

PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI *PLASTICIZER* GLISEROL, SORBITOL, DAN POLIETILENA GLIKOL (PEG) TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BIOPLASTIK BERBASIS KITOSAN DAN PATI KOMERSIAL

FAUZIAH MUTHI MILLATINA¹, VINA AMALIA¹, DAN ASSYIFA JUNITASARI^{1*}

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UINSunan Gunung Djati Bandung, Jalan A.H Nasution No. 105, Cipadung, Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat 40614, Indonesia

*alamat email korespondensi: vinaamalia@uinsgd.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Kata Kunci: biodegradasi; bioplastik; kitosan; pati; <i>plasticizer</i> .	Bioplastik mudah terurai di lingkungan karena terbuat dari bahan alami. Namun, bioplastik berbahan pati dan kitosan saja memiliki nilai elongasi yang rendah. Sehingga, <i>plasticizer</i> diperlukan untuk menyeimbangkan sifat fisik dan mekanik. Penelitian ini menggunakan kitosan kulit udang dan pati singkong komersial. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis dan variasi konsentrasi <i>plasticizer</i> terhadap sifat fisik dan mekanik bioplastik berbasis kitosan dan pati komersial. Variasi jenis dan konsentrasi <i>plasticizer</i> yang digunakan yaitu gliserol, sorbitol, dan Polietilena Glikol (PEG) dengan konsentrasi 20%, 30%, dan 40%, dengan massa kitosan dan pati sebesar 2:1. Bioplastik yang dihasilkan kemudian dilakukan karakterisasi sifat fisik dan mekanik, SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>), FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>), dan uji biodegradabilitas. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penambahan <i>plasticizer</i> memengaruhi karakteristik bioplastik. Semakin tinggi penambahan konsentrasi <i>plasticizer</i> , maka nilai elongasi, kadar air, daya serap air, dan ketebalan semakin meningkat. Namun nilai kuat tarik, elastisitas, dan ketahanan air yang dihasilkan semakin menurun. Pengujian SEM menunjukkan permukaan yang kasar dan tidak homogen. Sementara dalam pengujian FTIR menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang pada setiap gugus fungsi. Ketahanan bioplastik sangat rendah, sehingga sulit untuk memisahkan partikel tanah dengan bioplastik saat pengujian biodegradabilitas. Hasil karakterisasi terbaik pada nilai elongasi sebesar $72,33 \pm 5,81\%$, modulus Young sebesar $0,15 \pm 0,003$ MPa, ketebalan sebesar $0,213 \pm 0,006$ mm, yaitu penambahan gliserol 40%. Kuat tarik tertinggi pada penambahan PEG 20% yaitu, $49,49 \pm 1,04$ MPa. Kadar air terendah pada penambahan PEG 40% yaitu, $8,29 \pm 0,043\%$. Untuk menghasilkan morfologi permukaan bioplastik yang lebih homogen, perlu dua biopolimer dan satu resin. Selain itu, bioplastik perlu tambahan <i>crosslinker</i> , seperti asam sitrat agar menghasilkan karakteristik fisik dan mekanik bioplastik yang lebih baik.
Keywords: biodegradation; bioplastic; chitosan; <i>plasticizer</i> ; starch.	<i>Bioplastic degrade easily in the environment because made from natural materials. However, bioplastic made from starch and chitosan have low elongation values. Therefore, plasticizer is necessary to balance the physical and mechanical properties. This study used chitosan from shrimp shells and cassava starch commercial. This study aims to analyze the effect of type and concentration variations of plasticizers on the physical and mechanical properties of bioplastics based on chitosan and starch commercial. The types and concentrations of plasticizers used were glycerol, sorbitol, and Polyethylene Glycol (PEG) at concentrations of 20%, 30%, and 40%, with a chitosan and starch mass ratio of 2:1. The resulting bioplastics were then characterized for their physical and</i>

mechanical properties, SEM (Scanning Electron Microscope), FTIR (Fourier Transform Infrared) analysis, and biodegradability test. The research findings indicate that the addition of plasticizers affects properties of the bioplastic. As the concentration of plasticizers increases, elongation, moisture content, water absorption, and thickness also increase. On the contrary, the tensile strength, elasticity, and water resistance of the resulting bioplastic decrease. SEM analysis showed a rough and non-homogeneous surface. Meanwhile, FTIR analysis showed a shift in the wavenumbers of each functional group. The bioplastic's resistance is very low, making it difficult to separate soil particles from bioplastic during biodegradability test. The best characterization results were an elongation of $72.33 \pm 5.81\%$, Young's modulus of 0.15 ± 0.003 MPa, and a thickness of 0.213 ± 0.006 mm, achieved with a 40% glycerol addition. Highest tensile strength was achieved with a 20% PEG addition of 49.49 ± 1.04 MPa. Lowest moisture content was observed with a 40% PEG addition of $8.29 \pm 0.043\%$. To produce more homogeneous surface morphology of the bioplastic, two biopolymers and one resin are required. In addition, bioplastic requires the addition of a crosslinker, such as citric acid, to produce better physical and mechanical properties.

PENDAHULUAN

Keberadaan limbah *non-biodegradable* dan kemasan plastik sekali pakai menjadi salah satu permasalahan yang dialami oleh dunia. Berdasarkan data *The World Counts*, jumlah kantong plastik yang diproduksi secara global setiap detikanya yaitu 160.000 lembar kantong plastik atau setara dengan 5 triliun kantong plastik selama satu tahun [1]. Lalu, bahan utama plastik berasal dari minyak bumi atau bahan bakar fosil yang ketersediannya terbatas [2].

Dengan demikian, penelitian diarahkan untuk menggunakan bahan dasar alami seperti bioplastik. Selain itu, bioplastik ramah terhadap lingkungan dan ketika dibakar tidak akan menimbulkan senyawa-senyawa kimia berbahaya [3][4]. Namun, bioplastik berbahan pati tunggal memiliki sifat fisik dan mekanik yang masih rendah. Hal ini karena pati bersifat hidrofilik. Sehingga, perlu biopolimer lain yang bersifat hidrofobik supaya mengurangi kelembaban plastik dan meningkatkan kuat tarik, seperti kitosan, protein, dan selulosa [5][6].

Pembuatan bioplastik pati-kitosan tidak cukup karena masih memiliki sifat kaku dari kitosan [7]. Dengan demikian, untuk meningkatkan sifat fleksibilitas sebagai polimer perlu ditambahkan *plasticizer*. Jenis *plasticizer* yang umum digunakan di antaranya yaitu gliserol, sorbitol, dan PEG. Penggunaan *plasticizer* dapat mengurangi daya kuat tarik, namun meningkatkan nilai elongasi [8].

Beberapa penelitian pembuatan bioplastik memanfaatkan beberapa variasi konsentrasi dan jenis *plasticizer*. Hal ini dilakukan karena untuk

mendapatkan data terbaik dari variasi yang sudah dipilih. Seperti penelitian Utami dkk. (2014) menunjukkan bahwa campuran pati kulit pisang raja dan kitosan terbaik yaitu 6:4, serta *plasticizer* gliserol terbaiknya dengan konsentrasi 15% [9]. Sementara penelitian Darni dan Utami (2010) menunjukkan bahwa campuran pati sorgum dan kitosan terbaik yaitu 7:3, serta *plasticizer* sorbitol terbaiknya ada di konsentrasi 20% [10]. Sementara, menurut Lazuardi dan Cahyaningrum (2013), bahwa campuran pati singkong dan kitosan cangkang udang windu terbaik yaitu 2:1 dan 1:3, serta *plasticizer* gliserol terbaiknya ada di konsentrasi 20% [11].

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh jenis dan variasi konsentrasi *plasticizer* terhadap sifat fisik dan mekanik bioplastik berbasis kitosan dan pati komersial.

EKSPERIMEN

Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan kulit udang komersial, pati singkong komersial, aquades, asam asetat (CH_3COOH) glasial 1% teknis, *plasticizer* gliserol, *plasticizer* sorbitol, *plasticizer* Polietilena Glikol (PEG), dan media tanah.

Alat-alat yang digunakan di antaranya gelas kimia 100 mL, 250 mL, dan 1000 mL, gelas ukur 100 mL, labu ukur 250 mL, pipet ukur 1 mL dan 5 mL, cawan krusibel 30 mL, 40 mL, dan 50 mL, cawan penguapan, kaca arloji, batang pengaduk, spatula,

botol semprot, *ball filler*, pipet tetes, termometer 150°C, mikrometer sekrup, cetakan bioplastik, *magnetic stirrer bar*, *magnetic stirrer*, *hot plate*, neraca analitik, statif, klem, *stopwatch*, desikator, dan oven.

Instrumentasi

Instrumen yang digunakan yaitu *Tensile Instron*, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectrophotometer* - IR Prestige-21 Shimadzu, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) JEOL JSM-6360.

Prosedur

Pembuatan Bioplastik

Dalam formulasi pembuatan bioplastik, hal pertama yang dilakukan yaitu, 1,5 gram serbuk kitosan kulit udang dilarutkan oleh 50 mL asam asetat 1%. Dilakukan pengadukan dan pemanasan dengan suhu 70 – 80 °C selama 15 menit. Dalam waktu yang bersamaan, dilakukan pembuatan larutan pati singkong sebanyak 0,75 gram ke dalam 50 mL aquades. Dilakukan pengadukan dan pemanasan dengan suhu 80 °C selama 15 menit. Kemudian, larutan pati ditambahkan ke dalam larutan kitosan, serta dilakukan pengadukan dan pemanasan dengan suhu 60 °C selama 15 menit.

Kemudian setiap gelas kimia ditambahkan *plasticizer* gliserol, sorbitol, dan PEG dengan variasi dan konsentrasi seperti **Tabel 1**. lalu diaduk dan dipanaskan dengan suhu 60 °C selama 15 menit. Kemudian setelah homogen dan teraduk hingga kental, sampel dituangkan ke dalam cetakan bioplastik. Hasil pembuatan bioplastik akan terlihat dalam jangka waktu 3—4 hari dalam suhu ruang. Bioplastik yang sudah mengering dapat dilepaskan dari cetakan [12].

Analisis Gugus Fungsi Bioplastik dengan FTIR

Bioplastik yang diperoleh dianalisis oleh *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk menentukan interaksi senyawa dan gugus fungsi yang terkandung di dalamnya. Ukuran sampel disesuaikan dengan instrumen yang tersedia, yaitu 4×4 cm. Spektrum panjang gelombang yang digunakan berada di rentang 4000-400 cm⁻¹.

Analisis Morfologi Bioplastik dengan SEM

Bioplastik yang diperoleh dianalisis oleh *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk menganalisis struktur morfologi yang terdapat di bioplastik. Ukuran sampel disesuaikan dengan instrumen yang tersedia, yaitu 4×4 cm. Setelah itu, dianalisis setiap sampel dengan pembesaran 5000 kali.

Pengujian Sifat Mekanik Bioplastik

Karakterisasi sifat mekanik bioplastik terdiri atas kuat tarik, persen pemanjangan (elongasi), dan elastisitas (modulus Young). Ukuran sampel disesuaikan dengan instrumen yang tersedia, yaitu 5×5 cm. Pengujian kuat tarik dilakukan dengan sampel bioplastik diletakkan di instrumen *Tensile Instron*®, panjang dan ketebalan dicatat. Kemudian, sampel bioplastik ditarik hingga putus dengan menekan tombol *start* yang ada di instrumen. Kuat tarik dihitung berdasarkan perbandingan gaya maksimum terhadap luas penampang, sedangkan persen pemanjangan dihitung berdasarkan perubahan panjang terhadap panjang awal. Modulus Young diperoleh dari perbandingan kuat tarik dengan persen pemanjangan [13].

Pengujian Sifat Fisik Bioplastik

Uji Daya Serap dan Ketahanan Air

Uji daya serap air dilakukan dengan penimbangan berat awal sampel dengan ukuran 2×2 cm. Lalu, dilakukan perendaman sampel ke dalam 5 mL aquades selama 10 detik. Kemudian, perhitungan peningkatan massa berdasarkan perbandingan berat basah terhadap berat awal sampel menggunakan persamaan [7][12].

$$\%A = \frac{w_1 - w_0}{w_0} \times 100\%$$

Diketahui bahwa:

%A : Penyerapan air (%)

w₀ : Berat awal sampel sebelum direndam

w₁ : Berat basah sampel setelah direndam

Kemudian persentase penyerapan air tersebut akan dihitung sebagai berikut supaya mendapatkan nilai persentase ketahanan air:

$$\text{Ketahanan Air} = 100\% - \%A$$

Uji Kadar Air

Uji kadar air dilakukan dengan penimbangan berat awal sampel dengan ukuran 2×2 cm. Lalu, sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam. Kemudian, sampel yang

sudah kering dapat dimasukkan ke dalam desikator hingga mencapai suhu kamar, lalu dapat ditimbang. Sehingga didapatkan perhitungan penurunan massa berdasarkan perbandingan berat awal terhadap berat akhir sampel menggunakan persamaan [7]:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\%$$

Diketahui bahwa:

w_0 : Berat awal sampel

w_1 : Berat akhir sampel

Uji Ketebalan

Uji ketebalan dilakukan dengan alat mikrometer sekrup dengan tingkat ketelitian 0,01 mm. Bioplastik yang dianalisis berukuran 2×2 cm. Pengukuran dilakukan terhadap lima titik yang berbeda, yaitu kanan atas, kiri atas, kanan bawah, kiri bawah, dan titik tengah. Kelima nilai tersebut nantinya akan dirata-ratakan [14].

Analisis Biodegradabilitas

Biodegradabilitas bioplastik dianalisis menggunakan metode *Soil Burial Test* (SBT) yaitu metode penguburan dalam media tanah. Media tanah yang digunakan ditambahkan dengan 10 mL air dan sampel bioplastik dikubur kembali selama 24 jam. Pengujian ini dilakukan hingga sampel bioplastik tidak terlihat wujudnya secara fisik. Kemudian, perhitungan kehilangan berat berdasarkan perbandingan berat awal terhadap berat akhir sampel setelah penguburan menggunakan persamaan [15]:

$$\text{Kehilangan Berat (\%)} = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\%$$

Diketahui bahwa:

w_0 : Berat awal sampel sebelum penguburan

w_1 : Berat sampel basah setelah penguburan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dimulai dengan pelarutan kitosan yang memiliki fasa kristalin. Kitosan dapat meningkatkan sifat kekakuan bioplastik karena sifat hidrofobik yang dimilikinya. Hal ini dapat melengkapi sifat hidrofilik yang dimiliki pati. Sehingga, bioplastik yang terbentuk

akan kuat dan kaku [16][17]. Sementara itu, pati ditambahkan karena dapat mempercepat biodegradasi [18]. Struktur yang dimiliki pati juga berkontribusi meningkatkan sifat mekanik dalam bioplastik. Struktur yang dimaksud ialah rantai amilosa yang linear, serta rantai amilopektin yang bercabang [2].

Kitosan hanya dapat larut oleh asam organik encer [19][20]. Asam asetat dipilih dalam penelitian ini karena terdapat interaksi hidrogen antara gugus karboksil (-COOH) yang dimilikinya dengan gugus amina dalam kitosan [21]. Sedangkan, aquades sebagai pelarut pati karena memiliki pH netral dan tidak ada ion atau kontaminan yang dapat bereaksi merusak struktur pati [22]. Dengan perbandingan lebih banyak kitosan daripada pati, dapat diperoleh bioplastik yang sedikit basah dan berbau tajam. Bau tajam tersebut berasal dari pelarut asam asetat.

Larutan kitosan kurang homogen, kemungkinan karena waktu pelarutan yang diperlukan belum sesuai, sehingga menyebabkan larutan kitosan kurang homogen. Triastiningrum dan Purnomo (2016) mengungkapkan bahwa pelarutan kitosan kulit udang oleh asam asetat dapat larut sempurna dalam waktu ±1,5 jam [23]. Menurut Coniwati (2014), pembuatan bioplastik dengan suhu 80 °C merupakan suhu gelatinisasi yang ideal [24].

Namun, dalam penelitian ini, kedua bahan tersebut sudah tercampur dalam suhu 60 °C. Pencampuran kitosan dan pati saat dipanaskan merupakan awal proses pengembangan granula pati yang terjadi di daerah amorf granula pati. Pada bagian amorf kandungan amilosa lebih banyak dibandingkan kandungan amilopektinnya. Semakin tinggi amorf dalam pati singkong, maka akan semakin mudah mengalami gelatinisasi sebab amorf akan menyerap air lebih banyak yang menyebabkan ikatan hidrogen pada struktur amorf akan rusak dan pecah di suhu tertentu [25].

Setelah kitosan dan pati cukup larut, *plasticizer* dicampurkan ke dalamnya dengan waktu pengadukan dan pemanasan dengan suhu 60 °C selama 15 menit. Menurut Utami (2019), pengadukan yang disarankan dalam pembuatan bioplastik memiliki rentang waktu 60–70 menit, hal ini dilakukan untuk menghasilkan bioplastik dengan struktur molekul lebih homogen dan rapat [26]. Proses pembuatan bioplastik dilakukan secara berulang dari sampel A sampai dengan J, seperti **Tabel 1**. Penambahan *plasticizer* ke dalam bioplastik dapat meningkatkan fleksibilitas film, serta menurunkan kekuatan intermolekuler dan sifat *barrier* film [27].

Sifat Fisik Bioplastik

Lembaran bioplastik yang diperoleh memiliki tekstur permukaan getas, kaku, dan warna yang dihasilkan berbeda seperti dalam **Gambar 1**. Selain itu, permukaan bioplastik yang kontak langsung dengan udara menghasilkan permukaan kasar, sedangkan sisi lainnya tidak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Krisnadi dkk. (2019), bahwa penyebab lembaran bioplastik memiliki tekstur kasar dan halus di sisi yang berbeda sebab proses pencetakan permukaan yang halus berhadapan langsung dengan cetakan, sedangkan sisi lain berhadapan langsung dengan udara .[4]



Gambar 1 Film Bioplastik Sampel A-J

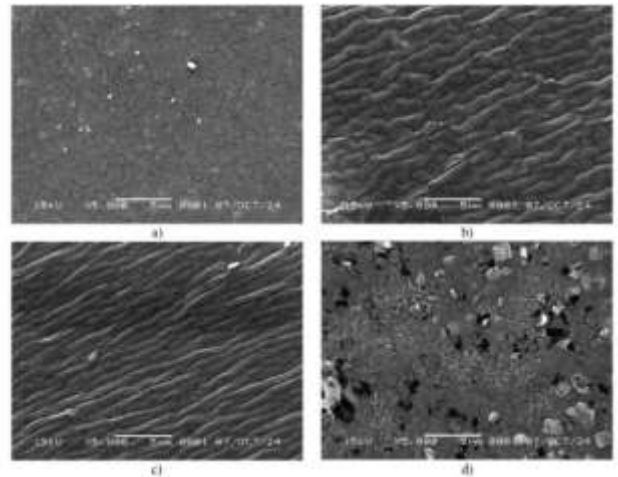
Analisis Morfologi Bioplastik dengan SEM

Analisis menggunakan instrumen SEM bertujuan untuk menganalisis morfologi permukaan bioplastik yang terbentuk. Bioplastik dikatakan baik jika memiliki permukaan yang homogen. Analisis morfologi akan memengaruhi sifat fisik dan mekanik suatu bioplastik. Hasil analisis menggunakan SEM dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Berdasarkan hasil pengamatan SEM pada perbesaran 5000 kali, Pada **Gambar 2 (a)** membuktikan bahwa bioplastik memiliki permukaan yang kasar dan tidak homogen, sedikit aglomerasi, dan sedikit retakan. Pada **Gambar 2 (b)** menunjukkan bahwa partikel lebih halus dibandingkan sampel A, sedikit tonjolan, dan retakan lebih sedikit dari sampel A. Pada **Gambar 2 (c)** menunjukkan permukaan yang rata, paling homogen di antara yang lain. Selain itu, minim aglomerasi dan retakan. Lalu terakhir, **Gambar 2 (d)** membentuk lapisan homogen yang kontinu, aglomerasi partikel dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi.

Retakan terjadi karena pati dan kitosan yang tidak larut sempurna. Ini terjadi karena struktur atau retakan serat yang kurang rapat, yang mengakibatkan lebih banyak air terserap. Selain itu, beberapa faktor yang menyebabkan

penyebaran tidak merata yaitu, pemanasan yang tidak sempurna, waktu pemanasan tidak sesuai, atau pengadukan yang tidak merata [28]. Bioplastik dengan kitosan yang lebih banyak daripada pati, tidak memiliki peluang daya serap yang tinggi [11].

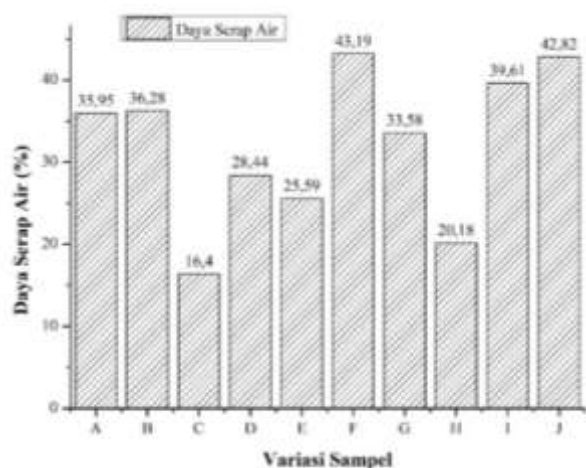


Gambar 2 Hasil Pengujian SEM a) Bioplastik Sampel A, b) Bioplastik Sampel C, c) Bioplastik Sampel F, d) Bioplastik Sampel I

Penelitian Mollah dkk. (2016) menunjukkan bahwa permukaan film tampak lebih baik dengan perbesaran analisis SEM yang sangat tinggi, 7.500—40.000 kali. Setelah diperbesar 40.000 kali, film bioplastik terbukti lebih homogen. Permukaan film akan homogen apabila menggunakan tiga bahan alami, yaitu dua biopolimer (pati dan kitosan) dan satu resin alami (*Acacia catechu*) [28].

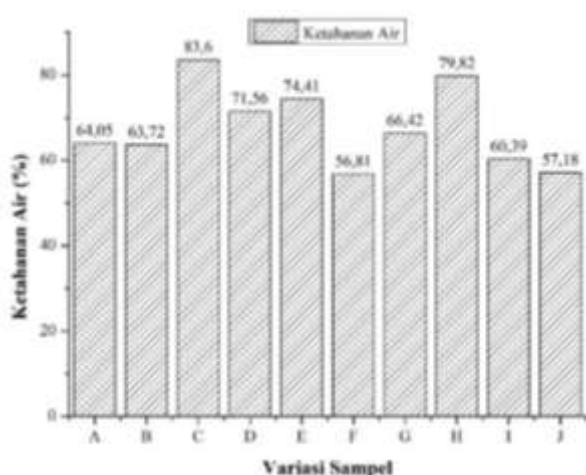
Daya Serap Air dan Ketahanan Air

Kemampuan daya serap suatu bioplastik terhadap air dapat diketahui dengan pengujian daya serap air. Pada **Gambar 3**, diketahui bahwa, penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan dan menurunkan nilai daya serap air. Hasil daya serap air yang tidak stabil karena sampel mengalami perubahan fisik berupa pengerutan (*shrinkage*) atau tidak dapat kembali ke bentuk semula setelah direndam. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan pati yang bersifat hidrofilik. Selain itu, penambahan *plasticizer* dapat membentuk ikatan hidrogen pada ikatan antar-molekul amilosa pati, sehingga air dapat masuk melalui celah [29].



Gambar 3 Hasil Daya Serap Air Bioplastik

Sementara itu, hasil daya serap air bioplastik dengan tambahan *plasticizer* PEG terus meningkat. Hal ini karena PEG memiliki sifat mudah larut dalam air dan memiliki kesamaan struktur kimia dengan adanya gugus hidroksil (-OH) di ujung rantai polieter yang mengandung oksietilen (-CH₂-CH₂-O-) [30]. Kemudian ketahanan air berbanding terbalik dengan daya serap air. Sehingga ketahanan air yang rendah dapat diartikan dengan ketidakmampuan sampel untuk mempertahankan bentuk setelah kontak dengan air. Salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan sampel terhadap air yaitu menambahkan *crosslinker*, seperti asam sitrat [31].



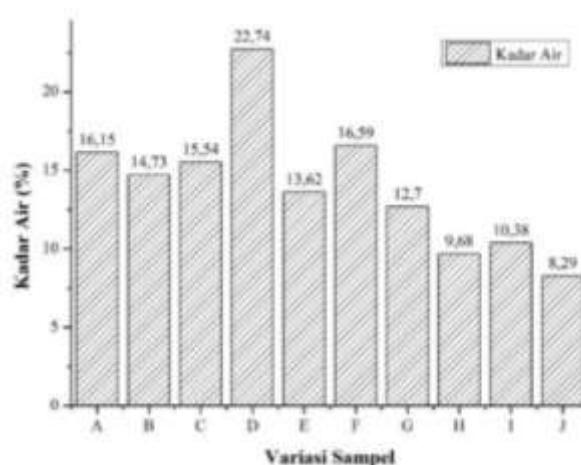
Gambar 4 Hasil Ketahanan Air Bioplastik

Kadar Air

Uji kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang masih terkandung di dalam sampel bioplastik. Hasil pengujian kadar air pada bioplastik

dapat dilihat pada **Gambar 5**. Hasil uji kadar air didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer*, maka semakin tinggi nilai kadar airnya sebab gugus hidroksil (-OH) yang tersedia memiliki afinitas yang kuat terhadap molekul air dari lingkungan [32].

Kadar air yang dihasilkan oleh bioplastik dengan penambahan sorbitol lebih rendah dibandingkan gliserol. Hal ini karena sorbitol memiliki interaksi molekul yang lebih kuat dengan rantai polimer antar molekul. Sehingga, kesempatan sorbitol berinteraksi dengan air menjadi lebih kecil [32]. Sedangkan, PEG memiliki lebih sedikit gugus hidroksil (-OH), molekul lebih besar, dan struktur rantai panjang. Oleh karena itu, gliserol lebih mudah masuk ke jaringan polimer dan lebih mudah menarik air. Sebaliknya, bioplastik dengan penambahan PEG mengalami interaksi yang lebih rendah dengan air.

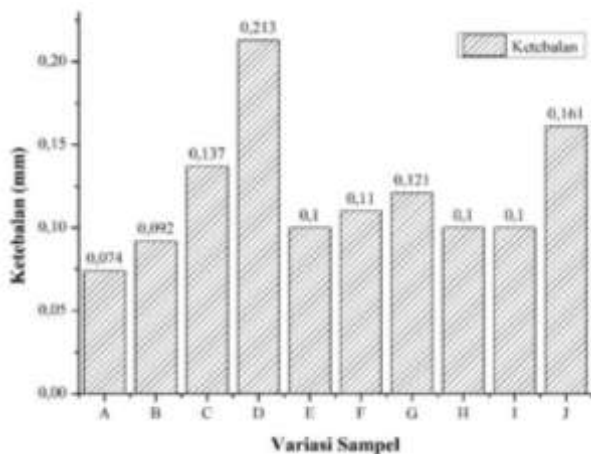


Gambar 5 Hasil Kadar Air Bioplastik

Maka, hal yang memengaruhi hasil uji kadar air yaitu, penambahan pati yang hidrofilik, jumlah gugus (-OH), berat molekul *plasticizer*, tingkat hidrofilitas *plasticizer*, dan proses pengeringan bioplastik. Salah satu upaya mengurangi jumlah gugus hidrofilik bebas yaitu menambahkan *crosslinker* untuk membentuk ikatan silang dengan gugus -OH dan -NH dalam kitosan [33].

Ketebalan

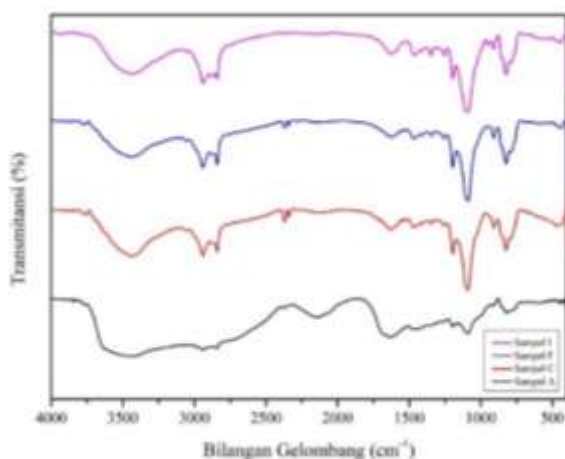
Nilai ketebalan bioplastik meningkat seiring bertambahnya konsentrasi *plasticizer*. Hal ini disebabkan oleh jumlah padatan yang terlarut, luas permukaan media cetak bioplastik, dan volume larutan [34][35]. Hasil uji ketebalan dapat dilihat pada **Gambar 6**. Ketebalan bioplastik yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu bioplastik berdasarkan JIS Z-1707:2019 dengan ketebalan ≤ 0,25 mm [36].



Gambar 6 Hasil Ketebalan Bioplastik

Analisis Gugus Fungsi Bioplastik dengan FTIR

Analisis menggunakan instrumen FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi pergeseran dan perluasan gugus fungsi. Analisis FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} seperti **Gambar 7**. Sampel A memiliki puncak lebar dan dangkal. Sementara, sampel C, F, dan I membentuk ikatan hidrogen baru antar dan intramolekul antara pati-kitosan dengan *plasticizer*. Sehingga, intensitas terlihat semakin kuat dan lebar.



Gambar 7 Spektrum Fourier Transform Infra Red (FTIR) Bioplastik

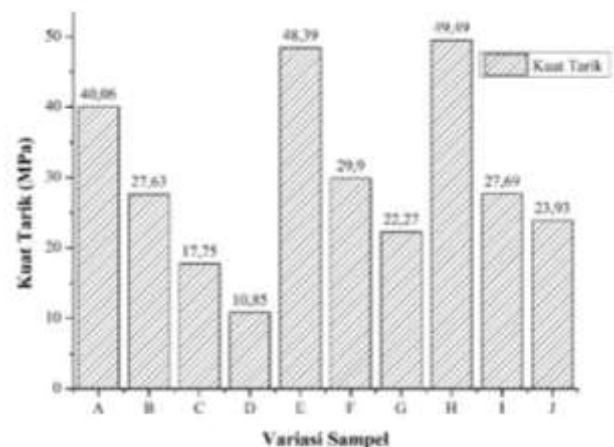
Hasil pengujian FTIR pada **Tabel 2** menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang pada setiap gugus fungsi. Pada bilangan gelombang 2300-2370 cm^{-1} dapat diidentifikasi sebagai peregangan ikatan hidrogen yang sangat kuat dari gugus amina ($-\text{NH}/-\text{NH}_2^+$) terprotonasi akibat interaksi kitosan dengan asam asetat [37]. Kemudian, keberadaan gugus fungsi karbonil (C=O) menunjukkan kemampuan bioplastik dapat

terdegradasi dengan baik karena hidrofilik [10][38]. Pada bilangan gelombang 2142,91 cm^{-1} diketahui hanya sampel A saja yang muncul dengan puncak yang lebar dengan jelas. Pada sampel lain tidak begitu jelas, hal ini menandakan intensitas sinyal yang lemah dari ketiga sampel, C, F, dan I. Pada puncak tersebut terdapat komponen pati minor (lipid dan protein) [39]. Hal ini bisa muncul karena bioplastik menggunakan bahan komersial.

Pada gugus fungsi C=O (NHCOCH_3) *stretching* amida I mengalami pergeseran setelah ditambahkan *plasticizer*. Hal ini karena adanya penyisipan gugus -OH dari *plasticizer* yang membentuk ikatan hidrogen baru dengan kitosan dan pati. Selain itu, gugus ini menunjukkan bahwa bioplastik mengandung amida yang memiliki gugus karbonil dengan mengikat satu atom N (R-CONH-R'). Hal ini menunjukkan bahwa gugus amida berasal dari gugus asetil yang masih terkandung dalam kitosan, walaupun sudah melewati proses deasetilasi [34]. Dengan hasil analisis FTIR tersebut, diketahui bahwa bioplastik terbentuk *blending* fisika atau pencampuran beberapa komponen, serta tidak menghasilkan gugus fungsi baru [14].

Sifat Mekanik Bioplastik

Kuat Tarik



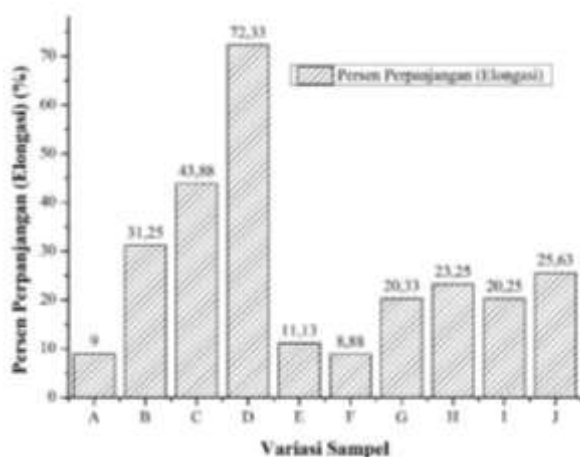
Gambar 8 Hasil Kuat Tarik Bioplastik

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat bioplastik menahan beban hingga deformasi atau putus. Hasil kuat tarik bioplastik terdapat dalam **Gambar 8** yang menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasi *plasticizer*, maka semakin menurun kuat tarik bioplastik. Sehingga, semakin rendah kemampuan menahan beban

Hal ini karena penambahan *plasticizer* dapat memutus ikatan antar-biopolimer [40][38].

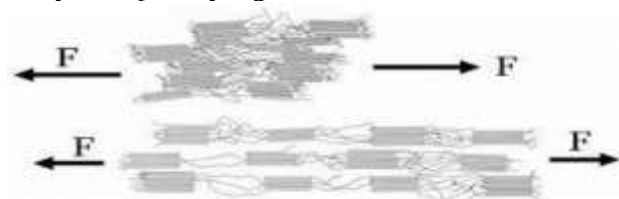
Semakin tebal bioplastik yang dihasilkan, maka cenderung menurunkan kuat tarik bioplastik [41]. Struktur amilosa (linier) yang dimiliki pati dapat membentuk ikatan hidrogen (O-H) antarmolekul glukosa penyusunnya yang rapat. Sehingga dapat menghasilkan gel yang kuat [42]. Lalu, penambahan kitosan dapat meningkatkan nilai kuat tarik sebab sifat yang dimiliki oleh kitosan yaitu sebagai penguat dan penghubung [43]. Hasil uji kuat tarik telah memenuhi SNI 7818:2014 yaitu minimal 13,7 MPa [44]. Sementara standar nilai kuat tarik bioplastik berdasarkan JIS Z-1707:2019 yaitu lebih dari 3,92 MPa [36]. Namun, sampel D tidak memenuhi SNI.

Persentase Perpanjangan (Elongasi)



Gambar 9 Hasil Persentase Perpanjangan (Elongasi) Bioplastik

Persen perpanjangan merupakan kemampuan suatu bahan untuk meregang ketika diberikan gaya tarik hingga putus. **Gambar 9** menunjukkan bahwa bertambahnya konsentrasi *plasticizer*, maka semakin tinggi nilai elongasi bioplastik. Hasil elongasi bioplastik tidak memenuhi SNI 7818:2014 yaitu 400—1120% [44]. Sementara standar JIS Z-1707:2019 yaitu lebih dari 70% [36]. Hanya sampel D yang memenuhi standar.



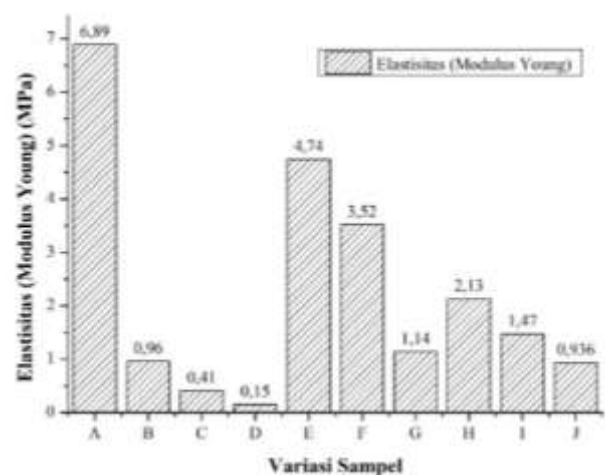
Gambar 10 Deformasi Material saat Diberi Beban Tarik

dan Terjadi Peregangan pada Fase Amorf [27]

Plasticizer akan terletak di antara rantai biopolimer, sehingga kitosan dan pati akan lebih meningkat jaraknya atau meningkatkan kelenturan dan mobilitas polimer [29]. Struktur amilopektin dapat membentuk amorf yang akan meregang lebih dahulu dan membentuk sejajar seperti **Gambar 10**. Sedangkan, kadar amilosa berlebihan dalam pati dapat membuat bioplastik yang kaku dan mudah patah apabila ditarik terlalu jauh. Hal ini karena strukturnya yang linier dapat membentuk ikatan hidrogen (O-H) antarmolekul glukosa penyusunnya yang rapat. Sehingga dapat menghasilkan gel yang kuat [42]. Kemudian, semakin tebal bioplastik, maka semakin tinggi nilai persentase perpanjangannya.

Gambar 10 merupakan ilustrasi deformasi material saat diberikan beban tarik dan terjadi peregangan pada fase amorf. Material dapat disebut deformasi plastis apabila setelah beban tarik dihilangkan, material tidak akan kembali ke bentuk semula atau mengalami pergeseran atom secara permanen. Sedangkan yang dapat kembali ke bentuk semula yaitu deformasi elastis [45].

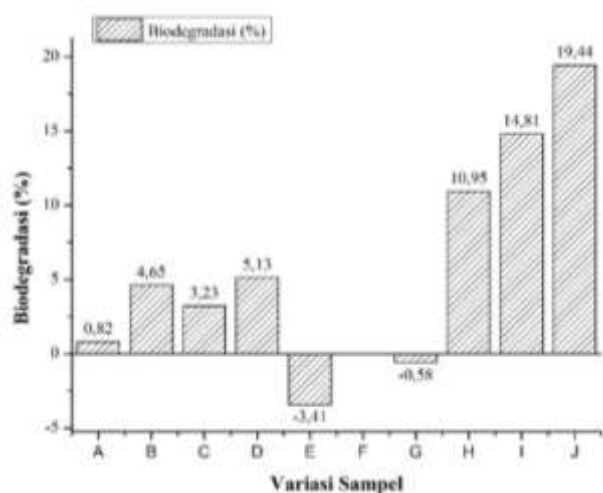
Elastisitas (Modulus Young)



Gambar 11 Hasil Elastisitas Bioplastik

Elastisitas diperoleh untuk mengetahui elastisitas atau ukuran kekakuan suatu bioplastik. Hasil elastisitas bioplastik ini terdapat dalam **Gambar 11**. Semakin tinggi konsentrasi *plasticizer*, maka semakin rendah nilai elastisitas bioplastik. Sehingga, bioplastik yang dihasilkan semakin baik. Sedangkan, bioplastik sampel A atau tanpa *plasticizer* memiliki tingkat kekakuan tertinggi. Selain itu, nilai elastisitas berbanding lurus dengan kuat tarik. Hal yang memengaruhi elastisitas yaitu, rasio massa pati dan kitosan yang tepat, serta penambahan *plasticizer* [38].

Analisis Biodegradabilitas Bioplastik



Gambar 12 Hasil Biodegradabilitas Bioplastik

Analisis biodegradabilitas dilakukan untuk menentukan seberapa mudah bioplastik terurai di lingkungan. Pada **Gambar 12**, nilai negatif disebabkan oleh adhesi (melekat) partikel tanah dengan bioplastik. Sehingga massa akhir tidak merepresentasikan residu bioplastik yang sebenarnya. Kondisi ini muncul karena tanah uji sangat kering, sehingga ditambahkan tanah lebih subur pada hari ke-5 untuk mempertahankan aktivitas mikroorganisme. Namun, partikel tanah menempel kuat walaupun telah dikeringkan.

Komposisi bahan tanah terdapat daun teh, pupuk kandang, kompos, dan bakteri penyubur. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti, penambahan kitosan yang bersifat antibakterial, pati yang bersifat hidrofilik, *plasticizer*, serta kondisi lingkungan seperti kelembaban, intensitas cahaya matahari, pH, suhu, dan kadar oksigen [15].

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa jenis dan variasi konsentrasi *plasticizer* dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanik bioplastik berbasis kitosan dan pati komersial. Oleh karena itu, untuk menghasilkan morfologi permukaan bioplastik yang lebih homogen, perlu tiga bahan alami, yaitu dua biopolimer (pati dan kitosan) dan satu resin alami, seperti *Acacia catechu*. Kemudian perlu dimodifikasi dengan penambahan *crosslinker*, seperti asam sitrat agar menghasilkan karakteristik mekanik dan fisik bioplastik yang lebih baik. Selain itu, permukaan film tampak lebih baik dengan

perbesaran analisis SEM yang sangat tinggi, 7.500—40.000 kali. Serta, perlu memperhatikan pengaruh suhu dan waktu dalam pemanasan dan pengadukan saat melarutkan komponen bioplastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Ibu Vina Amalia, S.Pd., M.Si. serta Ibu Assyifa Junitasari, S.Pd., M.Si. atas bimbingannya.

REFERENSI

- [1] The World Counts, "Number of Plastic Bags Produced," *The World Counts*, 2024. <https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/waste/plastic-bags-used-per-year> (accessed Mar. 30, 2024).
- [2] Z. Anita, F. Akbar, and H. Harahap, "Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 2, pp. 37–41, 2013, doi: 10.32734/jtk.v2i2.1437.
- [3] G. J. L. Griffin, Ed., *Chemistry and Technology of Biodegradable Polymer*, Pertama. London & New York: Blackie Academic & Professional, 1994.
- [4] R. Krisnadi, Y. Handarni, and K. Udyani, "Pengaruh Jenis Plasticizer Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Bekatul Padi," *J. Tek. Kim.*, vol. 1, no. 1, pp. 125–130, 2019.
- [5] W. Ban, J. Song, D. S. Argyropoulos, and L. A. Lucia, "Influence of Natural Biomaterials on the Elastic Properties of Starch-Derived Films: An Optimization Study," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 45, no. 2, pp. 627–633, 2006.
- [6] S. Puspitasari, "Plastik Biodegradable Berbasis Kulit Singkong dan Aplikasinya dalam Bidang Pangan," Universitas Katolik Soegijapranata, 2022.
- [7] H. Sekarmanah, "Pengaruh Penambahan Pati Kulit Singkong (*Mannihot esculenta*) terhadap Pembuatan Bioplastik Berbasis Kitosan Kulit Udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*) dengan Penggunaan Plasticizer Gliserol," UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2023.

- [8] S. Nurrahmi, S. Nuraisyah, and Hernawati, "Pengaruh Penambahan Pati dan Plasticizer Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Plastik Biodegradable," *J. Fis. dan Ter.*, vol. 7, no. 2, pp. 128–138, 2020, doi: 10.24252/jft.v7i2.18267.
- [9] M. R. Utami, Latifah, and N. Widiarti, "Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 163–167, 2014.
- [10] Y. Darni and H. Utami, "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum," *J. Rekayasa Kim. dan Lingkung.*, vol. 7, no. 4, pp. 88–93, 2010.
- [11] G. P. Lazuardi and S. E. Cahyaningrum, "Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan dan Pati Singkong dengan Plasticizer Gliserol," *UNESA J. Chem.*, vol. 2, no. 3, pp. 161–166, 2013.
- [12] A. Martiana, "Pengaruh Penambahan Pati Kulit Singkong (*Manihot esculenta*) terhadap Pembuatan Bioplastik Berbasis Kitosan Cangkang Pupa Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dengan Plasticizer Gliserol sebagai Polybag Tanaman," UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2023.
- [13] R. Rahmayetty *et al.*, "Optimasi Konsentrasi Polietilen Glikol untuk Kuat Tarik, Elongasi, dan Biodegradasi dalam Tanah pada Edible Film Selulosa Asetat," *J. Integr. Proses*, vol. 14, no. 1, pp. 166–171, 2025.
- [14] Asjun, Asnani, and R. F. Faradilla, "Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemlastis Polietilen Glikol," *J. Sains dan Inov. Perikan.*, vol. 7, no. 1, pp. 50–62, 2023, doi: 10.33772/jsipi.v7i1.214.
- [15] P. Nurhidayah, A. C. K. Fitri, and Y. E. Fajarwati, "Analisa Uji Biodegradasi Bioplastik dari Pati Kulit Singkong dengan Variasi Volume Gliserol, Selulosa Jerami Padi, dan Kitosan," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan, dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*, Malang, Indonesia: Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggadewi, 2023, p. A6.1-A6.8.
- [16] E. Susilowati and A. E. Lestari, "Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film Kitosan Pati Biji Alpukat (KIT-PBA)," *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.)*, vol. 4, no. 3, pp. 197–204, 2019.
- [17] E. O. Ningrum, L. Ardiani, N. A. Rohmah, and N. F. Puspita, "Modifikasi Biokomposit Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) dan Pektin untuk Aplikasi Edible Film," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan"*, pp. B6-1-B6-6, 2019.
- [18] Y. D. Hartatik, L. Nuriyah, and Iswarin, "Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik," Univeristas Brawijaya, 2013.
- [19] K. Katsoulis and M. Rovoli, "Optimization of Chitin Extraction, Physicochemical and Functional Properties of Chitosan Production from Shells of Karamote Shrimp *Peneaus (Melicertus)* Kerathurus in Western Greece," *J. Vet. Sci. Med.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [20] H. Muhlis, A. D. Pradana, and U. Leoanggraini, "Pemurnian Kitosan Hasil Fermentasi Limbah Cangkang Kepiting menggunakan Pelarut Asam Asetat," *J. Fluida*, pp. 57–64, 2021.
- [21] I. Aranaz *et al.*, "Chitosan: An Overview of Its Properties and Applications," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 3256, pp. 1–27, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/polym13193256>
- [22] R. H. Petrucci, W. S. Harwood, F. G. Herring, and J. D. Madura, *Kimia Dasar Pinsip-Prinsip & Aplikasi Modern Edisi 9 Jilid 1*, 9th ed. Jakarta: Erlangga, 2011.
- [23] C. D. Triastiningrum and A. Purnomo, "Perbandingan Kemampuan Kitosan dari Limbah Kulit Udang dengan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan Air dari Outlet Bak Prasedimentasi IPAM Ngagel II," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 272–278, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.18968.
- [24] P. Coniwanti, D. Pertiwi, and D. M. Pratiwi, "Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Gliserol

- dan VCO (Virgin Coconut Oil) terhadap Karakteristik Edible Film dari Tepung Aren,” *J. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 2, pp. 17–24, 2014.
- [25] N. Musita, “Kajian Kandungan dan Karakteristik Pati Resisten dari Berbagai Varietas Pisang,” *Tek. Industri dan Has. Pertan.*, vol. 14, no. 1, pp. 68–79, 2009.
- [26] S. R. Utami, “Pengaruh Konsentrasi Kitosan dan Waktu Pengadukan terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Onggok Aren (*Arenga pinnata*) dengan Plasticizer Gliserol dan Sorbitol,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [27] Y. E. Agustin and K. S. Padmawijaya, “Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif,” *J. Tek. Kim.*, vol. 10, no. 2, pp. 40–48, 2016.
- [28] M. Z. I. Mollah, N. Akter, F. B. Quader, S. Sultana, and R. A. Khan, “Biodegradable Colour Polymeric Film (Starch-Chitosan) Development: Characterization for Packaging Materials,” *Open J. Org. Polym. Mater.*, vol. 06, no. 01, pp. 11–24, 2016, doi: 10.4236/ojopm.2016.61002.
- [29] S. Purnavita, D. Y. Subandriyo, and A. Anggraeni, “Penambahan Gliserol terhadap Karakteristik Bioplastik dari Komposit Pati Aren dan Glukomanan,” *Metana Media Komun. Rekayasa Proses dan Teknol. Tepat Guna*, vol. 16, no. 1, pp. 19–25, 2020, doi: 10.14710/metana.v16i1.29977.
- [30] C. A. Prameswari *et al.*, “Sintesis Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dan Kitosan Kulit Larva Black Soldier Fly dengan Penambahan Polyethylene Glycol sebagai Plasticizer,” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 2019, pp. 4454–4461, 2022.
- [31] H. Wu *et al.*, “Effect of Citric Acid Induced Crosslinking on the Structure and Properties of Potato Starch/Chitosan Composite Films,” *Food Hydrocoll.*, vol. 97, no. 105208, 2019, doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105208.
- [32] M. L. Sanyang, S. M. Sapuan, M. Jawaid, M. R. Ishak, and J. Sahari, “Effect of Plasticizer Type and Concentration on Physical Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (*Arenga pinnata*) Starch for Food Packaging,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 53, no. 1, pp. 326–336, 2016, doi: 10.1007/s13197-015-2009-7.
- [33] R. Priyadarshi, Sauraj, B. Kumar, and Y. S. Negi, “Chitosan Film Incorporated with Citric Acid and Glycerol as an Active Packaging Material for Extension of Green Chilli Shelf Life,” *Carbohydr. Polym.*, 2018, doi: 10.1016/j.carbpol.2018.04.089.
- [34] A. N. C. Saputro and A. L. Ovita, “Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*),” *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.)*, vol. 2, no. 1, pp. 13–21, 2017.
- [35] Y. L. I., G. S. Hutomo, and A. Rahim, “Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon sp.*),” *e-J. Agrotekbis*, vol. 2, no. 1, pp. 38–46, 2014.
- [36] *JIS Z 1707:2019 General Rules of Plastic Films for Food Packaging*. Tokyo: Japanese Standards Association (JSA), 2019. [Online]. Available: https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=JIS+Z+1707%3A2019
- [37] R. R. R. Sardari *et al.*, “Evaluation of the Production of Exopolysaccharides by Two Strains of the Thermophilic Bacterium *Rhodothermus Marinus*,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 156, pp. 1–8, 2017, doi: 10.1016/j.carbpol.2016.08.062.
- [38] M. Afif, N. Wijayati, and S. Mursiti, “Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 103–109, 2018.