



## Pembuatan Bioplastik dari Sekam Padi Menggunakan Sorbitol sebagai *Plasticizer*

Dimas Tirtayasa Rachman Hakim\*<sup>1</sup>, Kiagus Ahmad Roni<sup>2</sup>

\*<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Palembang, Palembang, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [dimasti.rachakim@gmail.com](mailto:dimasti.rachakim@gmail.com)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioplastik biodegradable yang berbahan dasar sekam padi, dengan penambahan kitosan dan sorbitol sebagai bahan penguat dan plasticizer. Sekam padi mengandung selulosa yang dapat diekstraksi dan digunakan untuk pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan. Proses pembuatan dimulai dengan ekstraksi selulosa dari sekam padi, dilanjutkan dengan pencampuran kitosan dan sorbitol dalam larutan asam asetat 2%. Bioplastik yang dihasilkan diuji untuk mengetahui sifat mekanik seperti kekuatan tarik (*tensile strength*), elongasi, dan daya serap air (*swelling*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kitosan meningkatkan kekuatan tarik bioplastik, sementara sorbitol meningkatkan kelenturan dan fleksibilitasnya. Formulasi optimal diperoleh pada konsentrasi 1,5 g kitosan dan 4,0 mL sorbitol, yang menghasilkan bioplastik dengan ketahanan terhadap air yang baik, kekuatan tarik yang memadai, dan elongasi yang cukup tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa sekam padi dapat dijadikan bahan baku yang efektif untuk pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

**Kata kunci**— Bioplastik, Sekam Padi, Kitosan, Sorbitol, Ramah Lingkungan.

### **Abstract**

This study aims to develop biodegradable plastic based on rice husk, with the addition of chitosan and sorbitol as reinforcing agents and plasticizers. Rice husk contains cellulose that can be extracted and used for the production of environmentally friendly bioplastics. The process begins with the extraction of cellulose from rice husk, followed by the mixing of chitosan and sorbitol in a 2% acetic acid solution. The resulting bioplastics were tested for mechanical properties such as tensile strength, elongation, and water absorption (*swelling*). The results showed that the addition of chitosan improved the tensile strength of the bioplastic, while sorbitol enhanced its flexibility and elongation. The optimal formulation was found at a concentration of 1.5 g chitosan and 4.0 mL sorbitol, which produced bioplastics with good water resistance, adequate tensile strength, and sufficient elongation. This study demonstrates that rice husk can be an effective raw material for producing environmentally friendly and sustainable bioplastic.

**Keywords**—Bioplastic, Rice Husk, Chitosan, Sorbitol, Environmentally Friendly

## 1. PENDAHULUAN

Sampah plastik masih menjadi masalah lingkungan yang sulit diselesaikan. Tidak hanya di Indonesia tapi di seluruh negara-negara di dunia. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Indonesia, sampah yang dihasilkan Indonesia pada tahun 2023 sebesar 38,8 juta ton. Angka ini bahkan lebih tinggi dari tahun-tahun sebelumnya. Di bulan ke-11 tahun 2024 sendiri dilaporkan 38,4 juta ton lebih timbunan sampah plastik yang dihasilkan [1]. Hal ini tidak sebanding dengan penanganan sampah yang dilakukan di Indonesia yang dimana menurut KLHK hanya sebesar 11% atau sekitar 5 juta ton di tahun 2023 sendiri. Hal ini berarti masih tersisa 89% sampah yang belum di kelola di Indonesia pada tahun 2023 [2].

Untuk merealisasikan Indonesia bebas sampah plastik sepertinya cukup sulit. Mengingat tingkat presentasi penanganan sampah yang rendah serta ditambah daya konsumsi plastik oleh masyarakat Indonesia yang masih cukup tinggi. Perlunya ada inovasi terbaru untuk mengganti penggunaan plastik konvensional yang terbuat dari bahan polimer sintesis dimana bahan ini merupakan bahan *non-degradable* atau tidak bisa terurai secara alami.

*Bio-degradable Plastic* atau Plastik yang bisa terurai secara alami oleh lingkungan merupakan salah satu inovasi terbaru yang ditemukan oleh beberapa ahli dan terus memberikan inovasi terbaru agar menciptakan lingkungan yang bebas sampah plastik [3]. Maka bioplastik atau plastik yang bisa terurai secara alami merupakan solusi terbaik untuk mengurangi dampak masalah lingkungan akibat sampah plastik.

Selulosa adalah komponen utama dalam pembuatan biopolimer yang dapat diperoleh dari berbagai sumber pertanian [4]. Salah satu sifat penting dari selulosa adalah kemampuannya untuk bersifat termoplastik, yang memungkinkan biopolimer ini untuk dipanaskan dan dibentuk menjadi film atau produk lainnya. Dengan sifat ini, selulosa memiliki potensi besar dalam pengembangan produk yang dapat digunakan untuk menggantikan plastik konvensional.

Keunggulan lain dari biopolimer berbasis selulosa adalah ketersediaannya yang terbarukan (*renewable*), karena bahan baku ini berasal dari tanaman yang dapat ditanam setiap tahun [5]. Selain itu, biopolimer selulosa juga memiliki sifat *biodegradable*, yang memungkinkan material ini untuk terurai secara alami di lingkungan tanpa menimbulkan polusi yang lama [6]. Hal ini menjadikannya alternatif yang ramah lingkungan untuk plastik berbahan dasar minyak bumi. Oleh karena itu, sekam padi memiliki potensi sebagai inovasi baru dalam pembuatan bioplastik yang bisa membantu mengurangi angka produksi sampah plastik di Indonesia.

Dalam pembuatannya, bioplastik membutuhkan *plasticizer* alami atau zat yang dapat memberikan tekstur kelenturan dan fleksibilitas sehingga dapat memberikan fungsi seperti plastik konvensional pada umumnya [7]. Karena, berbeda dari plastik konvensional, bioplastik sering kali rapuh dan kurang fleksibel. Maka dari itu penggunaan *plasticizer* sangat penting untuk memastikan material tersebut lebih mudah dibentuk dan memiliki daya tahan yang baik.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, *plasticizer* yang biasa digunakan untuk pembuatan bioplastik ialah Glycerol/Gliserol. Gliserol merupakan *plasticizer* yang ramah lingkungan dan terbuat dari sumber terbarukan yang mudah diperoleh dari sumber bahan organik seperti minyak nabati dan biodiesel [8]. Seiring berjalannya waktu, terdapat beberapa inovasi terbaru *plasticizer* yang digunakan untuk pembuatan bioplastik seperti sorbitol. Sorbitol merupakan *plasticizer* yang berasal dari bahan alami seperti jagung dan bahan lainnya yang mudah terurai di alam [9].

Penelitian berjudul “Penambahan Sorbitol Sebagai *Plasticizer* dalam Pembuatan *Edible Film* Pati Sukun” menunjukkan bahwa penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dengan konsentrasi yang bervariasi mempengaruhi sifat ketebalan, laju transmisi uap air, kekuatan tarik, dan elongasi pada *edible film* pati sukun. *Edible film* dengan konsentrasi sorbitol 0,4% (perlakuan S1) dipilih sebagai yang terbaik karena menghasilkan *edible film* yang hampir memenuhi standar kualitas untuk digunakan sebagai kemasan produk pangan [9].

Dalam proses pembuatan bioplastik, kitosan berfungsi sebagai bahan penstabil yang sangat penting. Kitosan, yang merupakan derivatif dari selulosa eter, digunakan dalam proses gelasi melalui pemanasan, menghasilkan film yang memiliki kualitas sangat baik [10]. Salah satu

keunggulan kitosan adalah kemampuannya dalam mengikat air dengan efektif. Hal ini disebabkan oleh gel *strength* kitosan yang tinggi, yang membantu meningkatkan persentase pemanjangan pada bioplastik, menjadikannya lebih elastis dan lebih fleksibel [10].

Untuk memperoleh kualitas bioplastik yang optimal, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi *plasticizer* yang digunakan dalam formulasi. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan komposisi kitosan dan *plasticizer* sorbitol terbaik dalam pembuatan bioplastik berbahan dasar sekam padi, guna menghasilkan produk yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memiliki sifat mekanik yang baik.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Ekstraksi Selulosa dari Sekam Padi

Sekam Padi dibersihkan dari kotoran dan dijemur dibawah matahari selama 24 jam. Sekam padi yang telah kering dihancurkan dan di saring dengan ukuran 80 *mesh* menjadi berbentuk seperti bubuk. Sekam Padi yang telah berbentuk bubuk di diamkan dalam larutan Methanol selama 7 hari. Residu dari perendaman ditambahkan dengan 300 mL larutan 5% dari NaOH + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Campuran ditambahkan dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% sampai pH mencapai 3-4. Lalu residue dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C sampai mendapatkan berat yang konstan.

### 2.2 Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dilakukan dalam dua tahap utama. Pada tahap pertama, kitosan dilarutkan ke dalam larutan asam asetat 2% menggunakan *Magnetic Stirrer* selama satu jam. Larutan yang dihasilkan kemudian disaring. Selama proses pengadukan, larutan berubah menjadi bening putih dengan gelembung-gelembung udara yang terbentuk akibat pengadukan tersebut.

Pada tahap kedua, sekam padi yang telah diekstrak selulosa dan berwujud bubuk ditambahkan ke dalam larutan kitosan. Selanjutnya, sorbitol ditambahkan ke dalam campuran ini untuk berfungsi sebagai *plasticizer* yang memberikan sifat kelenturan pada bioplastik yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan dua variabel yang masing-masing memiliki tiga dan lima tingkat konsentrasi. Variabel pertama adalah konsentrasi kitosan dengan variasi 1 gr, 1,5 gr, dan 2 gr. Variabel kedua adalah konsentrasi sorbitol dengan variasi 3 ml, 3,5 ml, 4 ml, 4,5 ml, dan 5 ml. Campuran ini kemudian dipanaskan dan diaduk menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 70°C. Setelah proses pemanasan, campuran tersebut dicetak menggunakan cetakan berbahan dasar polietilen, kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam.

### 2.3 Uji Hasil

#### 2.3.1 Uji Swelling

Pengujian daya serap air atau persentase swelling dilakukan mengikuti metode yang digunakan oleh AOAC (1983). Pada uji ini, plastik dipotong menjadi ukuran 3 cm x 3 cm, dan sampel kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat awal. Besarnya daya serap air dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\% \text{ Swelling} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Ket:

W = Berat setelah direndam (gr)

W<sub>0</sub> = Berat mula-mula (gr)

#### 2.3.2 Uji Tarik

Sampel yang akan diuji terlebih dahulu dikondisikan dalam ruang dengan temperatur dan kelembaban standar (23±2°C, 52%) selama 24 jam. Sampel kemudian dipotong sesuai dengan standar ukuran, yaitu 3 x 3 cm. Pengujian dilakukan dengan cara menjepit kedua ujung sampel

didalam mesin UTM, kemudian mengukur panjang awal sebelum diberikan beban tambahan. Setelah pencatatan panjang awal, sampel yang telah dijepit diberikan beban secara bertahap. Pengujian ini diulang untuk sampel berikutnya dengan prosedur yang sama menggunakan Formula (1).

$$\text{Kekuatan tarik (kg/cm}^2\text{)} = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

F = Gaya Kuat Tarik (kg)

A = Luas Penampang (cm<sup>2</sup>)

### 2.3.3 Uji Elongasi

Pengukuran elongasi dilakukan dengan prosedur yang sama seperti pada pengujian kuat tarik. Elongasi dinyatakan dalam bentuk persentase, yang dihitung dengan menggunakan Rumus (3).

$$\% \text{ Elongasi} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

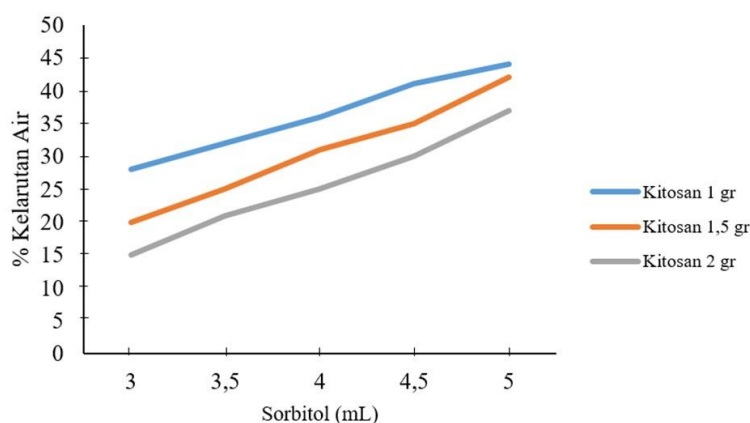
l = panjang sampel setelah putus (cm)

l<sub>0</sub> = Panjang awal sampel (cm)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Uji Swelling

Ketahanan bioplastik terhadap air diuji menggunakan metode uji kelarutan air, yang bertujuan untuk menilai sejauh mana bioplastik dapat mempertahankan integritasnya setelah terpapar medium berair. Prinsip dasar pengujian ini adalah dengan membandingkan massa awal bioplastik kering dengan massa akhirnya setelah direndam dalam air dan dikeringkan ulang. Penurunan massa menunjukkan jumlah fraksi bioplastik yang larut selama perendaman. Dengan kata lain, semakin kecil persentase kelarutan, semakin tinggi ketahanan bioplastik terhadap air.



Gambar 1 Grafik Perbandingan Hasil Uji *Swelling*

Hasil uji *swelling* seperti Gambar 1 menunjukkan bahwa ketahanan bioplastik sekam padi terhadap air sangat bergantung pada variasi jumlah kitosan dan sorbitol. Secara umum, peningkatan konsentrasi kitosan menghasilkan bioplastik yang lebih tahan air, sedangkan penambahan sorbitol menyebabkan penurunan ketahanan terhadap air.

Kitosan memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan air karena sifat *film-forming* yang dimilikinya serta kemampuannya untuk membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan selulosa, hal ini membuat struktur bioplastik lebih rapat dan lebih sulit ditembus oleh molekul air [10]. Misalnya, dengan konsentrasi kitosan 2 gram dan sorbitol 3 ml, kelarutan bioplastik hanya mencapai sekitar 15%, yang menunjukkan ketahanan terhadap air yang sangat baik. Ini menunjukkan bahwa kitosan berperan penting dalam memperkuat dan memperkokoh struktur matriks bioplastik.

Di sisi lain, sorbitol, yang digunakan sebagai *plasticizer*, cenderung meningkatkan kelarutan bioplastik dalam air. Sifat hidrofilik sorbitol membuatnya mudah menarik molekul air ke dalam matriks bioplastik [11]. Semakin tinggi konsentrasi sorbitol, bioplastik menjadi lebih fleksibel namun lebih rentan terhadap penyerapan air. Misalnya, pada kombinasi kitosan 1 gram dan sorbitol 5 ml, kelarutan mencapai 44%, menunjukkan penurunan yang signifikan dalam ketahanan air dibandingkan perlakuan lainnya.

Interaksi antara kitosan dan sorbitol memperlihatkan adanya *trade-off* antara ketahanan terhadap air dan fleksibilitas. Kitosan yang lebih banyak memberikan ketahanan yang baik, tetapi membuat film menjadi lebih kaku, sedangkan sorbitol yang lebih tinggi meningkatkan elastisitas tetapi mengurangi ketahanan terhadap air [12]. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi yang optimal untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat yang seimbang. Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi kitosan 1,5–2 gram dengan sorbitol 3–3,5 ml diperkirakan memberikan hasil terbaik, yaitu memiliki ketahanan air yang cukup baik sambil tetap menjaga fleksibilitas bioplastik.

Bioplastik berbasis lignoselulosa, seperti yang berasal dari sekam padi, cenderung memiliki sifat hidrofilik, karena selulosa dan hemiselulosa mengandung gugus hidroksil ( $-OH$ ) yang mudah membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Hal ini menyebabkan bioplastik berbasis selulosa murni lebih mudah menyerap air dan kehilangan sifat mekaniknya.

Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menyatakan bahwa penambahan *plasticizer* hidrofilik dapat menurunkan sifat penghalang film terhadap kelembaban [13]. Hasil penelitian Zhang, dkk juga menunjukkan bahwa peningkatan kadar kitosan memperbaiki ketahanan air bioplastik [14]. Dengan demikian, kombinasi kitosan dan sorbitol diharapkan dapat menemukan titik optimum antara fleksibilitas dan ketahanan terhadap air pada bioplastik berbasis sekam padi.

Temuan ini juga sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa *plasticizer* hidrofilik seperti sorbitol dapat menurunkan ketahanan terhadap air [9] sementara penambahan kitosan memperkuat penghalang terhadap penetrasi air [10]. Oleh karena itu, variasi formulasi kitosan dan sorbitol sangat mempengaruhi sifat fungsional bioplastik dari sekam padi.

Kitosan, polimer alami hasil deasetilasi kitin, memiliki kemampuan membentuk film tipis yang kuat dan relatif lebih tahan terhadap air. Struktur kitosan yang kaya akan gugus amina ( $-NH_2$ ) dan hidroksil ( $-OH$ ) memungkinkannya berikatan dengan selulosa melalui ikatan hidrogen, yang memperkecil pori-pori matriks bioplastik dan menurunkan permeabilitas air [15]. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi kitosan diharapkan dapat meningkatkan ketahanan bioplastik terhadap air.

Sorbitol digunakan sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik dengan menurunkan gaya tarik antar rantai polimer, yang membuat struktur menjadi lebih elastis. Namun, karena sorbitol bersifat hidrofilik, peningkatan konsentrasinya justru memfasilitasi penyerapan air ke dalam bioplastik, sehingga menurunkan ketahanan terhadap air [16]. Berdasarkan hal tersebut, dapat diperkirakan bahwa kombinasi kitosan dan sorbitol akan menentukan sifat ketahanan air bioplastik sekam padi. Formulasi dengan kitosan tinggi dan sorbitol rendah diprediksi memberikan ketahanan air yang baik tanpa mengorbankan fleksibilitas bioplastik [12].

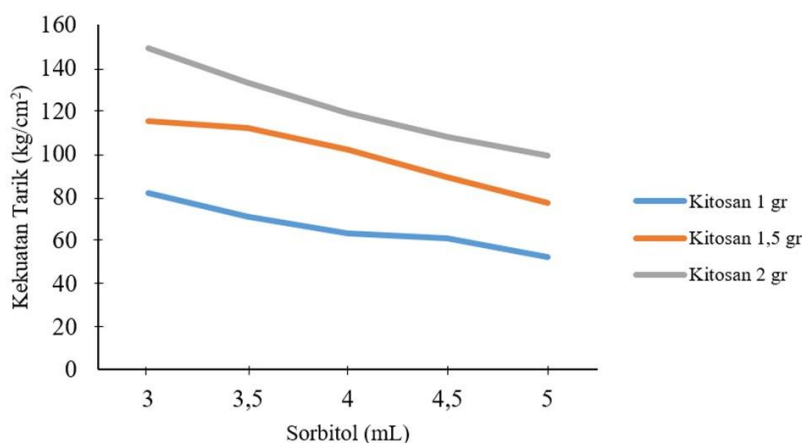
### 3.2 Hasil Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu metode standar untuk mengukur sifat mekanik suatu material polimer, termasuk bioplastik [17]. Prinsip pengujian ini adalah memberikan gaya tarik

secara bertahap pada sampel hingga mengalami deformasi dan akhirnya putus. Parameter utama yang diukur adalah kekuatan tarik (*tensile strength*) dan persentase perpanjangan (elongasi).

*Tensile strength* didefinisikan sebagai gaya maksimum yang dapat ditahan material sebelum putus per satuan luas penampang (ASTM D882). Nilai ini menggambarkan kekuatan material dalam menahan beban. Semakin tinggi nilai *tensile strength*, semakin kuat bioplastik menahan gaya tarik [18].

Uji tarik seperti Gambar 2 dilakukan untuk mengetahui kekuatan bioplastik dalam menahan gaya sebelum mengalami kerusakan atau putus. Parameter *tensile strength* menunjukkan besarnya gaya maksimum per satuan luas yang dapat ditahan oleh bioplastik [19].



Gambar 2 Grafik Perbandingan Hasil Uji Tarik

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai *tensile strength* meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi kitosan dalam bioplastik. Hal ini disebabkan oleh kemampuan kitosan untuk membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan serat selulosa yang terdapat pada bioplastik, terutama setelah melalui proses delignifikasi pada sekam padi. Ikatan hidrogen ini memperkuat matriks bioplastik, membuat struktur film menjadi lebih kokoh dan lebih tahan terhadap tekanan atau gaya tarik yang diberikan [10].

Pada formulasi dengan kitosan 2,0 g dan sorbitol 3,0 mL, diperoleh *tensile strength* tertinggi sebesar 149 kg/cm<sup>2</sup>. Meskipun nilai *tensile strength* ini tergolong tinggi, film bioplastik yang dihasilkan cenderung menjadi lebih kaku dan mudah retak apabila diberikan beban tarik yang berlebihan. Ini disebabkan oleh sifat kitosan yang berperan memperkuat struktur, tetapi juga membuat bioplastik kurang fleksibel jika digunakan dalam konsentrasi yang tinggi.

Sebaliknya, penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* justru memiliki efek sebaliknya pada *tensile strength*. Sorbitol berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik dengan mengurangi gaya tarik antar rantai polimer dalam matriks bioplastik, sehingga menghasilkan struktur yang lebih elastis dan lentur [9]. Namun, sorbitol juga memiliki sifat hidrofilik, yang dapat menyebabkan bioplastik lebih mudah menyerap air, sehingga dapat mengurangi daya tahan terhadap air dan menyebabkan penurunan ketahanan secara keseluruhan [13]. Pada formulasi dengan kitosan 1,0 g dan sorbitol 5,0 mL, *tensile strength* menurun hingga 52 kg/cm<sup>2</sup>, yang menunjukkan penurunan signifikan dalam ketahanan terhadap gaya tarik. Hal ini terjadi karena sorbitol membuat struktur film lebih longgar, memudahkan deformasi material [11].

Dari temuan ini, dapat disimpulkan bahwa kitosan berperan sebagai penguat *tensile strength*, sementara sorbitol berfungsi melemahkan ketahanan jika ditambahkan dalam jumlah berlebihan. Penambahan sorbitol yang terlalu banyak mengurangi kekakuan film dan meningkatkan fleksibilitas, tetapi juga mengurangi daya tahan terhadap air dan ketahanan tariknya.

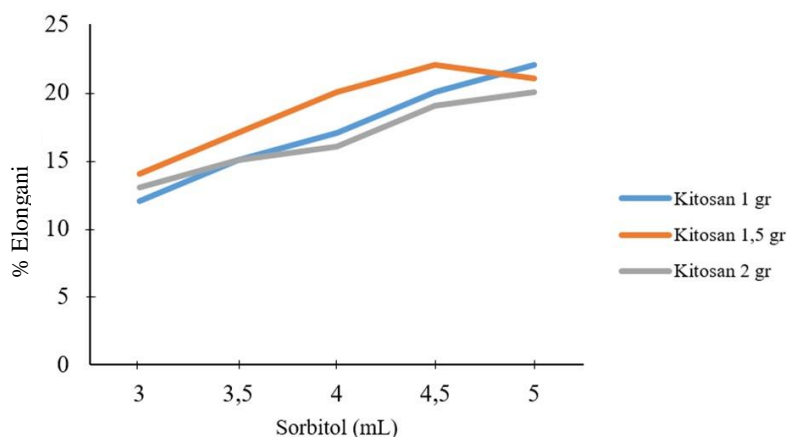
Dalam penelitian ini, formulasi yang seimbang diperlukan untuk menghasilkan bioplastik yang memiliki sifat mekanik yang baik. Kombinasi kitosan 1,5 g dengan sorbitol 3,5–4,0 mL

diperkirakan memberikan hasil terbaik dalam hal *tensile strength* dan fleksibilitas. Dengan nilai *tensile strength* sekitar 102–112 kg/cm<sup>2</sup>, bioplastik ini cukup kuat untuk aplikasi kemasan, namun tetap mempertahankan fleksibilitas yang cukup tinggi. Ini menunjukkan bahwa dengan mencampurkan kitosan dalam jumlah moderat dengan sorbitol, dapat dicapai keseimbangan antara ketahanan tarik dan kelenturan bioplastik.

### 3.3 Hasil Uji Elongasi

Elongasi adalah persentase peningkatan panjang suatu material saat diberikan tarikan hingga material tersebut putus, dibandingkan dengan panjang awalnya. Parameter ini menggambarkan kelenturan atau fleksibilitas material [20]. Material yang memiliki nilai elongasi tinggi umumnya lebih elastis, sehingga tidak mudah patah atau rusak ketika diberikan tarikan. Sebaliknya, material dengan elongasi rendah menunjukkan sifat kaku dan rapuh, mudah patah atau pecah di bawah tekanan atau tarikan [20].

Pengujian elongasi seperti pada Gambar 3 pada bioplastik sangat penting karena memberikan wawasan mengenai keseimbangan antara kekuatan dan fleksibilitas, dua sifat yang krusial dalam aplikasi bioplastik [21]. Misalnya, dalam pembuatan bahan kemasan, bioplastik harus memiliki kemampuan untuk menahan tarikan dan tekanan, namun tetap memiliki elastisitas yang cukup agar dapat digunakan dalam berbagai bentuk dan aplikasi tanpa mudah rusak.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Hasil Uji Elongasi

Hasil pengujian elongasi menunjukkan bahwa penambahan sorbitol, yang berfungsi sebagai *plasticizer*, dapat meningkatkan nilai elongasi bioplastik. Sebagai contoh, pada formulasi dengan kitosan 1,0 g dan sorbitol 5,0 mL, elongasi mencapai 21%, yang lebih tinggi dibandingkan dengan formulasi menggunakan sorbitol 3,0 mL, yang hanya menghasilkan elongasi 13%. Peningkatan elongasi ini disebabkan oleh sifat hidrofilik dari sorbitol yang dapat mengurangi gaya kohesi antara rantai polimer dalam matriks bioplastik, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas material [13].

Namun, penambahan kitosan dalam jumlah yang lebih tinggi justru cenderung menurunkan elongasi bioplastik. Misalnya, pada formulasi dengan kitosan 2,0 g dan sorbitol 3,0 mL, elongasi hanya mencapai 13%, yang menunjukkan bahwa meskipun bioplastik ini lebih kuat, ia cenderung lebih kaku dan kurang fleksibel. Fenomena ini menunjukkan adanya trade-off antara kekuatan dan fleksibilitas: semakin banyak kitosan, semakin kuat materialnya, namun fleksibilitasnya berkurang.

Formulasi dengan kitosan 1,5 g dan sorbitol 4,0 mL memberikan hasil terbaik dalam hal elongasi, mencapai 20%. Kombinasi ini menghasilkan bioplastik yang cukup fleksibel sehingga tidak mudah retak, namun tetap memiliki *tensile strength* yang memadai, yang menjadikannya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan.

Elongasi bukan hanya penting untuk menilai sifat fisik bioplastik, tetapi juga sangat menentukan performa bioplastik dalam aplikasinya, terutama untuk kemasan *biodegradable* yang harus cukup kuat untuk menahan beban, namun tetap elastis agar dapat membungkus berbagai produk tanpa mudah robek [21].

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi kitosan dan sorbitol sangat memengaruhi sifat mekanik dan ketahanan bioplastik berbasis sekam padi. Formulasi yang optimal, seperti kombinasi kitosan 1,5 g dan sorbitol 3,5–4,0 mL, menghasilkan bioplastik dengan elongasi yang cukup tinggi (20–22%), ketahanan air yang baik, serta tensile strength yang cukup memadai untuk aplikasi kemasan atau produk lain yang membutuhkan material *biodegradable* yang kuat dan elastis [12].

### 3.3 Pembahasan

Penelitian mengenai formulasi bioplastik berbasis sekam padi dengan variasi konsentrasi kitosan dan sorbitol menunjukkan hasil yang menarik terkait ketahanan terhadap air dan sifat mekaniknya. Penambahan kitosan dalam bioplastik dapat meningkatkan ketahanan terhadap air, berkat kemampuannya membentuk lapisan film yang padat, yang mengurangi sifat hidrofilik dari matriks selulosa [10]. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi sorbitol cenderung menurunkan ketahanan air karena sifat sorbitol yang menarik molekul air ke dalam struktur bioplastik, membuatnya lebih mudah menyerap air [13].

Formulasi dengan kitosan 2,0 g dan sorbitol 3,0 mL menghasilkan nilai kelarutan air yang paling rendah, sekitar 15%, yang menunjukkan ketahanan terhadap air yang sangat baik. Kitosan berfungsi sebagai penguat utama yang meningkatkan *tensile strength* (kekuatan tarik) bioplastik, sedangkan sorbitol, meskipun berperan sebagai *plasticizer* yang meningkatkan kelenturan, dapat menurunkan kekuatan tarik bioplastik jika digunakan berlebihan [20].

Pada formulasi dengan kitosan 2,0 g dan sorbitol 3,0 mL, diperoleh *tensile strength* tertinggi, yaitu 149 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik ini memiliki kekuatan tarik yang sangat baik, meskipun cenderung kaku dan kurang fleksibel. Ini menjadikannya kurang cocok untuk aplikasi yang membutuhkan elastisitas lebih tinggi. Di sisi lain, penambahan sorbitol yang lebih banyak, seperti pada formulasi sorbitol 5,0 mL dan kitosan 1,0 g, menghasilkan elongasi tertinggi, mencapai 22%. Namun, elongasi yang tinggi ini disertai dengan penurunan signifikan pada tensile strength, yang hanya mencapai 52 kg/cm<sup>2</sup>, menunjukkan bahwa fleksibilitas yang lebih besar dapat mengurangi ketahanan terhadap gaya tarik.

Formulasi yang dianggap paling seimbang, yaitu dengan kitosan 1,5 g dan sorbitol 4,0 mL, memberikan hasil yang optimal. Bioplastik ini menunjukkan ketahanan air yang baik, dengan nilai kelarutan yang cukup rendah, sekitar 20% elongasi, yang menunjukkan fleksibilitas yang baik, namun tetap mempertahankan tensile strength yang memadai, yakni 112 kg/cm<sup>2</sup>. Kombinasi ini menghasilkan bioplastik dari sekam padi yang tidak hanya kuat, tetapi juga lentur dan tahan terhadap air. Dengan sifat mekanik yang seimbang antara kekuatan dan kelenturan, formulasi ini menjanjikan aplikasi bioplastik sebagai bahan pengganti plastik konvensional yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai industri, seperti kemasan *biodegradable*.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian hasil formulasi bioplastik dari sekam padi dengan variasi kitosan (1,0; 1,5; 2,0 gram) dan sorbitol (3,0 ; 3,5 ; 4 ; 4,5 ;5,0 mL), dapat disimpulkan hal-hal berikut:

### 1. Ketahanan terhadap Air

Penambahan kitosan meningkatkan ketahanan bioplastik terhadap air karena kemampuannya membentuk film yang padat dan mengurangi sifat hidrofilik dari matriks selulosa. Sebaliknya, peningkatan sorbitol menurunkan ketahanan air karena sifatnya yang hidrofilik. Kombinasi optimum diperoleh pada kitosan 2,0 g dan sorbitol 3,0 mL, dengan hasil kelarutan air paling rendah (15%), menunjukkan ketahanan air yang tinggi.

## 2. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kitosan berperan sebagai penguat utama yang meningkatkan *tensile strength*, sedangkan sorbitol menurunkannya jika digunakan secara berlebihan. Formulasi dengan kitosan 2,0 g dan sorbitol 3,0 mL menghasilkan *tensile strength* tertinggi (149 kg/cm<sup>2</sup>). Namun, formulasi ini cenderung kaku dan kurang fleksibel untuk aplikasi yang memerlukan kelenturan.

## 3. Elongasi (*Persentase Perpanjangan*)

Sorbitol berfungsi sebagai *plasticizer* yang meningkatkan kelenturan bioplastik, ditunjukkan oleh peningkatan nilai elongasi. Formulasi dengan sorbitol 5,0 mL dan kitosan 1,0 g menghasilkan elongasi tertinggi (22%), namun *tensile strength*-nya relatif rendah.

Kombinasi kitosan 1,5 g dan sorbitol 4,0 mL, memberikan hasil yang optimal. Bioplastik ini menunjukkan ketahanan air yang baik, dengan nilai kelarutan yang cukup rendah, sekitar 20% elongasi, yang menunjukkan fleksibilitas yang baik, namun tetap mempertahankan *tensile strength* yang memadai, yakni 112 kg/cm<sup>2</sup>. Kombinasi ini menghasilkan bioplastik dari sekam padi yang tidak hanya kuat, tetapi juga lentur dan tahan terhadap air. Dengan sifat mekanik yang seimbang antara kekuatan dan kelenturan, formulasi ini menjanjikan aplikasi bioplastik sebagai bahan pengganti plastik konvensional yang ramah lingkungan dan memiliki potensi besar untuk digunakan dalam berbagai industri, seperti kemasan *biodegradable*.

## 5. SARAN

Sebagai langkah lanjutan dari penelitian ini, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut. Salah satunya adalah optimasi proses pembuatan bioplastik berbahan dasar sekam padi. Proses ekstraksi selulosa yang lebih efisien dapat dieksplorasi untuk meningkatkan hasil dan kualitas bioplastik yang dihasilkan, misalnya dengan modifikasi suhu, waktu pemanasan, atau jenis pelarut yang digunakan. Selain itu, penggunaan teknik komposit dengan menambahkan bahan lain, seperti pati atau polimer alami lainnya, dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan bioplastik terhadap faktor lingkungan.

Penelitian lanjutan juga dapat mengkaji pengaruh variasi konsentrasi kitosan dalam bentuk nanopartikel, yang berpotensi memperbaiki sifat mekanik dan mempercepat degradasi bioplastik. Perubahan dalam komposisi *plasticizer* seperti sorbitol dan gliserol juga dapat dieksplorasi lebih lanjut untuk mengoptimalkan fleksibilitas dan ketahanan bioplastik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, V.N. 25 Juni 2024. *RI Hasilkan 69.7 Juta Ton Sampah per-Tahun*. CNBC Indonesia News, (Online), ([www.cnbcindonesia.com/news](http://www.cnbcindonesia.com/news)), diakses 05 November 2024).
- [2] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2024. *Data Pengelolaan Sampah & RTH 2023*. Jakarta: KLHK
- [3] Bakar, S.N. 2022. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. *Sustainable Waste Management Policies in Indonesia*. Jakarta, April 2024.
- [4] Valle, C., Voss, M., Calcio Gaudino, E., Forte, C., Cravotto, G., & Tabasso, S. (2024). *Harnessing Agri-Food Waste as a Source of Biopolymers for Agriculture*. Applied Sciences, 14(10), 4089. <https://doi.org/10.3390/app14104089>
- [5] Kalla, N., et al. (2024). *Harnessing Agri-Food Waste as a Source of Biopolymers for*

- Agriculture*. Applied Sciences, 14(10), 4089. <https://doi.org/10.3390/app14104089>.
- [6] Hart-Cooper, W. M., Kalla, N., Klamczynski, A., Torres, L., Glenn, M. G., Cunniffe, J., Johnson, K., & Orts, W. J. (2024). *Predicting environmental biodegradability using initial rates: mineralization of cellulose, guar and their semisynthetic derivatives in wastewater and soil*. *Frontiers in Materials*, 10, 1331308. <https://doi.org/10.3389/fmats.2023.1331308>.
- [7] Wijaya, C. H., Rosiawari, I., & Mulyadi, M. (2018). *Sifat mekanis dan fisis bioplastik dari limbah kulit pisang dengan penambahan plasticizer gliserol dan sorbitol*. *Jurnal Kimia Kemasan*, 42(2), 66–73.
- [8] Santos, D. T., et al. (2020). *Valorization of biodiesel byproduct crude glycerol for the production of biodegradable films*. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(1), 1–10.
- [9] Harussani, M. M., Sapuan, S. M., Firdaus, A. H. M., El-Badry, Y. A., Hussein, E. E., & El-Bahy, Z. M. (2021). *Determination of the Tensile Properties and Biodegradability of Cornstarch-Based Biopolymers Plasticized with Sorbitol and Glycerol*. *Polymers*, 13(21), 3709.
- [10] Kocira, A., et al. (2021). *Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality—a review*. *Agronomy*, 11(5), 813.
- [11] Lusiana, S. W., Putri, D., Nurazizah, I. Z., & Bahrudin, B. (2019). *Bioplastic Properties of Sago-PVA Starch with Glycerol and Sorbitol Plasticizers*. *Journal of Ecological Engineering*, 25(4), 380–385.
- [12] Rahmatullah, R., Putri, R. W., Nurisman, E., Susmanto, P., Haryati, S., Waristian, H., Zulkifli, M., Minata, T. S. P., & Meidina, S. (2023). *Effects of Chitosan on the Characteristics of Sorbitol Plasticised Cellulose Acetate/Starch Bioplastics*. *Chemical Engineering Transactions*, 106, 259–264.
- [13] Hernández-Izquierdo, V. M., & Krochta, J. M. (2008). *Thermoplastic processing of proteins for film formation—A review*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(4), 167–182.
- [14] Zhang, X., et al. (2024). *Biodegradable plastic formulated from chitosan of *Aristeus antennatus* shrimp shells*. *Scientific Reports*, 14(1), 12345.
- [15] Escamilla-García, M., García García, M. C., Gracida-Rodríguez, J. N., & Regalado, C. (2022). *Properties and Biodegradability of Films Based on Cellulose and Cellulose Nanocrystals from Corn Cob in Mixture with Chitosan*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10560.
- [16] Ratna, R., Mutia, M., Darwin, D., Munawar, A. A., & Handayani, L. (2024). *Utilization of Tofu Liquid Waste for the Manufacture of Bioplastic Food Packaging*. SSRN.
- [17] ASTM International. (2014). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics (D638-14)*. ASTM International.
- [18] Instron. (2024). *ASTM D882 - Tensile Testing of Thin Plastic Film*. Instron.
- [19] Fitriyanti, F. (2023). *Studi Kuat Tarik Bioplastik dan Edible Film dengan Metode Bending ASTM D638-02A*. *SAINFIS: Jurnal Sains Fisika*, 3(1), 1–8.
- [20] Gabriel, A. A., Solikhah, A. F., & Rahmawati, A. (2021). *Tensile Strength and Elongation Testing for Starch-Based Bioplastics using Melt Intercalation Method: A Review*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858(1), 012028.
- [21] Muliawati, E. C., et al. (2025). *Peran Plasticizer dalam Meningkatkan Kinerja Bioplastik Kitosan Kulit Udang*. *Jurnal Tecnoscienza*, 9(2), 340–345.