The Nonwovens Industry." [Google Scholar](#)
- Fathima, P. E., Satyen Kumar Panda, P. Muhamed Ashraf, T. O. Varghese, And J. Bindu. 2018. "Polylactic Acid/Chitosan Films For Packaging Of Indian White Prawn (*Fenneropenaeus Indicus*)." *International Journal Of Biological Macromolecules* 117(2017):1002–10. [Google Scholar](#)
- Gutari, Sesmi. 2019. "Peran Zno Dan Tio 2 Pada Bioplastik Antimikroba Berbasis Pla-Kitosan Sesmi Gutari." [Google Scholar](#)
- Kamaludin, N. H. I., H. Ismail, A. Rusli, S. T. Sam, And A. A. N. Gunny. 2020. "Processing, Tensile And Morphological Characteristics Of Polylactic Acid/ Chitosan Biocomposites Prepared By Melt Compounding Technique." In *Aip Conference Proceedings*. Vol. 2267. American Institute Of Physics Inc. [Google Scholar](#)
- Kong, Ming, Xi Guang Chen, Ke Xing, And Hyun Jin Park. 2010. "Antimicrobial Properties Of Chitosan And Mode Of Action: A State Of The Art Review." *International Journal Of Food Microbiology* 144(1):51–63. [Google Scholar](#)
- Li, W. C., H. F. Tse, And L. Fok. 2016. "Plastic Waste In The Marine Environment: A Review Of Sources, Occurrence And Effects." *Science Of The Total Environment* 566–567:333–49. [Google Scholar](#)
- Mofokeng, J. P., A. S. Luyt, T. Tábi, And J. Kovács. 2012. "Comparison Of Injection Moulded, Natural Fibre-Reinforced Composites With Pp And Pla As Matrices." *Journal Of Thermoplastic Composite Materials* 25(8):927–48. [Google Scholar](#)
- Organization, World Health. 2018. *Who Expert Consultation On Rabies: Third Report*. Vol. 1012. World Health Organization. [Google Scholar](#)
- Qin, Yuyue, Wenhui Li, Dong Liu, Minglong Yuan, And Lin Li. 2017. "Development Of Active Packaging Film Made From Poly (Lactic Acid) Incorporated Essential Oil." *Progress In Organic Coatings* 103:76–82. [Google Scholar](#)
- Raafat, Dina, Kristine Von Bargaen, Albert Haas, And Hans Georg Sahl. 2008. "Insights Into The Mode Of Action Of Chitosan As An Antibacterial Compound." *Applied And Environmental Microbiology* 74(12):3764–73. [Google Scholar](#)
- Rihayat, T., Suryani, C. N. Fitriyani, Nurhanifa, J. P. Siregar, J. Jaafar, T. Cionita, And Fitria. 2020. "Synthesis And Characterization Of Pla-Chitosan-Zno Composite For Packaging Biofilms." *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering* 788(1). [Google Scholar](#)
- Sirelkhatim, Amna, Shahrom Mahmud, Azman Seeni, Noor Haida Mohamad Kaus, Ling Chuo Ann, Siti Khadijah Mohd Bakhori, Habsah Hasan, And Dasmawati Mohamad. 2015. "Review On Zinc Oxide Nanoparticles: Antibacterial Activity And Toxicity Mechanism." *Nano-Micro Letters*

- 7(3):219–42. [Google Scholar](#)
- Suyatma, Nugraha E., Alain Copinet, Lan Tighzert, And Veronique Coma. 2004. “Mechanical And Barrier Properties Of Biodegradable Films Made From Chitosan And Poly (Lactic Acid) Blends.” *Journal Of Polymers And The Environment* 12(1):1–6. [Google Scholar](#)
- Tyasning, Diah Megasari Dan Mohammad Masykuri. 2009. “Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Biodegradasi Plastik Berbahan Dasar Polipropilen.” *Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret* 380–85. [Google Scholar](#)
- Wahyudin. 2017. “Pencirian Film Bioplastik Antimikrob Dari Kitosan-Poliasam Laktat.” [Google Scholar](#)
- Xiong, G., U. Pal, J. G. Serrano, K. B. Ucer, And R. T. Williams. 2006. “Photoluminescence And Ftir Study Of Zno Nanoparticles: The Impurity And Defect Perspective.” *Physica Status Solidi (C) Current Topics In Solid State Physics* 3(10):3577–81. [Google Scholar](#)
- Zakaria, Zainoha, Md Saiful Islam, Azman Hassan, M. K. Mohamad Haafiz, Reza Arjmandi, I. M. Inuwa, And M. Hasan. 2013. “Mechanical Properties And Morphological Characterization Of Pla/Chitosan/Epoxidized Natural Rubber Composites.” *Advances In Materials Science And Engineering* 2013. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Dadang Suhendar, Ghina Eroz Rasman, Aji Sutrisno (2021)

First publication right:

Jurnal Health Sains

This article is licensed under:

