

Karakteristik Fisik Bioplastik Kitosan Dengan penambahan Selulosa Kulit Nipah (*Nypa fruticans*)

Ari Kristiningsih^{1*}, Khoeruddin Wittriansyah¹, Hety Dwi Hastuti², Jenal Sodikin³

¹Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian, Politeknik Negeri Cilacap

²Program Studi Akutansi dan Lembaga Keuangan Syariah, Jurusan Komputer dan Bisnis, Politeknik Negeri Cilacap

³Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian, Politeknik Negeri Cilacap

Jl. Dr. Soetomo No.1, Karangcengis, Sidakaya, Cilacap, Jawa Tengah 53212 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: ari.kristiningsih@pnc.ac.id

ABSTRAK: Plastik konvensional berbahan dasar minyak bumi membutuhkan waktu yang lama untuk terurai yang dapat menimbulkan masalah lingkungan. Bioplastik menjadi salah satu solusi untuk memecahkan permasalahan mengenai penggunaan plastik konvensional. Pada penelitian ini, bioplastik yang dikembangkan adalah kitosan. Kitosan dari limbah kulit udang memiliki ketersediaan di alam cukup melimpah, elastis serta mempunyai sifat anti mikroba dan anti kanker. Bioplastik dari kitosan memiliki kekurangan pada sifat fisiknya, sehingga diperlukan komponen tambahan untuk memperbaiki sifat fisiknya. Penelitian ini menambahkan selulosa pelepah nipah sebagai bahan penguat struktur fisik bioplastik kitosan. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat karakteristik fisik bioplastik kitosan yang ditambahkan selulosa dari pelepah nipah. Penelitian dimulai dengan pembuatan selulosa pelepah nipah dan kitosan kulit udang yang kemudian dilanjutkan dengan sintesa bioplastik. Bioplastik dibuat dengan menambahkan selulosa kedalam larutan kitosan 15% dengan selulosa pelepah nipah dengan tiga konsentrasi yang berbeda (0%, 0,2% dan 0,4%). Hasil sintesa kemudian dikarakterisasi secara fisik meliputi, uji kuat tarik, uji *biodegradable* dan analisis *Scanning Electroscopie Microscope* (SEM). Bioplastik kitosan dengan penambahan selulosa pelepah nipah memiliki warna yang bening dan akan meningkat menjadi coklat seiring dengan penambahan selulosa, nilai kuat tarik 4 – 27,14 Mpa. Berdasarkan uji *biodegradable*, bioplastik hasil penelitian sudah mulai terurai pada hari ketiga. Dari hasil analisa SEM didapati bahwa penambahan selulosa dapat memperbaiki struktur bioplastik menjadi lebih menyatu.

Kata kunci: bioplastic; kitosan; nipah; selulosa

Physical Characteristics of Chitosan Bioplastic with the addition of Nipah Bark Cellulose (Nypa fruitcan)

ABSTRACT: Conventional plastics made from petroleum take a long time to decompose, which can cause environmental problems. Bioplastics are one solution to solve the problem of using conventional plastics. In this study, the bioplastic developed was chitosan. Chitosan from shrimp shell waste is abundant in nature, elastic, and has antimicrobial and anticancer properties. Bioplastics from chitosan have shortcomings in their physical properties, so additional components are needed to improve their physical properties. This study added nipah leaf stalk cellulose as a reinforcing material for the physical structure of chitosan bioplastics. The purpose of this study is to see the physical characteristics of chitosan bioplastics added with cellulose from nipah leaf stalks. The study began with the manufacture of nipah leaf stalk cellulose and shrimp shell chitosan which was then continued with the synthesis of bioplastics. Bioplastics are made by adding cellulose to a 15% chitosan solution with Nipah frond cellulose with three different concentrations (0%, 0.2%, and 0.4%). The synthesis results were then physically characterized including tensile strength test, biodegradable test, and Scanning Electroscopie Microscope (SEM) analysis. Chitosan bioplastic with the addition of nipah frond cellulose has a clear color and will increase to brown along with the addition of cellulose, tensile strength value of 4 - 27.14 Mpa. Based on the biodegradable test, the bioplastic from the research began to decompose on the third day. From the results of SEM analysis,

it was found that the addition of cellulose can improve the structure of the bioplastic to be more unified.

Keywords: bioplastic; chitosan; cellulose; nipah

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan plastik dalam keseharian kehidupan manusia sulit untuk lepas, walaupun efek dari penggunaan plastik dapat menimbulkan masalah lingkungan. Di beberapa kota besar sering dijumpai gunung sampah plastik di sudut – sudut kota, hal ini dikarenakan sifat plastik yang sulit untuk terurai (Solekah *et al.*, 2021). Tidak hanya di kota – kota besar, limbah plastik juga menjadi ancaman bagi ekosistem laut (Mardiyana dan Kristiningsih, 2020) baik yang berukuran besar maupun yang kecil (mikroplastik). Plastik konvensional berasal dari minyak bumi yang menyebabkannya sulit untuk terurai karena tahan terhadap senyawa kimia dan mikroba (Fadilla *et al.*, 2023). Waktu yang dibutuhkan plastik untuk dapat terurai menurut Melani *et al.* (2018) adalah 1.000 tahun, sehingga jika penggunaan plastik konvensional tidak dibatasi akan menyebabkan penumpukan plastik karena rendahnya daya urainya. Bioplastik menjadi salah satu solusi dalam memecahkan permasalahan mengenai penggunaan plastik, karena bioplastik adalah biopolimer yang mempunyai sifat mudah untuk terurai di alam (Fadilla *et al.*, 2023). Keunggulan bioplastik adalah dapat terurai secara alami oleh aktivitas mikroorganisme dan daya urainya relatif lebih cepat daripada plastik konvensional (Sunardi, *et al.*, 2020). Berbagai biopolimer telah banyak dikembangkan untuk pembuatan plastik seperti dari pati (Asiah, 2010); (Setiawan *et al.*, 2015); (Rusdianto *et al.*, 2021); (Nurwidiyani *et al.*, 2022), kitosan (Hasan & Hanum, 2010); (Solekah *et al.*, 2021), serat kelapa (Rusdianto *et al.*, 2021) ; (Nurwidiyani *et al.*, 2022) , limbah Jerami Padi (Pratiwi *et al.*, 2016), pelepah nipah (Sunardi *et al.*, 2020), pelepah sagu (Sunardi & Maulana, 2021), maupun kulit nanas (Sriyana *et al.*, 2023).

Pengembangan bioplastik dari bahan dasar pati sebenarnya mampu membuat struktur bioplastik yang diharapkan, akan tetapi kurang efektif karena pati juga digunakan sebagai sumber bahan pangan (Septiosari *et al.*, 2014). Selain itu, bioplastik dengan menggunakan bahan dasar yang terbuat dari pati mempunyai kekurangan pada strukturnya yang mudah rapuh karena kadar amilopektin yang tinggi, yaitu sekitar 60,15% (Rusdianto *et al.*, 2021) sehingga jika akan dibuat bioplastik diperlukan bahan tambahan lain untuk meningkatkan kekuatannya, sehingga perlu adanya alternatif lain dalam pembuatan bioplastik. Kamaluddin *et al.* (2022), menyatakan bahwa penggunaan pati dalam pembuatan bioplastik dapat digantikan dengan sumber lain seperti dari tanaman non pangan atau sumber hayati lainnya.

Polimer alam yang cukup potensial untuk dikembangkan selain pati untuk menjadi bioplastik adalah kitosan yang memiliki ketersediaan di alam yang cukup melimpah, harga bahan baku yang murah dan mudah untuk didapat (Ariadi *et al.*, 2021). Selain ketersediaan yang cukup melimpah kitosan memiliki sifat yang tidak beracun, dapat terbiodegradasi serta mampu mengadsorpsi (Iyan, 2020), serta kitosan memiliki sifat antioksidan, antimikroba dan mempunyai gugus yang reaktif (Ariadi *et al.*, 2021). Sofia *et al.* (2017) menambahkan bahwa edible film yang terbuat dari kitosan mempunyai kekentalan yang relatif baik, fleksibel, tahan lama dan sulit untuk robek. Mengingat potensi tersebut maka bioplastik yang berasal dari kitosan penting untuk dikembangkan lebih lanjut.

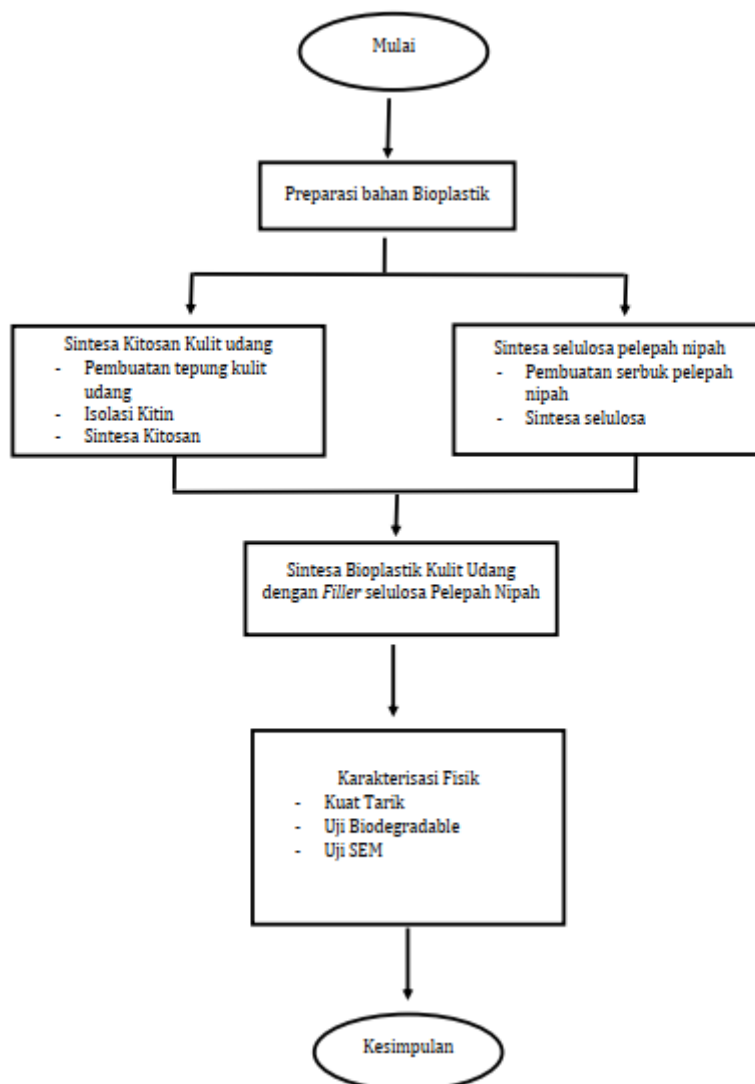
Kitosan diperoleh dengan melakukan proses deasetilasi dari kitin. Seiring dengan perkembangan teknologi kitosan dan pengaplikasiannya ditemui bahwa penggunaan bioplastik berbahan dasar kitosan kurang kuat, mudah terpengaruh pH lingkungan, resistensi dan sifat penghalang terhadap uap air rendah sehingga sulit untuk dibentuk menjadi lembaran besar (Ariadi *et al.*, 2021), sehingga diperlukan penambahan bahan lain sebagai pengisi (*filler*) untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Salah satu bahan tambahan yang dapat digunakan sebagai *filler* adalah selulosa karena sifatnya yang mudah diperbaharui, murah dan tahan terhadap cahaya, selain itu selulosa mempunyai sifat mekanik yang baik (Sunardi *et al.*, 2020). Elisusanti *et al.* (2019) juga menambahkan bahwa selulosa merupakan biopolimer yang potensial untuk dikembangkan karena

sifatnya yang mudah terurai dan mampu memperbaiki sifat fisik dan mekanik bahan. Sehingga dalam penelitian ini dapat memperbaiki struktur bioplastik berbahan dasar kitosan.

Salah satu sumber selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan bioplastik adalah serat pada pelepah buah Nipah (*Nypa fruticans*) yang banyak ditemukan di pesisir pantai Cilacap. Potensi nipah pada perkembangannya belum terlaksana dengan baik, hal ini terlihat di pesisir pantai Cilacap terutama di daerah hutan payau banyak tanaman Nipah yang dibiarkan begitu saja. Kebanyakan masyarakat pesisir kota Cilacap belum banyak memanfaatkan potensi Nipah secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk karakteristik fisik bioplastik kitosan dengan penambahan selulosa pelepah nipah. Pengamatan karakteristik fisik meliputi warna, uji kuat tarik, uji *biodegradable* dan uji *Scanning Elektron Microscope (SEM)*.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Proses Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri Politeknik Negeri Cilacap pada bulan Juli – November 2023 dilanjutkan dengan uji *Scanning Elektron Microscope (SEM)* di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada. Diagram alir penelitian tersaji pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Peralatan gelas laboratorium, pengaduk magnet, oven, desikator, timbangan analitik, spektrofotometer FTIR, Statif dan klem, pH universal, thermometer, alat sentrifugasi, ayakan mesh 100, *ultrasonic bath*, kertas penyaring Whatman. Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah Kulit udang, pelepah nipah, HCL, NaOH, Aquades, H_2O_2 , H_2SO_4 .

Limbah kulit udang di cuci dengan air hingga bersih dikeringkan dengan mengnakan oven selama satu jam dengan suhu 110-120°C setelah itu dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan. Kulit udang yang telah kering kemudian dihancurkan dan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Isolasi Kitin dilakukan dengan menggunakan metode yang diadaptasi dari (Wittriansyah *et al.*, 2018) dengan beberapa modifikasi.

Proses demineralisasi bertujuan untuk mengilangkan kandungan mineral yang terdapat dalam serbuk kulit udang. Serbuk kulit udang yang telah di ayak dilarutkan dengan larutan HCl 1,5 M dengan perbandingan 1:10 (b/v), kemudian dipanaskan pada suhu 60-80 °C selama 1,5 jam sambil dilakukan pengadukan dengan kecepatan 50 rpm. Padatan yang diperoleh dicuci dengan aquades beberapa kali sampai pH netral. Serbuk yang telah mengalami proses pengeringan didinginkan dalam desikator untuk kemudian ditimbang.

Serbuk kulit udang yang telah mengalami proses demineralisasi kemudian dilanjutkan dengan deproteinase dengan menambahkan larutan NaOH 4% (b/v) dengan rasio 1:10 (b/v), kemudian dipanaskan dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 70 °C selama 2 jam. Sampel kemudian didinginkan, didekantasi dan disaring dengan menggunakan kertas saring, dibilas dengan aquades sampai pH netral untuk kemudian dikeringkan pada suhu 60 °C. Produk akhir akan berupa tepung yang disebut dengan kitin.

Kitosan diperoleh dengan melakukan deasitilasi pada tepung kitin (Wittriansyah *et al.*, 2018). Proses deasitilasi dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH 50% (b/v) dengan perbandingan 1:20, sampel kemudian dipanaskan pada suhu 60 °C selama 1 jam. Kemudian sampel didinginkan, didekantasi kembali, dicuci dengan aquades sampai pH netral. Hasil akhir yang didapat berupa tepung kitosan.

Pelepah nipah yang telah berupa serbuk dihidrolisis dengan larutan H_2SO_4 30% pada suhu 45 °C dengan pengadukan selama 2 jam. Kemudian ditambahkan akuades dingin, setelah itu campuran disentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm dan disonikasi untuk memperkecil ukuran.

Pembuatan bioplastik berbahan dasar kitosan limbah kulit udang mengacu pada metode yang telah dikembangkan oleh (Ariadi *et al.*, 2021); (Mashuni *et al.*, 2021); (Sunardi *et al.*, 2020). Pembuatan bioplastik diawali dengan membuat larutan kitosan 12% yang kemudian ditambahkan nanoselulosa pelepah nipah dengan konsentrasi 0%, 0,2% dan 04%. Larutan kemudian dihomogenkan dan dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 50 °C selama 24 jam.

Karakteristik Fisik kimia

Bioplastik hasil sintesis direndam dalam akuades hingga mengembang, kemudian kuat Tarik dan regangannya diukur dengan menggunakan *Tensile Strength Analyzer*. Kuat tarik ditentukan dengan beban maksimum saat bioplastik ditarik dengan gaya tertentu hingga robek dan persen pemanjangan didasarkan atas pemanjangan bioplastik saat putus (Ariadi *et al.*, 2021).

Uji Biodegradabilitas dilakukan dengan memotong bioplastik menjadi ukuran 2 x 1 cm kemudian potongan bioplastik ditanam dalam tanah humus berkompos (Ariadi *et al.*, 2021). Uji Biodegradable dilakukan selama 7 hari dengan dilakukan pada hari ke-1, ke-3, ke -5 dan ke -7 dengan melihat hasil bioplastik apakah dapat terdegradasi di dalam tanah. Untuk melihat morfologi yang dihasilkan dari sintesa bioplastik yang dihasilkan digunakan Analisa SEM (Setiawan *et al.*, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelepah nipah yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan alfa selulosa sebesar 39,65% dan kadar lignin 18,63%. Kandungan selulosa dan lignin pada penelitian memiliki nilai yang

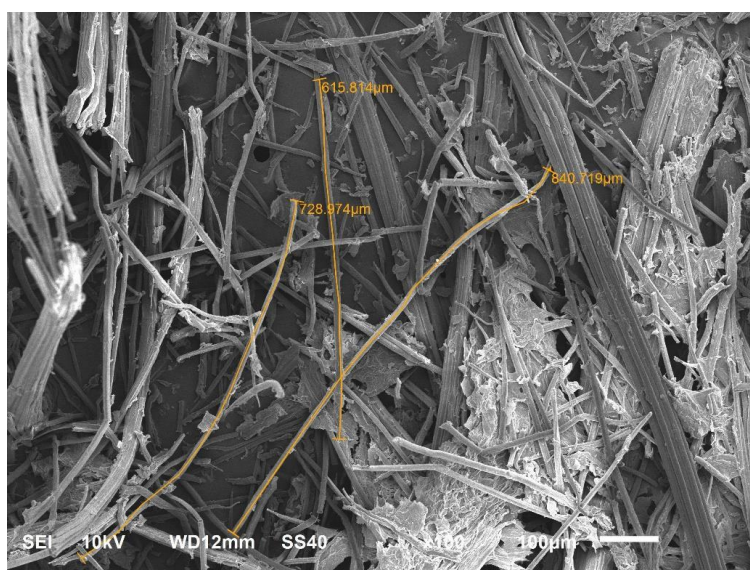
tidak terlalu jauh dengan yang dilaporkan oleh Ikhsan *et al.*(2021) yaitu 35,1% kadar alfa selulosa dan 17,8% kadar lignin. Serat selulosa hasil penelitian berdasarkan analisis *Scanning Elektron Microscope – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* memiliki panjang antara 615,814 μm - 840,719 μm seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Unsur utama yang terkandung pada selulosa pelepah nipah berdasarkan hasil *analisa SEM - EDX* adalah karbon (C) dengan prosentase massa sebesar 51,21% dan Oksigen (O) sebesar 48,79%. Grafik EDX pelepah nipah tersaji pada Gambar 3. Analisis *Fourier Transform Infrared (FT-IR)* dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada selulosa pelepah nipah berdasarkan puncak – puncak serapan dari spektrum inframerah. Berdasarkan hasil analisa FT-IR dijumpai gugus fungsi O-H, C-H dan C-O yang merupakan komponen utama penyusun selulosa dan gugus C=O yang merupakan penyusun lignin (Ikhsan *et al.*, 2021). Gugus alkohol, fenol dan ikatan hidrogen (O-H) diindikasikan terdapat pada mikroselulosa nipah pada panjang gelombang 3409,12. Hal ini senada dengan penelitian Ikhsan *et al.* (2021) yang mendapati gugus O-H muncul pada panjang gelombang 3409,04. Hasil analisa FTIR selulosa penelitian tersaji pada Gambar 4.

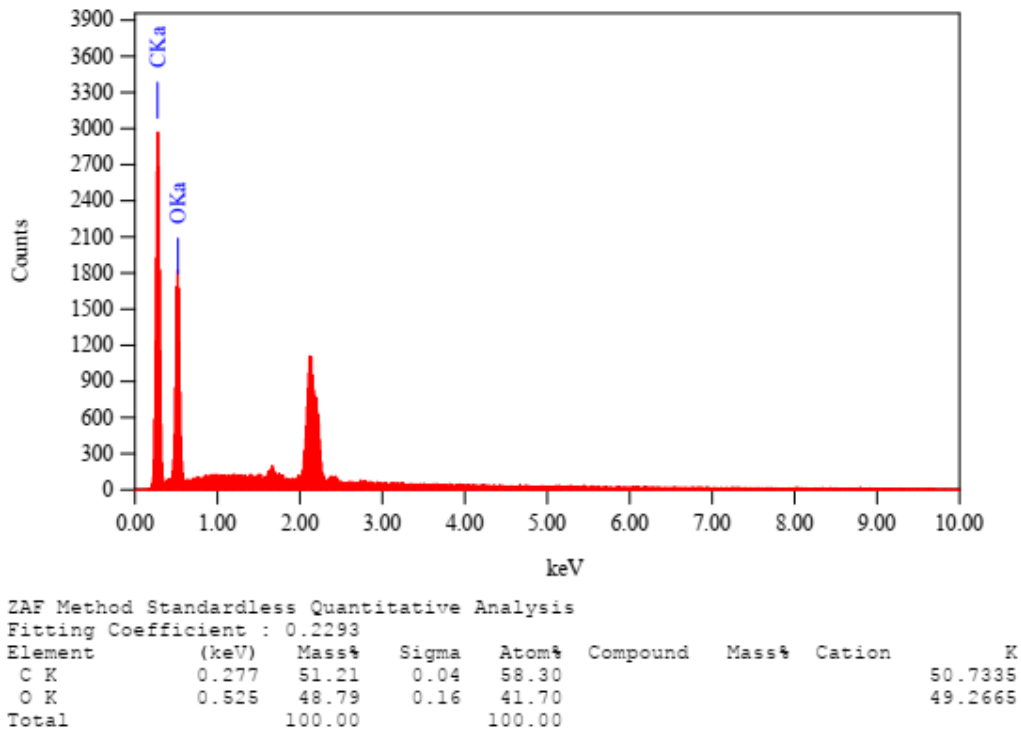
Kitosan hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* yang tersaji pada Gambar 5. Berdasarkan hasil analisa FTIR gugus fungsi yang terdapat pada tepung kitosan hasil penelitian sudah sesuai dengan literatur berdasarkan Ikhsan *et al.* (2021), gugus fungsi yang terdapat pada tepung kitosan hasil penelitian sudah sesuai dengan literatur. Perbandingan gugus fungsi kitosan hasil penelitian dengan literatur dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil sintesa didapati bahwa bioplastik dari penelitian memiliki warna yang agak bening dan sedikit kecokelatan dengan tekstur agak kenyal dan elastis. Seiring dengan besarnya penambahan konsentrasi selulosa diperoleh warna yang didapatkan berubah menjadi semakin coklat sering dengan bertambahnya selulosa. Hasil bioplastik dari tiap konsentrasi tersaji pada Gambar 6.

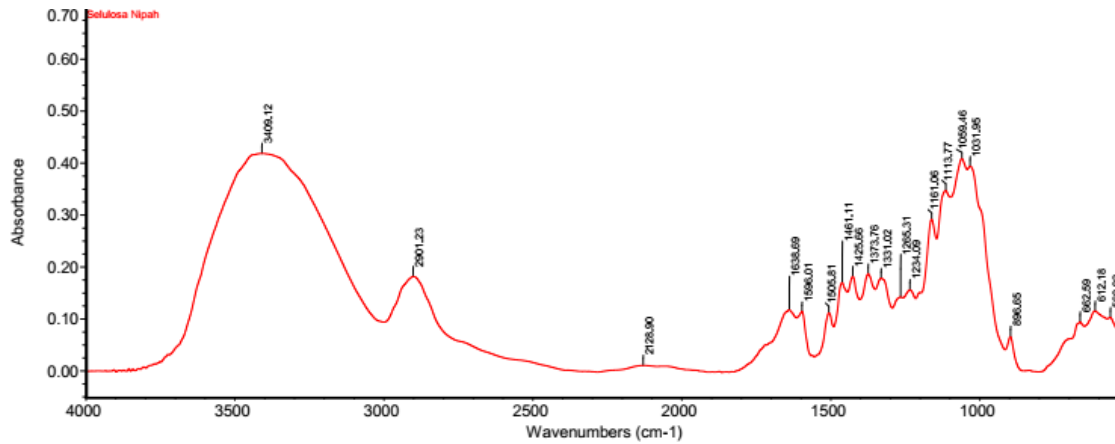
Penambahan selulosa meningkatkan sifat mekanik yang terlihat pada nilai kuat tarik dari bioplastic (Gea *et al.*, 2022). Uji kuat tarik pada sampel bioplastic hasil penelitian tanpa penambahan selulosa tidak dapat dilakukan karena teksturnya terlalu rapuh dan mudah pecah sehingga tidak dapat dilakukan pengujian. Pada sampel dengan penambahan selulosa 0,2% menunjukkan nilai kuat tarik sebesar 27,121 MPa sedangkan pada penambahan selulosa 0,4% sebesar 4 MPa. Dari hasil uji kuat tarik didapati kedua hasil memiliki nilai yang berbeda, hal ini kemungkinan disebabkan homogenitas dari kedua bahan berbeda dan juga suhu pada waktu pengeringan juga mempengaruhi bioplastik yang dihasilkan (Muhammad *et al.*, 2021).



Gambar 2. Selulosa Pelepah Nipah



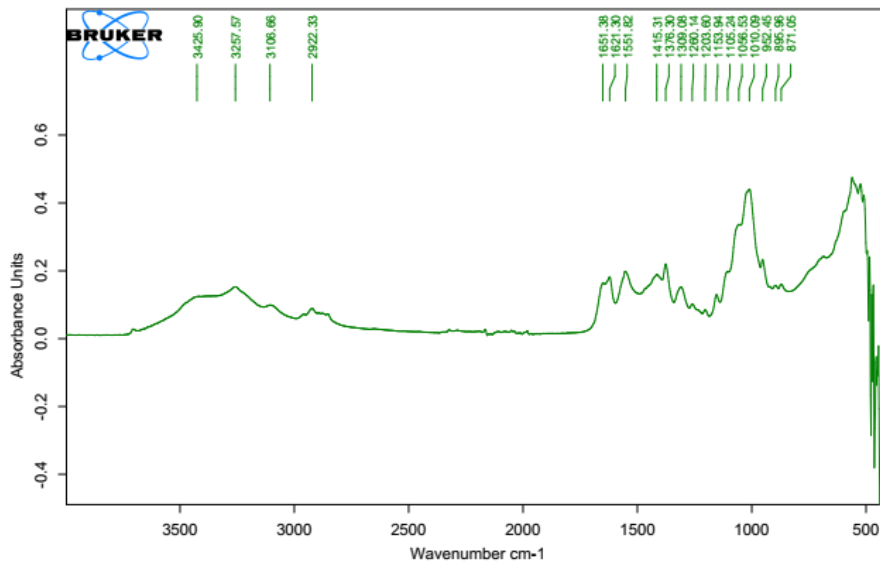
Gambar 3. Grafik EDX Mikroselulosa Pelepah Nipah



Gambar 4. Analisa FT-IR Selulosa Pelepah Nipah

Tabel 1. Perbandingan Gugus Fungsi Kitosan dengan literatur (Ikhsan *et al.*, 2021)

| Gugus fungsi | Bilangan Gelombang | |
|----------------|--------------------|--------------------|
| | Literatur | Hasil Penelitian |
| O-H | 3000-6000 | 3425 ; 3257 ; 3106 |
| N-H | 1550-1640 | 1551; 1651 |
| C-O-C | 1080-1300 | 1105; 1153 |
| C-H stretching | 2800-2960 | 2922 |
| C-H bending | 1350-1470 | 1415 |



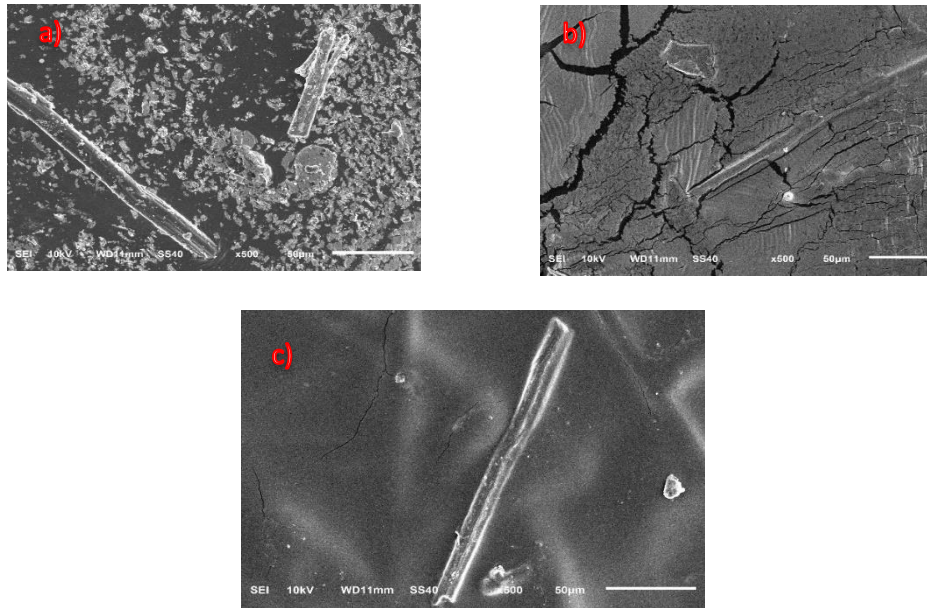
Gambar 5. Hasil FTIR Tepung Kitosan



Gambar 6. Hasil sintesa bioplastik dengan penambahan selulosa; a) tanpa penambahan selulosa; b) penambahan selulosa 0,2%; c) penambahan selulosa 0,4%

Uji *biodegradable* merupakan pengujian yang dilakukan untuk melihat proses penguraian bahan di alam dengan bantuan mikroorganisme (Utami & Asngad, 2017). Pengujian dilakukan dengan menaruh potongan sampel bioplastik di tanah untuk kemudian dilihat hasil setelah hari ke-1, 3, dan 7 hari. Pada hari ketiga diperoleh bahwa sampel bioplastik tanpa penambahan selulosa sudah berbentuk cair yang hampir menyatu dengan tanah, sedangkan pada bioplastik dengan penambahan selulosa 0,2% dan 0,4 % sulit untuk mendeteksi sisa bioplastik karena telah melebur bersama dengan tanah. Tidak terdeteksinya sisa bioplastik kemungkinan karena konsentrasi selulosa yang ditambahkan terlalu sedikit. Elisusanti *et al.* (2019) menyatakan bahwa penambahan konsentrasi selulosa yang optimum pada bioplastik adalah konsentrasi 2%. Penelitian Utami and Asngad (2017), menyatakan bahwa semakin banyak selulosa yang terdapat dalam plastik maka semakin cepat pula plastik tersebut terdegradasi.

Bioplastik kitosan berdasarkan analisis SEM pada perbesaran 500x terlihat bahwa bioplastik tanpa penambahan selulosa pelepah nipah mempunyai tekstur yang tidak rata (Gambar 7a), tetapi pada bioplastic kitosan dengan penambahan selulosa 0,2% terlihat sudah mulai menyatu walaupun masih belum sempurna (Gambar 7b) dan pada penambahan 0,4 % selulosa terlihat bioplastik menjadi lebih menyatu (Gambar 7c). Hal ini sesuai dengan penelitian Sunardi *et al.* (2020) bahwa dengan penambahan bioplastik akan memperbaiki struktur bioplastik yang dihasilkan. Lebih lanjut ditambahkan oleh Dewi *et al.* (2021), yang menyatakan bahwa penambahan selulosa pada bioplastik dengan bahan dasar pati jagung dapat mengurangi pori – pori film yang membuat bioplastik lebih kuat dan tahan terhadap tarikan.



Gambar 7. Analisis SEM bioplastik kitosan dengan penambahan selulosa pelepah nipah dengan perbesaran 500x. a). tanpa penambahan selulosa pelepah nipaj) ; b) penambahan selulosa 0,2%; c) penambahan selulosa 0,4%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bioplastik kitosan dengan penambahan selulosa memiliki warna yang bening dan akan meningkat menjadi cokelat seiring dengan penambahan selulosa. Uji kuat tarik pada bioplastic dengan penambahan selulosa antara 4 – 27,12 Mpa. Dari uji biodegradable bioplastic sudah mulai terurai pada hari ketiga. Dari hasil analisa SEM dapat disimpulkan bahwa penambahan selulosa memperbaiki struktur bioplastik menjadi lebih menyatu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi dan Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Cilacap Penelitian atas pendanaan dengan nomor kontrak 058/PL43/HK.07/2023 dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan kegiatan ini baik secara langsung ataupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariadi, L.R., Suseno, A., Haris, A., & Iftinan, S.N., 2021. Karakterisasi Fisikokimia Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan Tertaut Silang Asam Suksinat / Pati / Poly Vinyl Alcohol. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(02):145–155. DOI: 10.23960/aec.v6.i2.2021.p145-155
- Asiah, M.D., 2010. Uji Biodegradasi Bioplastik dari Khitosan Limbah Kulit Udang dan Pati Tapioka. *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1): 1–8.
- Dewi, I.M.P., Johannes, A.Z., Pingak, R.K., Bukit, M., & Sutaji, H.I., 2021. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung Dengan Penambahan Serat Selulosa Dari Limbah Kertas. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 6(2):91–96. DOI: 10.35508/fisa.v6i2.6838
- Elisusanti, Illing, I., & Alam, M.N., 2019. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Kepok/Selulosa Serbuk Kayu Gergaji. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 1(1):14–19.
- Fadilla, A., Amalia, V., & Wahyuni, I.R., 2023. Pengaruh Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Zat Pengisi Plastik Biodegradable berbasis Pati Kulit Singkong (*Manihot*

- fsculenta*). *Gunung Djati Conference Series*, 34: 69–80.
- Gea, S., Pasaribu, K.M., Sarumaha, A.A., & Rahayu, S., 2022. Cassava starch/bacterial cellulose-based bioplastics with *Zanthoxylum acanthopodium*. *Biodiversitas*, 23(5):2601–2608. DOI: 10.13057/biodiv/d230542
- Hasan, M., & Hanum, L., 2010. Rekayasa Bioplastik Untuk Kemasan Makanan Dari Khitosan Limbah Kulit Udang Dan Pati Tapioka, Dengan Minyak Kelapa Sawit Sebagai Pemplastis Bioplastic. *Purifikasi*, 11:171–176.
- Sriyana, H.Y., Rahayu, L.H. & Febriana, M.E., 2023. Bioplastik dari Limbah Kulit Buah Nanas dengan Modifikasi Gliserol dan Kitosan. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(1):40–44. DOI: 10.31942/inteka.v18i1.8094
- Ikhsan, A.N., Azmiati, Y., Delvianti, U., & Syauqiah, I., 2021. Karakteristik Biosorben Pelepah Nipah (*Nypa Fruticans*) Untuk Penurunan Kadar Logam Berat Air Merkuri (Hg). *Jukung: Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1):46–55. DOI : 10.20527/jukung.v7i1.10814
- Iyan, D.A.S., 2020. Pengoptimala Nilai Guna Limbah Kulit Udang. *Barometer*, 5(1):224–226. DOI : 10.20884/1.jm.2012.7.1.105
- Kamaluddin, M.A., Maryono, M., Hasri, H., Genisa, M.U., & Rizal, H.P., 2022. Pengaruh Penambahan Plasticizer Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Selulosa Limbah Kertas. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 7(02):197-208. DOI : 10.23960/aec.v7i02.2022.p197-208
- Mardiyana, M., & Kristiningsih, A., 2020. Dampak Pencemaran Mikroplastik di Ekosistem Laut terhadap Zooplankton : Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 2(1): 29–36. DOI : 10.35970/jppl.v2i1.147
- Mashuni, Andra, M., Ahmad, L.O., Jahiding, M., & Hamid, F.H., 2021. Inovasi Bioplastik dari Kitosan dengan Variasi Selulosa Limbah Kulit Durian Sebagai kemasan Makanan Antimikroba. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2021*.
- Melani, A., Herawati, N., & Kurniawan, A.F., 2018. Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis Plasticizer). *Distilasi*, 2(2):53–67. DOI: 10.32502/jd.v2i2.1204
- Muhammad, M., Ridara, R., & Masrullita, M., 2021. Sintesis Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat Dengan Bahan Pengisi Kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2): 1-11. DOI: 10.29103/jtku.v9i2.3340
- Nurwidiyani, R., Ghufira, Nesbah, & Triawan, D.A., 2022. Sintesis Bioplastik Ramah Lingkungan Berbasis Pati Biji Durian dengan Filler Selulosa Sabut Kelapa. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 8(1): 32–38. DOI: 10.22487/kovalen.2022.v8.i1.15755
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M.I., 2016. Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3):p.83. DOI : 10.15416/ijpst.v3i3.9406
- Rusdianto, A.S., Wiyono, A.E., & Permatasari, D.E.D., 2021. Karakterisasi Gelas Bioplastik Berbasis Pati Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) Dengan Penambahan Serbuk Sabut Kelapa. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 7(1):91-107. DOI : 10.21111/agrotech.v7i1.5755
- Septiosari, A., Latifah, & Kusumastuti, E., 2014. Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa Dan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2):157–162.
- Setiawan, H., Faizal, R., & Amrullah, A., 2015. Penentuan Kondisi Optimum Modifikasi Plasticizer Sorbitol PVA pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Chitosan Limbah Kulit Udang. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 13(1):29–38.
- Sofia, I., Murdiningsih, H., & Yanti, N., 2017. Pembuatan Dan Kajian Sifat-Sifat Fisikokimia, Mekanikal, Dan Fungsional Edible Film Dari Kitosan Udang Windu. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(2):54–60. DOI : 10.15294/jbat.v5i2.6364
- Solekah, S., Sasria, N., & Dewanto, H.A., 2021. Pengaruh Penambahan Gliserol dan Kitosan Kulit Udang Terhadap Biodegradasi dan Ketahanan Air Plastik Biodegradable. *Al-Kimiya*, 8(2):80–86. DOI : 10.15575/ak.v8i2.13917
- Sunardi, S., Firda, T.N., & Irawati, U., 2020. Pengaruh Nanoselulosa dari Pelepah Nipah sebagai Filler terhadap Sifat Bioplastik Polivinil Alkohol. *Justek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2):69-76.

DOI : 10.31764/justek.v3i2.3704

Sunardi, S., & Maulana, A.R., 2021. Sintesis dan Karakterisasi Edible Film dari Gelatin dengan Penguat Nanoselulosa dari Pelepah Sagu. *Walisongo Journal of Chemistry*, 4(1): 8–16. DOI : 10.21580/wjc.v4i1.7100

Utami, F.D., & Asngad, A., 2017. Bioplastik dari Umbi Ganyong dan Kulit Kacang Tanah dengan Penambahan Gliserol. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek II*, 343–346.

Wittriansyah, K., Handayani, M., & Dirgantara, D., 2018. Karakterisasi Kitin Dan Kitosan Emerita sp . Dari Pantai Pesisir. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 2:45–51.