

Submitted : 31 April 2025

Revised : 20 May 2025

Accepted : 16 June 2025

## OPTIMASI KONSENTRASI POLIETILEN GLIKOL UNTUK KUAT TARIK, ELONGASI, DAN BIODEGRADASI DALAM TANAH PADA *EDIBLE FILM* SELULOSA ASETAT

Rahmayetty Rahmayetty<sup>1,3\*</sup>, Putri Dwi Ramadani<sup>2</sup>, Raisa Astari<sup>2</sup>, Nuryoto Nuryoto<sup>1</sup>,  
Muhammad Triyogo Adiwibowo<sup>2,4</sup>, Meri Yulvianti<sup>2</sup>, Hendra Hendra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Kimia, Pascasarjana, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,  
Serang, 42122, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,  
Cilegon, 42435, Indonesia

<sup>3</sup>Laboratorium Biomaterial Terpadu dan Rekayasa Produk, Center of Excellence, Fakultas  
Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 42435, Indonesia

<sup>4</sup>Laboratorium Valorisasi Biomassa, Center of Excellence, Fakultas Teknik, Universitas Sultan  
Ageng Tirtayasa, Cilegon, 42435, Indonesia

\*Email: [rahmayetty@untirta.ac.id](mailto:rahmayetty@untirta.ac.id)

### Abstrak

Plastik konvensional yang digunakan sebagai kemasan makanan menimbulkan permasalahan serius karena ketahanannya terhadap panas yang rendah, serta potensi migrasi monomer ke dalam bahan yang dikemas. Permasalahan ini mendorong pencarian alternatif pengganti plastik dari sumber terbarukan yang aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan. Salah satu polimer alam yang menjanjikan untuk produksi bioplastik adalah selulosa asetat, yang dikenal ramah lingkungan, tidak beracun, bersifat antimikroba, dan biokompatibel. Untuk meningkatkan kekuatan mekanik *edible film* berbahan selulosa asetat, digunakan polietilen glikol (PEG) sebagai *plasticizer*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi PEG yang optimal dalam menghasilkan *edible film* dengan kekuatan terbaik dari segi kuat tarik, elongasi, dan biodegradasi tanah. Metode yang digunakan yaitu melarutkan 3 gram selulosa asetat ke dalam 30 mL aseton hingga larut sempurna, kemudian menambahkan PEG dengan variasi konsentrasi (1–5% v/v) dan diaduk hingga homogen. Larutan kemudian dicetak dalam cawan petri dan dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan kuat tarik tertinggi (22,29 MPa, ketebalan 0,13 mm) diperoleh pada penambahan PEG 2%. Nilai elongasi tertinggi (66,8%, ketebalan 0,19 mm) dan tingkat biodegradasi terbaik dengan kehilangan berat 36% pada hari ke-14 diperoleh pada PEG 5%. Konsentrasi PEG optimal berada pada 2% dengan nilai *tensile strength* paling mendekati standar minimal SNI.

**Kata Kunci:** Biodegradasi; Elongasi; Kuat tarik; Polietilen glikol; Selulosa asetat

### Abstract

Conventional plastic used as food packaging poses serious issues due to its low heat resistance and the potential for monomer migration into the packaged material. These problems have prompted the search for alternative plastics from renewable sources that are safe for health and environmentally friendly. One promising natural polymer for bioplastic production is cellulose acetate, known for its environmentally friendly properties, non-toxicity, antimicrobial characteristics, and biocompatibility. To enhance the mechanical strength of edible films based on cellulose acetate, polyethylene glycol (PEG) is used as a plasticizer. This study aims to determine the optimal PEG concentration to produce edible films with the best tensile strength, elongation, and soil biodegradation. The method involves dissolving 3 grams of cellulose acetate in 30 mL of acetone until completely dissolved, then adding PEG with varying concentrations (1–5% v/v) and stirring until homogeneous. The solution is then cast into petri dishes and dried at room temperature for 24 hours. The results showed that the highest tensile strength (22.29 MPa, thickness 0.13 mm) was obtained by adding 2% PEG. The highest elongation value (66.8%, thickness 0.19 mm) and the best

*biodegradation level with 36% weight loss on day 14 were obtained with 5% PEG. The optimal PEG concentration was found to be 2%, yielding a tensile strength closest to the minimum SNI standard.*

**Keywords:** *Biodegradable; Cellulose acetate; Elongation; Polyethylene glycol; Tensile strength*

## 1. PENDAHULUAN

Plastik telah menjadi bahan utama yang digunakan di berbagai sektor di Indonesia, seperti kemasan makanan dan minuman, elektronik, otomotif, dan alat tulis, karena sifatnya yang ringan, fleksibel, dan memiliki daya tahan baik. Namun, sebagian besar plastik konvensional yang digunakan adalah polimer sintesis *non-biodegradable*, sehingga memberikan kontribusi besar terhadap pencemaran lingkungan, terutama di lautan dan daratan. Selain itu, plastik konvensional yang digunakan sebagai bahan kemasan makanan dapat mengakibatkan migrasi monomer ke dalam makanan, yang berpotensi membahayakan kesehatan konsumen (Wibowo et al., 2023).

Pemanfaatan bahan alami yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan sebagai material utama dalam pembuatan *edible film* merupakan salah satu pendekatan yang efektif untuk menekan ketergantungan terhadap penggunaan plastik konvensional dalam kemasan pangan. *Edible film* memiliki peran penting dalam memperpanjang umur simpan makanan dengan memberikan perlindungan terhadap kontaminasi kimia, fisik, dan mikrobiologis. Dari berbagai jenis biopolimer alami, selulosa menonjol karena ketersediaannya yang melimpah, sifatnya yang terbarukan, dan kemampuannya membentuk film yang baik. Selulosa dan turunannya, seperti selulosa asetat, nanokristal selulosa, dan nanofiber selulosa, telah terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik, ketahanan terhadap uap air, serta memberikan sifat antibakteri dan antioksidan pada *edible film*. Hal ini menjadikan selulosa sebagai alternatif yang menjanjikan untuk menggantikan plastik berbasis minyak bumi dalam kemasan pangan (Zhang et al. 2021).

Selulosa asetat adalah biopolimer alami turunan dari selulosa yang berpotensi dijadikan bahan baku *edible film* karena bersifat ramah lingkungan, tidak beracun, dan mudah terdegradasi (Rahmayetty & Sulaiman, 2023). Struktur asimetrisnya dengan lapisan aktif yang sangat tipis memungkinkan penahanan zat terlarut pada bagian lapisan pendukung yang lebih kasar, sekaligus menciptakan keseimbangan antara sifat hidrofilik dan hidrofobik (Malhotra et al., 2015; Vatanpour et al. 2022). Meskipun demikian, film berbahan dasar selulosa asetat umumnya memiliki sifat yang kaku, sehingga diperlukan penambahan *plasticizer* untuk meningkatkan sifat elastis, fleksibel, serta ketahanannya terhadap air. Penelitian oleh Yuan et al. (2022) menunjukkan bahwa penambahan gliserol sebagai *plasticizer* pada film selulosa asetat meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas film, meskipun dapat mengurangi transparansi. Penggunaan gliserol dalam konsentrasi tinggi dapat menurunkan kekuatan tarik (*tensile strength*) karena melemahkan interaksi antar rantai polimer dan film menjadi terlalu

lunak, bahkan rapuh, bila konsentrasi *plasticizer* tidak dikontrol dengan tepat (Yuan et al. 2022). Selain itu, gliserol bersifat higroskopis, sehingga menarik kelembaban dari udara. Hal ini menyebabkan film menjadi lebih mudah larut atau rusak saat lembap (Teixeira et al., 2021).

Secara umum, *plasticizer* yang banyak digunakan dalam formulasi *edible film* mencakup gliserol, sorbitol, propilen glikol, polietilen glikol, dan asam sitrat, yang berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kerapuhan film (Wittaya, 2013). Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu *plasticizer* yang aman dan non-toksik, serta memberikan kontribusi yang besar dalam memperbaiki sifat mekanik polimer, khususnya dalam meningkatkan kekuatan tarik dan daya regang (elongasi) *edible film* (Ip et al., 2024). Polietilen glikol (PEG) adalah polimer sintetik yang bersifat non-ionik dan hidrofilik, memiliki kestabilan tinggi, larut dengan baik dalam air hangat, serta bersifat aman karena tidak beracun, tidak menimbulkan korosi, tidak memiliki warna maupun bau, mudah tersebar secara homogen, bersifat higroskopis (mudah menyerap uap air), dan mampu berikatan dengan pigmen (Hoffmann, 2022). Selain itu, PEG memiliki kemampuan mengikat pigmen dan memberikan kontribusi terhadap homogenitas struktur film. Dibandingkan dengan gliserol yang bersifat sangat higroskopis, PEG memiliki tingkat higroskopisitas yang lebih rendah dan tidak mudah menguap, sehingga film yang dihasilkan memiliki stabilitas mekanik dan optik yang lebih baik (Malik et al., 2022).

Penelitian terdahulu oleh Siew et al. (2024) telah mengevaluasi penggunaan PEG 1450 pada film selulosa asetat untuk meningkatkan sifat sobek dan penghalang sebagai alternatif plastik LDPE, namun studi tersebut belum menitikberatkan pada aspek *edibility* dan biodegradabilitas dari film yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dengan mengembangkan *edible film* berbasis selulosa asetat menggunakan PEG sebagai *plasticizer*, yang difokuskan pada evaluasi kekuatan mekanik, laju biodegradasi, serta penentuan konsentrasi optimum PEG, sehingga dapat menghasilkan kemasan makanan yang tidak hanya kuat dan fleksibel, tetapi juga aman dikonsumsi dan ramah lingkungan.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah selulosa asetat (bubuk) dari Shijiazhuang Zhongdan Chemical Co, aseton teknis dan polietilen glikol (PEG 400) dari Rofa Laboratory Indonesia.

## 2.2 Prosedur Penelitian

Pembuatan *edible film* menggunakan selulosa asetat dan polietilen glikol (PEG) dilakukan dengan metode *blending*. Langkah pertama dalam pembuatan *edible film* ialah melakukan penimbangan selulosa asetat sebanyak 3 gram dan dilarutkan menggunakan 30 mL aseton di dalam gelas piala hingga larutan tersebut menjadi larutan homogen dengan bantuan *hot plate*. Jika larutan selulosa asetat dan aseton telah homogen, kemudian ditambahkan *plasticizer* berupa polietilen glikol (PEG) dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5%v/v. Pengadukan dilakukan kembali selama  $\pm$  3 jam hingga larutan homogen terbentuk. Sebelum melakukan pencetakan, larutan didiamkan terlebih dahulu hingga larutan tersebut tidak terdapat buih. Selanjutnya, larutan dicetak dengan menggunakan cawan petri dan dikeringkan dalam suhu ruangan selama 24 jam. Tahap terakhir adalah melakukan karakterisasi *edible film* melalui analisis *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR), uji kekuatan mekanik (*tensile strength* dan *elongation at break*), dan uji *biodegradable*.

## 2.3 Variabel Penelitian

Adapun variabel tetap penelitian ini adalah massa selulosa asetat dan massa aseton. Variabel bebasnya adalah konsentrasi polietilen glikol (PEG).

## 2.4 Metode Pengumpulan dan Analisis Data

### 2.4.1 Analisis gugus fungsi dengan FTIR (*fourier transform infrared spectroscopy*)

Analisis gugus fungsi pada film komposit dilakukan menggunakan FTIR (Bruker Alpha II). Film dengan ukuran 1×1 cm dikeringkan di oven pada suhu 40 °C selama 2 jam. Selanjutnya, film dibiarkan pada suhu ruang selama kurang lebih 2 jam, dan serapan spektrum inframerah dicatat pada rentang bilangan gelombang 500 hingga 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

### 2.4.2 Uji kekuatan mekanik (*tensile strength* dan *elongation at break*)

Uji sifat mekanik berupa kekuatan tarik dilakukan menggunakan alat *tensile strength tester* UT-3500 dengan ukuran sampel 5×1 cm. Sampel ditempatkan pada alat uji, kemudian dilakukan pencatatan terhadap ketebalan dan panjang awalnya. Selanjutnya, sampel ditarik dengan laju 1 mm/menit hingga mengalami kerusakan atau putus. Persentase elongasi dihitung berdasarkan rasio antara panjang renggangan saat putus dengan panjang awal sampel, dan dinyatakan dalam satuan persen (%).

### 2.4.3 Uji *biodegradable*

Pengujian *biodegradabilitas* pada *edible film* dilakukan dengan cara mengubur potongan film berukuran 3×3 cm ke dalam media tanah. Tanah yang digunakan pada uji ini adalah tanah lapisan atas yang diambil di area Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Sebelum penguburan, film dikondisikan dalam desikator selama 24 jam dan ditimbang sebagai bobot awal ( $W_1$ ). Film kemudian dikubur dan diambil setiap dua hari sekali pada hari ke-

0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14. Setelah diambil, film dicuci menggunakan alkohol, dikeringkan dalam oven, lalu ditimbang kembali untuk memperoleh bobot akhir ( $W_2$ ). Selisih bobot digunakan untuk menghitung penurunan massa *edible film* selama periode biodegradasi dengan menggunakan persamaan:

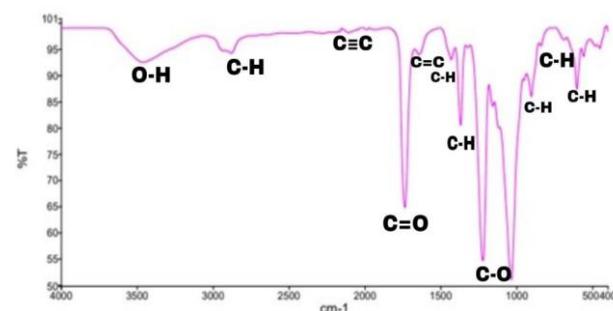
$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan  $W_1$  adalah berat awal *edible film* dan  $W_2$  adalah berat akhir *edible film*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Hasil analisis FTIR terhadap *edible film* berbasis selulosa asetat yang diperoleh dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR *edible film* selulosa asetat dengan PEG 2% v/v

Puncak serapan tertinggi terdeteksi pada bilangan gelombang 3457,11  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan keberadaan gugus fungsi O-H. Semakin tinggi kandungan gugus O-H dalam film, maka jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk akan semakin banyak, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan titik didih *edible film* tersebut. Untuk daerah serapan 2881,35  $\text{cm}^{-1}$ , 1431,88  $\text{cm}^{-1}$ , 1369,1  $\text{cm}^{-1}$  memiliki gugus fungsi C-H alkana dengan intensitas kuat, ikatan C≡C terletak pada daerah serapan 2108,65  $\text{cm}^{-1}$  dengan intensitas yang berubah-ubah, ikatan C=C terletak pada daerah serapan 1643,73  $\text{cm}^{-1}$  dengan intensitas yang berubah-ubah, serta pada daerah serapan 902,78  $\text{cm}^{-1}$ , 839,92  $\text{cm}^{-1}$ , dan 687,85  $\text{cm}^{-1}$  terdapat gugus fungsi C-H alkena dengan intensitas yang kuat. Keberadaan gugus karbonil C=O pada daerah serapan 1737,51  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus ester C-O dengan intensitas kuat terdapat pada daerah serapan 1222,77  $\text{cm}^{-1}$  dan 1158,07  $\text{cm}^{-1}$ . Keberadaan gugus O-H, C=O, dan ester C-O secara langsung memengaruhi sifat mekanik melalui pembentukan ikatan hidrogen dan peningkatan fleksibilitas film (Tee et al., 2019). Keberadaan gugus ester (C-O) juga memiliki pengaruh dominan terhadap proses biodegradasi, karena menjadi titik serangan utama enzim dan sangat rentan terhadap hidrolisis di lingkungan tanah (Ban et al., 2006; Tokiwa et al., 2009).

### 3.2 Pengaruh *Plasticizer* PEG Terhadap Ketebalan *Edible Film*

Ketebalan merupakan salah satu sifat fisik penting dari *edible film* yang dipengaruhi oleh konsentrasi

hidrokoloid sebagai bahan pembentuk serta dimensi pelat kaca yang digunakan dalam proses pencetakan. Parameter ini berperan signifikan dalam menentukan kesesuaian film untuk membungkus produk yang dikemas. Selain itu, ketebalan juga memengaruhi nilai kuat tarik dan daya regang (elongasi) saat film mengalami kerusakan. Nilai ketebalan *edible film* yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Ketebalan *edible film* selulosa asetat dengan variasi PEG

Konsentrasi PEG (%v/v)	Ketebalan (mm)	Japanese Industrial Standard
1	0,09	
2	0,13	
3	0,15	≤ 0,25 mm
4	0,18	
5	0,19	

Merujuk pada Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi polietilen glikol (PEG) berbanding lurus dengan ketebalan *edible film* yang terbentuk. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya total padatan dalam larutan seiring bertambahnya PEG, yang pada akhirnya menghasilkan jumlah polimer yang lebih besar dalam membentuk struktur matriks *edible film* (Capitani et al., 2016). Selain total padatan dalam larutan, viskositas dan kandungan polimer penyusunnya juga mempengaruhi ketebalan *edible film*. Sebagai bahan kemasan, *edible film* yang semakin tebal akan memiliki kemampuan penghalang yang lebih baik, sehingga lebih sulit ditembus oleh uap air dan dapat memperpanjang umur simpan produk.

Ketebalan *edible film* juga mempengaruhi tingkat pemanjangan pada saat putus (*elongation at break*). Penambahan PEG sebagai *plasticizer* dapat mengurangi interaksi antar molekul pada rantai protein, sehingga meningkatkan kelenturan dan mobilitas polimer. Akibatnya, peningkatan konsentrasi PEG yang digunakan akan menghasilkan nilai pemanjangan saat putus yang lebih tinggi. Selain menyebabkan bertambahnya ketebalan *edible film*, konsentrasi PEG yang lebih besar juga turut berperan dalam meningkatkan nilai elongasi film tersebut. Dengan kata lain, semakin tebal *edible film* yang dihasilkan, semakin besar pula nilai pemanjangannya. Namun, peningkatan ketebalan ini cenderung menurunkan kekuatan tarik (*tensile strength*) *edible film* (Giyatmi et al., 2020). Berdasarkan studi yang dilaporkan oleh Sanyang et al. (2016), film yang diplastisasi dengan PEG menunjukkan ketebalan yang lebih tinggi, peningkatan elongasi yang lebih signifikan, serta *tensile strength* yang lebih kuat dibandingkan dengan menggunakan *plasticizer* lain, seperti gliserol atau sorbitol. Film yang menggunakan gliserol atau sorbitol cenderung memiliki fleksibilitas tinggi, namun kekuatan tarik yang lebih rendah seiring peningkatan konsentrasi *plasticizer*.

### 3.3 Pengaruh *Plasticizer* PEG terhadap Kuat Tarik *Edible Film*

Pengujian kuat tarik bertujuan untuk mengetahui sejauh mana *edible film* mampu menahan gaya tarik maksimum sebelum mengalami kerusakan atau sobek, dengan hasil yang ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil uji *tensile strength edible film*

Konsentrasi PEG (%v/v)	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	Standar Nasional Indonesia
1	21,14	
2	22,29	
3	20,76	24,7 – 302 MPa
4	15,39	
5	12,70	

Berdasarkan Tabel 2, nilai *tensile strength edible film* selulosa asetat menurun secara signifikan seiring peningkatan konsentrasi PEG di atas 2%, dengan nilai tertinggi sebesar 22,29 MPa pada konsentrasi 2% v/v, namun masih belum memenuhi standar minimum yang ditetapkan oleh SNI 7188.7:2016 yaitu 24,7 MPa. Nilai kuat tarik yang lebih rendah ini disebabkan oleh sifat *plasticizer* PEG yang, pada konsentrasi tinggi, membentuk ikatan hidrogen dengan rantai polimer secara berlebihan, sehingga mengganggu kekuatan ikatan antarmolekul dalam matriks film (Jantrawut et al., 2017). Interaksi ini menyebabkan melemahnya kohesi struktur film akibat berkurangnya densitas dan kekompakan jaringan polimer, serta menurunnya kestabilan sistem dispersi karena reduksi ikatan intermolekul internal (Tarique et al., 2021). Untuk meningkatkan kualitas mekanik film agar mendekati atau melampaui standar SNI, dapat dilakukan beberapa strategi, seperti mengombinasikan PEG dengan *plasticizer* berpolaritas lebih rendah, menambahkan agen penstabil jaringan polimer, seperti nanofiber atau biopolimer kaku (misalnya kitosan), atau melakukan proses *crosslinking* menggunakan asam organik atau enzim untuk memperkuat jaringan polimer. Jika dibandingkan dengan penelitian lain yang menggunakan gliserol atau sorbitol sebagai *plasticizer*, film yang dihasilkan cenderung memiliki elongasi yang lebih tinggi, namun nilai *tensile strength* lebih rendah dari PEG, seperti yang dilaporkan oleh Sanyang et al. (2016), di mana penggunaan gliserol pada konsentrasi tinggi menghasilkan film dengan kekuatan tarik < 10 MPa. Dengan demikian, meskipun PEG juga menyebabkan penurunan kuat tarik pada konsentrasi tinggi, namun dibandingkan gliserol atau sorbitol, PEG masih memberikan kekuatan mekanik yang relatif lebih baik, dan dengan formulasi serta teknik modifikasi yang tepat, *edible film* berbasis PEG dapat dioptimalkan untuk mencapai kualitas sesuai standar nasional.

### 3.4 Pengaruh *Plasticizer* PEG Terhadap Elongasi *Edible Film*

Elongasi saat putus menggambarkan peningkatan panjang maksimum *edible film* ketika dikenai gaya tarik hingga film mengalami kerusakan, dibandingkan

dengan panjang awalnya. Data hasil uji elongasi *edible film* dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

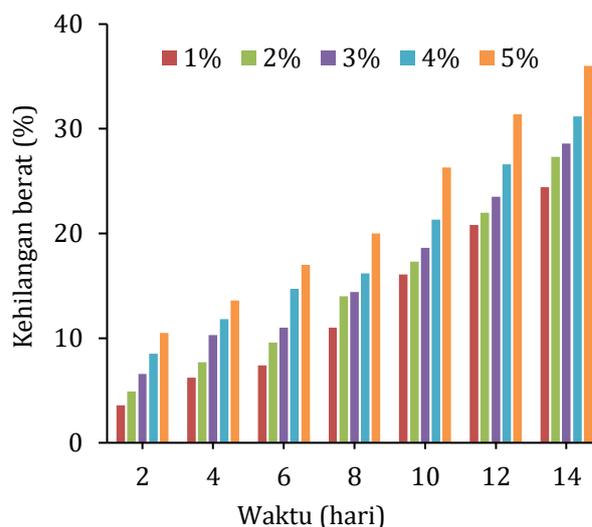
**Tabel 3.** Hasil uji *elongation at break edible film*

Konsentrasi PEG (%v/v)	Elongation at break (%)	Standar Nasional Indonesia
1	15,30	
2	53,80	
3	33,00	21-220%
4	56,30	
5	66,80	

Hasil uji elongasi pada Tabel 3 menunjukkan nilai persen elongasi semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi PEG. *Elongation at break* meningkat seiring peningkatan penambahan konsentrasi PEG pada formulasi *edible film*. Penambahan PEG akan meningkatkan perenggangan ruang intermolekul struktur matriks *edible film* dan menurunkan jumlah ikatan hidrogen dengan meningkatkan ruang kosong, sehingga ruang kosong tersebut diisi oleh *plasticizer* yang akan menurunkan tegangan interaksi antar molekul. Peningkatan elongasi dikarenakan sifat PEG sebagai *plasticizer* yang mampu meningkatkan fleksibilitas *edible film* dan meningkatkan mobilitas rantai *edible film* (Giyatmi et al., 2020). Nilai persen elongasi *edible film* yang dihasilkan dalam penelitian ini sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 7188.7:2016), yaitu 21-220%. Jika dibandingkan dengan *plasticizer* konvensional seperti gliserol atau sorbitol, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PEG menghasilkan elongasi yang relatif lebih tinggi pada konsentrasi yang setara. Studi oleh Sanyang et al. (2016) melaporkan bahwa film pati yang diplastisasi dengan gliserol menunjukkan elongasi maksimum sekitar 57%, sedangkan film dengan sorbitol memiliki elongasi lebih rendah di kisaran 30–45%, tergantung konsentrasi dan jenis biopolimer yang digunakan. Dengan demikian, PEG tidak hanya efektif dalam meningkatkan elongasi *edible film* secara signifikan, tetapi juga memberikan keunggulan dibanding gliserol dan sorbitol dalam hal fleksibilitas dan kelenturan struktural film.

### 3.5 Pengaruh *Plasticizer* PEG Terhadap Biodegradasi *Edible Film*

Pengujian biodegradabilitas dilakukan menggunakan metode *soil burial test*, yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat dalam tanah untuk membantu proses penguraian material. Uji *biodegradable* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor pendukung seperti fisik, biologis, dan kimiawi. Uji biodegradabilitas dilakukan dengan mengubur *edible film* ke dalam tanah selama 14 hari, dengan pemeriksaan dilakukan setiap dua hari sekali. Sampel ditimbang menggunakan neraca digital untuk membandingkan massa sebelum dan sesudah proses degradasi berlangsung. Semakin besar penurunan massa yang terjadi, semakin tinggi tingkat degradasi sampel. Hasil pengujian biodegradasi tersebut disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh konsentrasi PEG terhadap laju degradasi *edible film*

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak konsentrasi PEG yang digunakan maka laju degradasi *edible film* semakin besar. Laju biodegradasi identik dengan kehilangan berat sampel. Semakin besar penghilangan berat sampel pada waktu tertentu, maka semakin cepat laju biodegradasinya. Laju biodegradasi terbesar adalah pada penambahan PEG 5% v/v yaitu dengan kehilangan massa sebesar 36%. Hal ini karena sifat PEG yang hidrofilik atau mudah larut dalam air. Air adalah media pertumbuhan yang baik bagi bakteri sehingga penambahan PEG yang semakin banyak akan mempercepat terurainya *edible film* oleh bakteri (Kawai 2005).

### 4. KESIMPULAN

Penambahan PEG pada matriks selulosa asetat terbukti memengaruhi karakteristik mekanik dan sifat biodegradabilitas dari *edible film* yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi PEG yang ditambahkan, semakin besar nilai ketebalan dan elongasi *edible film*, namun diiringi dengan penurunan kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi dicapai pada penambahan PEG 2% v/v yaitu sebesar 22,29 MPa dengan ketebalan 0,13 mm, sedangkan elongasi terbaik sebesar 66,80% diperoleh pada PEG 5% v/v dengan ketebalan 0,19 mm. Laju biodegradasi tertinggi juga terjadi pada PEG 5% v/v dengan kehilangan massa mencapai 36%. Berdasarkan hasil tersebut, *edible film* yang dihasilkan sudah memenuhi standar elongasi menurut SNI 7188.7:2016 (21–220%), serta ketebalan yang sesuai standar JIS ( $\leq 0,25$  mm), namun belum memenuhi standar kuat tarik minimum SNI (24,7 MPa), sehingga untuk aplikasi sebagai kemasan makanan yang membutuhkan perlindungan fisik tinggi (seperti pengemasan keringan bertekanan atau tahan tarik), film ini belum sepenuhnya layak. Meskipun demikian, *edible film* ini masih potensial untuk aplikasi penyimpanan bersifat sementara, pelapis makanan, atau pembungkus produk makanan dengan kebutuhan beban mekanik rendah.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ban, W., Song, J., Argyropoulos, D. S., & Lucia, L. A. (2006). Improving the physical and chemical functionality of starch-derived films with biopolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, 100(3), 2542-2548.
- Capitani, M. I., Matus-Basto, A., Ruiz-Ruiz, J. C., Santiago-García, J. L., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., ... & Segura-Campos, M. R. (2016). Characterization of biodegradable films based on *Salvia hispanica* L. protein and mucilage. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 1276-1286.
- Giyatmi, G., Poetri, T. A. E., Irianto, H. E., Fransiska, D., & Agusman, A. (2020). Effect of alginate and polyethylene glycol addition on physical and mechanical characteristics of k-carrageenan-based edible film. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 15(1), 41-51.
- Hoffmann, M. M. (2022). Polyethylene glycol as a green chemical solvent. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 57, 101537.
- Ip, T., Lee, H., Lam, Q., Kwan, C., Cheung, K. M., & Harte, L. (2024, July 28). The effects of plasticizers on the mechanical properties and chemical composition of a gelatin biopolymer. *Journal of Emerging Investigators*. <https://doi.org/10.59720/23-139>
- Jantrawut, P., Chaiwarit, T., Jantanasakulwong, K., Brachais, C. H., & Chambin, O. (2017). Effect of plasticizer type on tensile property and in vitro indomethacin release of thin films based on low-methoxyl pectin. *Polymers*, 9(7), 289.
- Kawai, F. (2005). Biodegradation of polyethers (polyethylene glycol, polypropylene glycol, polytetramethylene glycol, and others). *Biopolymers Online: Biology, Chemistry, Biotechnology, Applications*, 9.
- Malhotra, B. H. A. N. U., Keshwani, A., & Kharkwal, H. A. R. S. H. A. (2015). Natural polymer based cling films for food packaging. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci*, 7(4), 10-18.
- Malik, G. K., Khuntia, A., & Mitra, J. (2022). Comparative effect of different plasticizers on barrier, mechanical, optical, and sorption properties of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)-based edible film. *Journal of Biosystems Engineering*, 47(2), 93-105.
- Rahmayetty, & Sulaiman, F. (2023). Wastewater from the Arenga Starch Industry as a Potential Medium for Bacterial Cellulose and Cellulose Acetate Production. *Polymers*, 15(4), 870.
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., & Sahari, J. (2016). Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch for food packaging. *Journal of food science and technology*, 53, 326-336.
- Siew, Z. Z., Chan, E. W. C., & Wong, C. W. (2024). Enhancing the tearability and barrier properties of cellulose acetate bioplastic film with polyethylene glycol 1450 as an LDPE replacement for food packaging. *Food and Bioprocess Technology*, 17(8), 2265-2276.
- Tarique, J. S. M. S., Sapuan, S. M., & Khalina, A. (2021). Effect of glycerol plasticizer loading on the physical, mechanical, thermal, and barrier properties of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch biopolymers. *Scientific reports*, 11(1), 13900.
- Tee, H. T., Koynov, K., Reichel, T., & Wurm, F. R. (2019). Noncovalent hydrogen bonds tune the mechanical properties of phosphoester polyethylene mimics. *ACS omega*, 4(5), 9324-9332.
- Teixeira, S. C., Silva, R. R. A., de Oliveira, T. V., Stringheta, P. C., Pinto, M. R. M. R., & Soares, N. D. F. F. (2021). Glycerol and triethyl citrate plasticizer effects on molecular, thermal, mechanical, and barrier properties of cellulose acetate films. *Food Bioscience*, 42, 101202..
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International journal of molecular sciences*, 10(9), 3722-3742.
- Vatanpour, V., Pasaoglu, M. E., Barzegar, H., Teber, O. O., Kaya, R., Bastug, M., ... & Koyuncu, I. (2022). Cellulose acetate in fabrication of polymeric membranes: A review. *Chemosphere*, 295, 133914.
- Wibowo, A. H., Fehragucci, H., & Purnawan, C. (2023). Effect of Plasticizer Addition on The Characteristics of Chitosan-Alginate Edible Film. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 19(2), 123-129.
- Wittaya, T. (2013). Influence of type and concentration of plasticizers on the properties of edible film from mung bean proteins. *Current Applied Science and Technology*, 13(1), 51-58.
- Yuan, Z., Dai, W., Li, X., Wu, Y., Zang, K., Zeng, J., ... & Zhou, H. (2022). Improvement of the functional properties of cellulose acetate film by incorporating with glycerol and n-propanol. *Cellulose*, 29(14), 7823-7836.
- Zhang, W., Zhang, Y., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Improving the performance of edible food packaging films by using nanocellulose as an additive. *International Journal of Biological Macromolecules*, 166, 288-296.