



## Analisis thermogravimetri dan sifat mekanis *edible film* rumput laut *Gracilaria* sp. sebagai bahan alternatif bioplastik

M. YOSI PRASETYO<sup>1</sup>, MUHAMMAD HENDRI<sup>2\*</sup>, SHAUM SHIYAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya, 30139, Indonesia; <sup>2</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, 30862, Indonesia; <sup>3</sup>Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, 30862, Indonesia

<p><b>Kata kunci:</b> bioplastik, <i>edible film</i>, TGA, hidrokoloid, <i>Gracilaria</i> sp.</p>	<p><b>ABSTRAK:</b> Rumput laut memiliki banyak manfaat potensial yang dapat dikembangkan. Rumput laut berkontribusi secara positif terhadap kebutuhan dan konsumsi nutrisi manusia serta dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai produk inovatif yang memiliki nilai tambah tertentu, salah satunya sebagai bahan film bioplastik yang <i>edible</i> untuk mengurangi penggunaan kemasan plastik. Kelebihan <i>edible film</i> yang dibuat dari hidrokoloid diantaranya memiliki kemampuan yang baik untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbon dioksida, dan lipida serta memiliki sifat mekanis yang diinginkan dan meningkatkan kesatuan struktur produk. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik sifat fisik dan kimia <i>edible film</i> rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. yang dikoleksi dari Perairan Pantai Selatan Gunung Kidul, Yogyakarta. Metode pengujian berupa preparasi sampel, pembuatan <i>edible film</i>, dan analisis karakteristik serta analisis <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA). Hasil penelitian ini menunjukkan nilai ketebalan tertinggi 234 <math>\mu\text{m}</math>, kuat tarik 17,15 N/mm<sup>2</sup>, elongasi 2,91%. Analisis termal didapatkan kadar air yang hilang 19,97% dan sisa residu abu 30,81%.</p>
<p><b>Keywords:</b> bioplastics, <i>edible film</i>, TGA, hydrocolloids, <i>Gracilaria</i> sp.</p>	<p><b>ABSTRACT:</b> Seaweed has many potential benefits that can be developed. Seaweed contributes positively to human nutritional needs and consumption and can be processed and utilized as an innovative product that has certain added value, one of which is as an edible bioplastic film material to reduce the use of plastic packaging. The advantages of edible films made from hydrocolloids include having a good ability to protect the product against oxygen, carbon dioxide and lipids as well as having the desired mechanical properties and increasing the structural integrity of the product. The aim of this research is to analyze the physical and chemical characteristics of <i>Gracilaria</i> sp seaweed edible film. collected from the waters of the South Coast of Gunung Kidul, Yogyakarta. Test methods include sample preparation, making edible film, and characteristic analysis and Thermogravimetric Analysis (TGA). The results of this research show the highest thickness value of 234 <math>\mu\text{m}</math>, tensile strength of 17.15 N/mm<sup>2</sup>, elongation of 2.91%. Thermal analysis showed that the lost water content was 19.97% and the remaining ash residue was 30.81%.</p>

### 1 PENDAHULUAN

Plastik menjadi bahan yang dijumpai hampir di setiap benda, mulai dari kemasan minuman, peralatan makan, kantong plastik, televisi, kulkas, pipa air, plastik laminasi, gigi palsu, sikat gigi, cat, mainan anak, mesin, peralatan militer hingga pestisida [1]. Beberapa dekade lalu komoditi yang dijual di pasar seperti lauk, bumbu, dan rempah umumnya masih menggunakan bahan pembungkus tradisional seperti daun jati dan daun pisang, namun seiring

perkembangan era modern saat ini, semua beralih menggunakan pembungkus berbahan plastik [2]. Disisi lain, perilaku membuang sampah ke sungai menjadi masalah tersendiri bagi lingkungan, baik di wilayah kota maupun di pedesaan. Indonesia masuk dalam peringkat kedua dunia setelah Cina menghasilkan sampah plastik di perairan mencapai 187,2 juta ton [3].

Secara umum, plastik sulit terurai oleh mikroorganisme. Berbagai jenis plastik digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti *Polyethylene Tereph-*

\* **Corresponding Author:** email: [muhammad.hendri@unsri.ac.id](mailto:muhammad.hendri@unsri.ac.id)

thelate (PET), High Density Polyethylene (HDPE), Polyvinyl Chloride (PVC), Low Density Polyethylene (LDPE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS) [1]. Persentase jumlah sampah dari hasil aktivitas manusia sebesar 60-70% sampah organik, kemudian 30-40% sisanya adalah sampah non organik, lalu 14% dari sampah non organik tersebut didominasi oleh sampah plastik [3]. Beberapa diantara semua kategori plastik keperluan rumah tangga seperti pecahan (terutama plastik keras) adalah yang terbanyak beratnya, namun berdasarkan volumenya, kategori yang paling melimpah adalah laminar (pecahan kantong plastik [4].

Resiko limbah dan yang berkaitan dengannya menjadi masalah yang semakin serius dalam perlindungan lingkungan. Ada minat yang berkembang dalam pengelolaan sampah di dunia, baik dalam pengembangan teknologi untuk meminimalkan kuantitasnya maupun yang terkait dengan pembuangan dan penggunaan ekonominya [5]. Saat ini perlu beralih ke proses lain yang dapat digunakan bersamaan dengan proses saat ini untuk mengurangi masalah yang terkait dengan sampah plastik dalam jumlah besar [6]. Banyaknya proses daur ulang plastik yang berfokus pada daur ulang primer dan sekunder, masih ada perbedaan besar antara jumlah sampah plastik dan berapa banyak yang didaur ulang [6]. Melihat kondisi tersebut akumulasi limbah plastik pencemar masih tidak dapat dihindari, ada minat untuk meneliti edible film berbahan dasar rumput laut sebagai pengganti bahan kemasan plastik.

Rumput laut (*seaweed*) oleh para ilmuwan dan peneliti sering disebut sebagai makroalga, alga, algae, dan ganggang. Makroalga terdiri dari beberapa kelas diantaranya adalah *Chlorophyceae* (alga hijau), *Rhodophyceae* (alga merah), *Phaeophyceae* (alga coklat) dan *Chrysophyceae* (alga pirang) (7,8). Alga mengandung senyawa koloid yang dikenal sebagai *phycocolloids* atau *hydrocolloids* dalam bentuk polisakarida yang terdapat di dinding sel [9]. Ekstrak *phycocolloid* atau *hydrocolloid* memproduksi agar dan karagenan yang dapat ditemukan pada ganggang merah dan alginat pada ganggang coklat [10]. Agar berasal dari beberapa alga seperti *Gracilaria sp.* dan *Gelidium sp.*, karagenan berasal dari *Kappaphycus sp.* dan *Eucheuma sp.*, sedangkan alginat dari *Sargassum sp.* dan *Turbinaria sp.* [11].

Rumput laut banyak memiliki manfaat potensial yang dapat dikembangkan, salah satunya jenis *Gracilaria sp.* dari golongan alga merah. Jenis tersebut telah teruji mengandung senyawa bioaktif dari golongan alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, saponin dan tanin [12]. Golongan senyawa bioaktif

tersebut mampu mencegah akumulasi radikal bebas karena berfungsi sebagai antioksidan, serta memiliki potensi sebagai kosmetik [13]. Aktivitas antioksidan *Gracilaria sp.* tergolong sangat kuat dengan IC50 sebesar  $22,15 \pm 1,63 \mu\text{g/mL}$  [14]. Sifat fisikokimia dan komposisi proksimat *Gracilaria sp.* juga tergolong tinggi karena mengandung kadar abu, protein, karbohidrat, asam lemak, asam amino esensial dan non esensial serta kandungan vitamin [15].

Rumput laut berkontribusi secara positif terhadap kebutuhan dan konsumsi nutrisi manusia. Komposisi nutrisi beserta sifat fisikokimia yang terdapat pada rumput laut *Gracilaria sp.* dapat menjadi bahan fungsional penting dalam industri makanan [16]. Beberapa keunggulan *edible film* yang dibuat dari hidrokoloid diantaranya memiliki kemampuan yang baik untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida, dan lipida, serta memiliki sifat mekanis yang diinginkan dan meningkatkan kesatuan struktur produk. Kelemahan *edible film* dari karbohidrat kurang bagus digunakan untuk mengatur migrasi uap air, sementara *edible film* dari protein sangat dipengaruhi oleh perubahan pH [17].

Beberapa riset tentang *edible film* dari bahan baku rumput laut telah dilakukan. *Edible film* dari campuran komposit karagenan (*Eucheuma sp.*) dan lilin lebah memiliki karakteristik kuat tarik tertinggi 1,0755 Mpa [18]. Komposit *semirefined* karagenin dan *beeswax* dengan perlakuan terbaik pada penambahan *beeswax* 0,3% dengan ketebalan tertinggi 0,0705 mm, daya kuat tarik (*tensile strength*) tertinggi 2,248 kgf/cm<sup>2</sup> [19]. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti akan membuat *edible film* menggunakan komposit rumput laut penghasil agarofit dari jenis *Gracilaria sp.* yang dikombinasikan dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dan kitosan.

Peneliti menganalisis karakteristik *edible film* yang terbuat dari ekstrak agar-agar rumput laut *Gracilaria sp.* yang berasal dari perairan pantai selatan Gunungkidul, Yogyakarta dengan penambahan gliserol dan kitosan. Penambahann gliserol berfungsi untuk menghasilkan *edible film* yang kuat dan elastis, serta memiliki sifat penghambat yang baik terhadap uap air [20]. Kitosan bersifat hidrofobik yang mampu meningkatkan sifat mekanik dan meningkatkan ketahanan air bagi *edible film* [21].

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Pembuatan Edible Film

Pembuatan *edible film* memodifikasi penelitian menggunakan bahan dasar agar-agar dari rumput laut *Gracilaria sp.* dengan penambahan gliserol dan

kitosan. Rumpun laut *Gracillaria sp.* diambil dari perairan pantai selatan Gunung Kidul, Yogyakarta. Sedangkan pembuatan *edible film* dilakukan di Laboratorium Kimia Analisa dan Instrumentasi Pengujian, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sriwijaya. Rumpun laut kering masing-masing ditimbang sebanyak 50 gram, lalu direndam dalam air (300 ml) selama 5-6 jam. Rumpun laut bersama air rendamannya diblender hingga benar-benar halus, kemudian dipanaskan pada suhu 70-80 °C selama 30 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirer*. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kain strimin dan filtrat hasil penyaringan diberi perlakuan konsentrasi gliserol dan kitosan [17,22,23,24,25].

Konsentrasi perlakuan gliserol dan kitosan disusun menggunakan metode pendekatan CCD (*Central Composite Design*) melalui software Design Expert 12. CCD banyak digunakan sebagai desain eksperimental statistik. Eksperimen ditentukan oleh batas atas dan batas bawah dari penambahan gliserol dan kitosan (sebagai faktor) [26]. Desain eksperimen dari penambahan konsentrasi gliserol dan kitosan didapatkan 9 perlakuan (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan konsentrasi gliserol dan kitosan.

Sampel	Rumpun Laut <i>Gracillaria sp.</i> (gr)	Gliserol (% v/v)	Kitosan (% b/v)
A	50	0,2	1
B	50	1	1
C	50	0,2	2
D	50	1	2
E	50	0,2	1,5
F	50	1	1,5
G	50	0,6	1
H	50	0,6	2
I	50	0,6	1,5

Setelah penambahan gliserol dan kitosan, selanjutnya larutan dipanaskan kembali sambil diaduk menggunakan *magnetic stirer* dan dihomogenkan agar gliserol dan kitosan terdispersi sempurna pada suhu 70 - 80°C selama 15 menit. Gliserol mampu mengurangi kerapuhan serta meningkatkan fleksibilitas [27]. Kitosan bersifat hidrofobik yang mampu meningkatkan sifat mekanik dan meningkatkan ketahanan air bagi *edible film* [21]. Proses pencetakan dilakukan dengan cara menuangkan larutan ke dalam cetakan (ukuran 18 x 20 cm) dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 8 jam. Film yang telah kering dipisahkan dan dibungkus dengan aluminium foil kemudian dimasukkan ke dalam plastik seal [19]. *Edible film* yang dihasilkan siap untuk dilakukan proses pengujian lebih lanjut.

## 2.2 Analisis Film Bioplastik

### Karakteristik Film Bioplastik

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui dan mendeskripsikan karakteristik film bioplastik berbahan dasar hidrokoloid rumput laut *Gracillaria sp.* dengan penambahan gliserol dan kitosan sesuai standar bioplastik berdasarkan ketetapan JIS (*Japanese Industrial Standard*). Analisis karakteristik film pada penelitian ini meliputi uji ketebalan (*thickness*), kekuatan tarik (*tensile strength*), dan pemanjangan putus (*elongation*) [28]. Nilai uji karakteristik film sesuai syarat yang ditentukan oleh JIS disajikan pada Tabel 2.

Table 2. Karakteristik film bioplastik standar JIS

No	Karakteristik	Nilai
1	Ketebalan	Max 0,25 mm
2	Kuat Tarik	Min 0,392266 MPa
3	Pemanjangan Putus	Min 70%

### Ketebalan (*Thickness*)

Ketebalan *edible film* diukur menggunakan mikrometer sekrup dengan ketelitian 0,01 mm. Ketebalan film ditentukan dari rata-rata pengukuran pada lima titik yang berbeda yang dilakukan secara acak [29].

### Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Analisa ini menggunakan alat Autograph Type-HT 8503. Pengukuran kuat tarik dilakukan berdasarkan metode standar ASTM D882-91. Sampel, 2,54 cm x 12 cm, dipotong dari setiap film. Pegangan awal pemisahan dan kecepatan *crosshead* masing-masing ditetapkan pada 50 mm dan 50 mm/menit. *Tensile strength* (TS) dihitung dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang spesimen awal [30]. Perhitungan TS disajikan pada rumus berikut [31].

$$\text{Tensile Strength (N/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Gaya}}{\text{Satuan Luas (cm}^2\text{)}}$$

### Pemanjangan (*Elongation*)

Pemanjangan putus (*elongation*) merupakan perbandingan persentase panjang awal film dan persentase maksimum panjang film ketika mendapatkan gaya tarik hingga film tersebut putus [18]. Persiapkan sampel lembaran film dengan ukuran 3 cm x 20 cm. Lembaran film dikondisikan di laboratorium dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. *Instron* diset pada *initial grip separation* 50 mm, *crosshead speed* 50 mm/ menit dan *loadcell* 50 kg. Persen pemanjangan dihitung ketika lembaran film putus, robek, atau rusak. Sebelum dilakukan penarikan, panjang film diukur sampai batas pegangan yang disebut panjang

awal ( $l_0$ ), sedangkan panjang film setelah penarikan disebut panjang setelah putus ( $l_1$ ) dan dihitung persen perpanjangan disajikan pada rumus berikut [32].

$$l_1 = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

dengan  $l_0$  adalah panjang awal dan  $l_1$  adalah panjang setelah putus (ASTM, 1983)

#### Thermogravimetric Analysis (TGA)

Analisis thermogravimetri (TGA) merupakan salah satu metode *Thermal Analysis* yang digunakan untuk mengetahui massa sampel yang hilang selama proses pemanasan. Kisaran suhu komersial TGA mampu menganalisis hingga lebih dari suhu  $1000^\circ\text{C}$ . Massa yang hilang dapat dikategorikan sebagai komponen volatil seperti kelembaban yang diserap, sisa pelarut, atau aditif bermassa molekul rendah atau oligomer yang umumnya menguap disuhu berkisar  $300^\circ\text{C}$  [33].

Sampel sebanyak 2 mg dihaluskan dan dimasukkan ke dalam cawan alumina (*crucible*), lalu dimasukkan ke dalam perangkat TGA dengan medium nitrogen dan aliran gas 20 ml/menit. Sampel kondisikan terlebih dahulu pada temperatur suhu ruangan. Kemudian sampel dipanaskan dengan laju pemanasan  $10\text{ C/menit}$  hingga mencapai temperatur yang diinginkan dan kondisikan secara isothermal selama 30 menit. Penurunan massa selama proses pemanasan dicatat secara otomatis oleh komputer untuk diolah dan diinterpretasikan lebih lanjut [34].

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

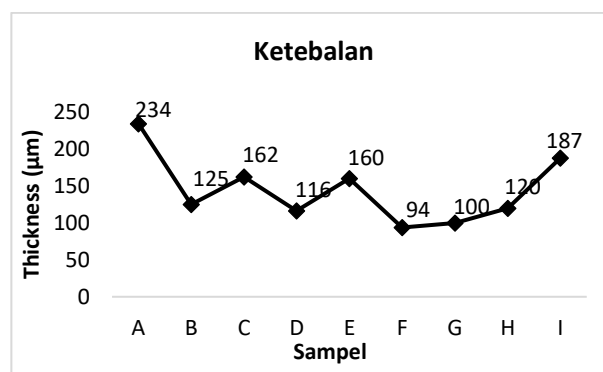
### 3.1 Karakteristik dan Sifat Mekanis

#### Ketebalan (*Thickness*)

Karakteristik sifat mekanis berdasarkan ketebalan *edible film* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan kualitas dan kelayakan film sebagai kemasan produk pangan. Ketebalan film sangat mempengaruhi karakteristik sifat fisik dan mekanik *edible film* lain seperti kuat tarik (*tensile strength*) dan persen pemanjangan putus (*Elongation*). Hasil analisis karakteristik ketebalan film terhadap berbagai konsentrasi kitosan dan penambahan gliserol dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil uji ketebalan film menunjukkan nilai ketebalan film tertinggi didapatkan rata-rata sebesar  $234\ \mu\text{m}$  pada komposisi A dengan konsentrasi gliserol 0,2% dan kitosan 1%, sedangkan nilai ketebalan film terendah rata-rata sebesar  $94\ \mu\text{m}$  dihasilkan pada komposisi F dengan konsentrasi gliserol 1% dan kitosan 1,5% (Gambar 1). Terjadi penurunan nilai

ketebalan film seiring bertambahnya konsentrasi gliserol dan kitosan. Hal tersebut kemungkinan besar dipengaruhi oleh perbedaan total hidrokoloid saat ekstraksi berlangsung. Peningkatan ketebalan film disebabkan adanya pengaruh peningkatan jumlah total padatan terlarut yang terkandung dalam larutan film [22]. Sedangkan banyaknya volume air yang digunakan juga akan meningkatkan ketebalan dengan luas permukaan yang sama [35]. Selain itu, pada saat proses ekstraksi senyawa-senyawa seperti logam berat yang terkandung pada bahan baku yang digunakan juga akan keluar [36].



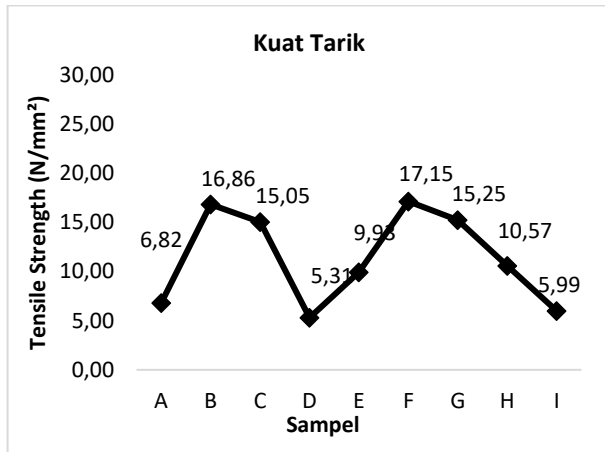
Gambar 1. Ketebalan bioplastik *edible film*

Nilai ketebalan yang berbeda disebabkan oleh lipid yang menyebabkan gaya kohesi polimer dan menghasilkan patahnya resistensi film [37]. Namun, ketebalan film bukan parameter utama pada karakteristik bioplastik, karena ketebalan film dipengaruhi oleh luas cetakan yang digunakan, volume larutan, banyaknya total padatan dan larutan [23]. Gliserol yang ditambahkan sebagai *plasticizer* juga tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap ketebalan film [38]. Ketebalan film bioplastik menurut *Japanese Industrial Standard* (JIS) tidak boleh lebih dari  $0,25\ \text{mm}$  ( $250\ \mu\text{m}$ ). Ketebalan film pada penelitian ini didapatkan nilai antara  $0,09\text{-}0,23\ \text{mm}$  ( $94\text{-}234\ \mu\text{m}$ ). Hasil ketebalan tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian bioplastik rumput laut *K. alvarezii* dengan kombinasi amilum-gliserol yang mendapatkan nilai ketebalan  $0,13\text{-}0,25\ \text{mm}$  [39]. Berdasarkan data ketebalan film yang didapatkan, hasil dari keseluruhan sampel kombinasi gliserol dan kitosan terhadap hidrokoloid rumput laut *Gracillaria sp.* sudah sesuai standar JIS  $<0,25\ \text{mm}$ .

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

Karakteristik kuat tarik merupakan maksimum gaya yang dihasilkan oleh lembaran film. Nilai kuat tarik terbaik diharapkan dapat memberikan perlindungan produk terhadap gangguan mekanis dari luar untuk menjaga produk yang dikemas tetap dalam kondisi baik. *Edible film* yang memiliki nilai kuat tarik

tertinggi dapat diaplikasikan pada produk pangan yang berfungsi sebagai pembungkus dan melindungi bahan pangan selama proses distribusi, transportasi, pemasaran, hingga sampai kepada konsumen [40]. Hasil pengujian kuat tarik *edible film* terhadap berbagai konsentrasi gliserol dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.



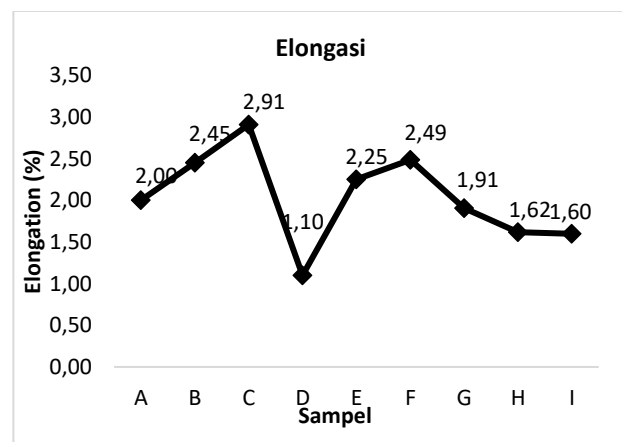
Gambar 2. Kuat tarik bioplastik *edible film*

Nilai kuat tarik film terjadi naik turun secara teratur. Kuat tarik tertinggi didapatkan rata-rata sebesar 17,15 N/mm<sup>2</sup> pada komposisi F dengan persen penambahan konsentrasi gliserol 1% dan kitosan 1,5%. Sedangkan nilai kuat tarik film terendah rata-rata sebesar 5,31 N/mm<sup>2</sup> dihasilkan pada perlakuan D dengan persen penambahan konsentrasi gliserol 1% dan kitosan 2% (Gambar 2). Penurunan nilai kuat tarik terjadi pada konsentrasi kitosan yang tinggi, hal ini disebabkan karena OH<sup>-</sup> dan NH<sub>3</sub><sup>+</sup> tidak terikat secara optimal. Penambahan konsentrasi kitosan seharusnya berbanding lurus dan mempengaruhi nilai kuat tarik, karena terdapat gugus -OH pada kitosan sehingga semakin tinggi konsentrasi penambahan kitosan, maka seharusnya semakin tinggi pula interaksi hidrogen yang terkandung pada *edible film* (Isnaeni et al. 2022).

Nilai standar minimal kuat tarik *edible film* menurut *Japanese Industrial Standard* (JIS) adalah 0,392266 MPa. Berdasarkan ketentuan tersebut, maka hasil nilai kuat tarik film pada penelitian ini sudah sesuai dan memenuhi syarat yang ditetapkan karena didapatkan kuat tarik 5,31-17,15 N/mm<sup>2</sup>. Hasil tersebut lebih tinggi dibanding penelitian *edible film* berbahan dasar ubi jalar dan dengan penambahan gliserol dengan nilai kuat tarik 0,07-0,75 MPa (Fatnasari et al. 2018). Hasil penelitian ini juga lebih tinggi dibanding *edible film* berbahan dasar ekstrak karagenan dari rumput laut *E. cottonii* dengan penambahan sorbitol dan lilin lebah dengan nilai kuat tarik 1,0755 MPa [18].

### Pemanjangan Putus (Elongation)

Analisis karakteristik pemanjangan putus (elongasi) merupakan analisis sifat mekanis yang berfungsi untuk mengetahui nilai persentase perubahan fisik film bioplastik saat terjadi pemanjangan hingga film robek (putus). Elongasi dihitung dengan pembagian antara selisih dari penambahan panjang film setelah putus dengan panjang awal film. Pemanjangan film ketika putus mengindikasikan panjang film maksimum yang berubah ketika mendapatkan gaya tarik hingga film terputus dibanding dengan panjang film awal [41]. Hasil pengujian elongasi *edible film* terhadap berbagai konsentrasi gliserol dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 3.

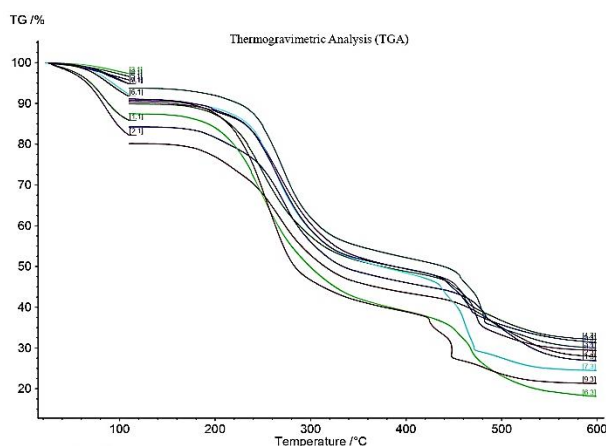


Gambar 3. Pemanjangan putus bioplastik *edible film*

Hasil pemanjangan putus (elongasi) paling tinggi didapatkan pada komposisi C dengan nilai persentase pemanjangan sebesar 2,91%. Komposisi C terdiri dari penambahan *plasticizer* gliserol dengan pemberian konsentrasi sebanyak 0,2% v/v dan kitosan dengan pemberian konsentrasi sebanyak 2% b/v. Nilai pemanjangan putus terendah didapatkan pada komposisi D dengan nilai persentase pemanjangan sebesar 1,10%. Komposisi D terdiri dari penambahan *plasticizer* gliserol dengan pemberian konsentrasi sebanyak 1% v/v dan kitosan dengan pemberian konsentrasi sebanyak 2% b/v. Berdasarkan hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa pemanjangan putus pada penelitian ini masih belum memenuhi standar ketetapan JIS karena belum mencapai batas minimal 70%. Hasil penelitian ini lebih tinggi dibanding bioplastik rumput laut *E. cottonii* dan pati singkong penambahan pati limbah biji durian dengan elongasi 2,02% [42]. Sedangkan hasil penelitian ini lebih rendah dibanding film dari karagenan dengan penambahan kitosan 2% yaitu perpanjangan sebesar 12,76% [43].

### 3.2 Analisis Termal

Analisis termal merupakan suatu metode untuk menentukan masa yang hilang dari suatu bahan terhadap perlakuan suhu tertentu menggunakan instrumen alat yang disebut *Thermogravimetric Analysis* (TGA). TGA dapat menginterpretasikan kadar air yang hilang selama proses pemanasan berdasarkan perubahan masa (*mass change*) dan sisa masa residu (*residual mass*) sebagai kadar abu. Grafik analisis termal terhadap film bioplastik sampel berbahan dasar rumput laut *Gracilaria sp.* dengan penambahan gliserol dan kitosan dapat dilihat pada Gambar 4.

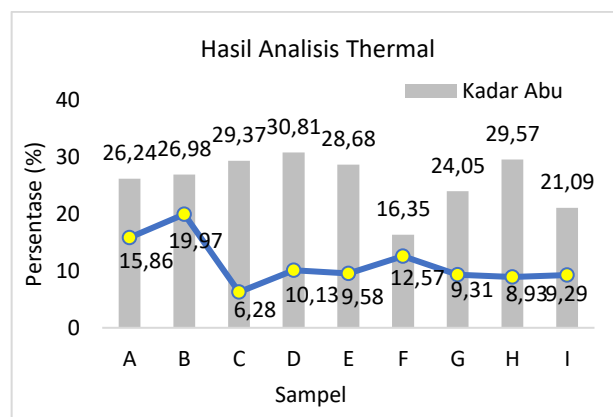


Gambar 4. Grafik analisis thermogravimetri bioplastik edible film

Analisis termal menggunakan perangkat alat uji TGA (*Thermogravimetric Analysis*) dengan merk TG-209 F1 Libra. Sampel dimasukkan kedalam *sample carrier* yang dapat menampung berat sampel maksimal 2 gram. Sampel diberi pemanasan 110°C secara *isothermal* (suhu konstan) selama 15 menit untuk mengamati perubahan massa (*mass change*) yang disimpulkan sebagai massa air yang hilang. Hal ini dikarenakan air memiliki titik didih antara 100-110°C [44].

Selanjutnya suhu dinaikkan hingga suhu mencapai 600°C dengan aliran oksigen 20 ml/min dan ditahan secara *isothermal* (suhu konstan) selama 15 menit sebagai proses pengabuan untuk mengamati sisa residu film bioplastik (*residual mass*). Hal ini dikarenakan bahan organik mampu terdekomposisi menjadi abu pada suhu antara 550-600°C dan ciri perubahan fisik ditandai adanya kondisi sampel menjadi warna putih [45]. Suhu Grafik menunjukkan proses dekomposisi sampel dan terjadi berat konstan pada suhu 110°C dan proses pengabuan juga berat konstan pada suhu 600°C (Gambar 4). Uji termal menggunakan TGA akan

menghasilkan nilai persentase kadar air dan kadar abu yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Persentase kadar abu dan kadar air bioplastik edible film hasil analisis thermogravimetri

Hasil analisis termal pada film bioplastik berbahan dasar rumput laut *Gracilaria sp.* dengan penambahan gliserol dan kitosan didapatkan persentase kadar air dan kadar abu. Kadar air tertinggi pada komposisi B dengan persentase sebesar 19,97%. Komposisi B terdiri dari penambahan konsentrasi gliserol sebesar 1% v/v dan konsentrasi kitosan sebesar 1% b/v. Hasil keseluruhan sampel didapatkan kadar air sebesar 6,28%-19,97%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya terhadap *edible film* dari karagenan dan penambahan gliserol dengan kadar air didapatkan 17,14%-20,86% [46]. Kadar air yang tinggi juga terjadi pada penambahan konsentrasi gliserol 1%, artinya hal ini sesuai teori bahwa banyaknya konsentrasi gliserol dapat mempengaruhi kadar air [46]. Konsentrasi polisakarida juga berpengaruh terhadap *edible film* dan mungkin menyebabkan ketersediaan air lebih banyak pada reaksi polimerisasi [47].

Kadar abu terbaca sebagai *residual mass* (sisa residu) setelah didapatkan berat konstan hingga sampel berubah menjadi warna putih. Kadar abu film bioplastik setelah pemanasan didapatkan nilai persentase tertinggi pada komposisi D sebesar 30,81%. Komposisi D terdiri dari penambahan konsentrasi gliserol sebesar 1% v/v dan konsentrasi kitosan sebesar 2% b/v. Hasil keseluruhan sampel didapatkan kadar abu sebesar 16,35%-30,81%. Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian bioplastik karagenan alginat gliserol dengan perlakuan kalsium klorida dengan kadar air karagenan sebesar 21,84% dan alginat 35,32%. Hasil kadar abu tertinggi kemungkinan disebabkan oleh penambahan konsentrasi kitosan karena kadar abu tertinggi terjadi pada penambahan kitosan tertinggi. Kadar abu yang tinggi juga disebabkan oleh garam dan

mineral seperti K, Mg Ca, Na, dan amonimium galaktosa, serta kandungan 3,6-anhidro-galaktosa [39].

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa film bioplastik berbahan dasar *Gracilaria sp.* dengan penambahan gliserol dan kitosan didapatkan karakteristik ketebalan dengan nilai optimal 0,23 mm pada komposisi A, kuat tarik sudah memenuhi standar dikeluarga komposisi dengan nilai tertinggi 17,15 N/mm<sup>2</sup> pada komposisi F, sedangkan pemanjangan putus pada seluruh komposisi masih belum memenuhi standar yang ditetapkan karena nilai <10%. Hasil analisis termal didapatkan kadar air sebesar 19,97% dan kadar abu 30,81%. Hal ini perlu dilakukan kombinasi dengan komponen kimia organik yang mampu menaikkan standar karakteristik pemanjangan putus agar serta meningkatkan sifat hidrofobik bioplastik terhadap air untuk mendapatkan struktur matriks film yg optimal.

#### REFERENSI

- [1] N. Karuniastuti, "Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan," *Swara Patra Maj. Pusdiklat Migas*, vol. 3, no. 1, pp. 6–14, 2013, [Online]. Available: <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/43/65>
- [2] M. Z. Hakim, "Pengelolaan dan pengendalian sampah plastik berwawasan lingkungan," *Amanna Gappa*, vol. 27, no. 2, pp. 111–121, 2019, doi: <https://doi.org/10.20956/ag.v27i2.9673>.
- [3] P. Purwaningrum, "Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan," *Indones. J. Urban Environ.*, vol. 8, no. 2, pp. 5053–5062, 2016, doi: <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421>.
- [4] G. M. Vélez-Rubio, N. Teryda, P. Asaroff, A. Estrades, D. Rodriguez, and J. Tomás, "Differential impact of marine debris ingestion during ontogenetic dietary shift of green turtles in Uruguayan waters," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 128, pp. 603–611, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.053>.
- [5] J. Bobulski and M. Kubanek, "Deep learning for plastic waste classification system," *Hindawi*, pp. 1–7, 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6626948>.
- [6] T. Thiounn and R. C. Smith, "Advances and approaches for chemical recycling of plastic waste," *J. Polym. Sci.*, vol. 58, no. 10, pp. 1347–1364, 2020, doi: [10.1002/pol.20190261](https://doi.org/10.1002/pol.20190261).
- [7] S. Suparmi and A. Sahri, "Mengenal potensi rumput laut : kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan," *Sultan Agung*, vol. XLIV, no. 118, pp. 95–116, 2009.
- [8] S. Abdullah, B. Bunyamin, and T. Buana, "Alternatif peningkatan pendapatan masyarakat nelayan melalui olahan bakso ikan rumput laut sebagai inovasi makanan sehat dan rendah lemak di Desa Torokeku Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe," *J. Pengabd. Masy. Anoa*, vol. 2, no. 2, pp. 246–256, 2021, doi: [10.52423/ANOAV212.20093](https://doi.org/10.52423/ANOAV212.20093).
- [9] N. I. S. Arbit *et al.*, "Morphological and genetic analysis of *Gracilaria sp.* cultured in ponds and coastal waters," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 370, no. 1. doi: [10.1088/1755-1315/370/1/012018](https://doi.org/10.1088/1755-1315/370/1/012018).
- [10] H. Herawati, "Potensi hidrokoloid sebagai bahan tambahan pada produk pangan dan nonpangan bermutu," *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.*, vol. 37, no. 1, pp. 17–25, 2018, doi: [10.21082/jp3.v37n1.2018.p17-25](https://doi.org/10.21082/jp3.v37n1.2018.p17-25).
- [11] R. Dewi, "Potensi sumberdaya rumput laut," *J. Harpodon Borneo*, vol. 5, no. 2, pp. 125–129, 2012.
- [12] H. H. Soamole, G. Sanger, and S. D. Harikedua, "Kandungan fitokimia ekstrak rumput laut segar (*Turbinaria sp.*, *Gracilaria sp.*, dan *Halimeda macroloba*)," *J. Media Teknol. Has. Perikan.*, vol. 6, no. 3, 2018, doi: <https://doi.org/10.35800/mthp.6.3.2018.21259>.
- [13] N. Nurjanah, M. Nurilmala, T. Hidayat, and F. Suardirdjo, "Characteristics of seaweed as raw materials for cosmetics," *Aquat. Procedia*, vol. 7, pp. 177–180, 2016, doi: [10.1016/j.aqpro.2016.07.024](https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.024).
- [14] S. Purwaningsih and E. Deskawati, "Karakteristik dan aktivitas antioksidan rumput laut *Gracilaria sp.* asal Banten," *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 23, no. 3, pp. 503–512, 2021, doi: [10.17844/jphpi.v23i3.32808](https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32808).
- [15] T. Rosemary, A. Arulkumar, S. Paramasivam, A. Mondragon-portocarrero, and J. M. Miranda, "Biochemical, micronutrient and physicochemical properties of the dried red seaweeds *Gracilaria edulis* and *Gracilaria corticata*," *Molecules*, vol. 24, pp. 1–14, 2019, doi: [doi:10.3390/molecules24122225](https://doi.org/10.3390/molecules24122225).
- [16] P. T. Chan and P. Matanjun, "Chemical composition and physicochemical properties of tropical red seaweed, *Gracilaria changii*," *Food Chem.*, vol. 221, pp. 302–310, 2017, doi: [10.1016/j.foodchem.2016.10.066](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.066).
- [17] E. Zaidar, R. Bulan, Z. Alvian, S. T. R.S, and D. L. A, "Pembuatan edible film dari campuran tepung rumput laut (*Euchepeuma Sp*), dengan gliserol dan kitosan," in *Prodising Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 2013, pp. 125–130. [Online]. Available: <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/semirata/article/view/801/620>
- [18] D. S. Fardhyanti and S. S. Julianur, "Karakterisasi edible film berbahan dasar ekstrak karagenan dari rumput laut (*Eucheuma cottonii*)," *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 68–73, 2015, doi: [10.15294/jbat.v4i2.4127](https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4127).
- [19] D. A. Diova, Y. Darmanto, and L. Rianingsih, "Karakteristik edible film komposit semirefined karagenan dari rumput laut *Eucheuma cottonii* dan beeswax," *J. Pengolah. dan Bioteknol. Has. Perikan.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–

- 10, 2013, [Online]. Available: <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>
- [20] A. Setyaningrum, N. K. Sumarni, and J. Hardi, "Effect of glycerol on physico-chemical properties of edible film from agar seaweed (*Gracilaria* sp.)," *Nat. Sci. J. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 136–143, 2017, [Online]. Available: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/ejurnalfmipa/article/download/8661/6878>
- [21] M. Natalia and Y. Ristianingsih, "Pembuatan Edible film Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan sisik ikan papuyu (*Anabas testudineus*)," *J. Teknol. Agro-Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 72–80, 2019, doi: 10.34128/jtai.v6i1.91.
- [22] H. Rani and N. Kalsum, "Kajian proses pembuatan edible film dari rumput Laut *Gracillaria* sp. dengan penambahan gliserol," in *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*, 2016, no. September, pp. 219–225.
- [23] D. Setijawati, "Penggunaan *Eucheuma* sp. dan chitosan sebagai bahan edible film terhadap kualitasnya," *J. Fish. Mar. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 6–14, 2017, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2017.001.01.2>.
- [24] J. H. Mandei and A. Muis, "Pengaruh konsentrasi karaginan, jenis dan konsentrasi lipid pada pembuatan edible coating/film dan aplikasinya pada buah tomat apel dan kue nogat," *J. Penelit. Teknol. Ind.*, vol. 10, no. 1, pp. 25–36, 2018, doi: 10.33749/jpti.v10i1.3938.
- [25] E. Indarti, M. N. Zara, A. Srimarlita, and B. M. Nur, "Edible film characteristics of seaweed (*Eucheuma cottonii*) with variety of concentrations," *J. Teknol. Pengolah. Pertan.*, vol. 4, no. 1, pp. 34–39, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.utu.ac.id/jtpp/article/view/5295/3095>
- [26] A. Ahmad, M. Amir, A. A. Alshadidi, M. D. Hussain, A. Haq, and M. Kazi, "Central composite design expert-supported development and validation of HPTLC method: Relevance in quantitative evaluation of protopine in *Fumaria indica*," *Saudi Pharm. J.*, vol. 28, no. 4, pp. 487–494, 2020, doi: 10.1016/j.jsps.2020.02.011.
- [27] F. A. Rakhman and Y. Darni, "Aplikasi edible film dari rumput laut *Eucheumma cottoni* dan pati sorgum dengan plasticizer gliserol dan filler  $\text{CaCO}_3$  sebagai bahan pembuat cangkang kapsul," *Inov. Pembang. J. Kelitbangan*, vol. 05, no. 02, pp. 172–183, 2017, doi: 10.35450/jip.v5i02.36.
- [28] A. P. Nurindra, M. A. Alamsjah, and S. Sudarno, "Karakterisasi Edible Film dari Pati Propagul Mangrove Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) Sebagai Pemplastis," vol. 7, no. June, pp. 125–132, 2015.
- [29] B. Cuq, N. Gontard, J. L. Cuq, and S. Guilbert, "Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness," *J. Food Sci.*, vol. 61, no. 3, pp. 580–584, 1996, doi: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb13163.x.
- [30] T. Wittaya and P. Sopanodora, "Effect of some process parameters on the properties of edible film produced from lizard fish (*Saurida undosquamis*) muscle," *KMTIL Sci. Technol. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–18, 2009, [Online]. Available: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/cast/article/view/137232/102150>
- [31] R. R. Amaliya and W. D. R. Putri, "Karakterisasi edible film dari pati jagung dengan penambahan filtrat kunyit putih sebagai antibakteri," *J. Pangan dan Agroindustri*, vol. 2, no. 3, pp. 43–53, 2014, [Online]. Available: <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/51/61>
- [32] Z. Zulferiyenni, M. Marniza, and E. N. Sari, "Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik biodegradable film berbasis ampas rumput laut *Eu-cheuma cottonii*," *J. Teknol. dan Ind. Has. Pertan.*, vol. 19, no. 3, pp. 257–273, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jtthp.v19i3.257%20-%20273>.
- [33] J. D. Menczel and R. B. Prime, *Thermal analysis of polymers*, vol. 13, no. 1. 2009.
- [34] A. H. Widayat, K. Anggayana, B. Rahmad, and L. H. Azhar, "Pengaruh komposisi maseral batubara Muara Wahau terhadap perilaku termal menggunakan pendekatan pirolisis dengan Thermogravimetric analysis (TGA)," *Indones. Min. Prof. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 57–64, 2020, doi: 10.36986/impj.v2i2.33.
- [35] N. A. H. Faizin, D. Moentamaria, and Z. Irfin, "Pembuatan Edible Film Berbasis Glukomanan," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 9, no. 1, pp. 29–41, 2023, doi: 10.33795/distilat.v9i1.510.
- [36] S. G. Nelson, S.-S. Yang, and Y.-M. Chiang, "Yield and Quality of Agar from Species of *Gracilaria* (Rhodophyta) Collected from Taiwan and Micronesia," *Bot. Mar.*, vol. 26, no. 8, pp. 361–366, 1983, doi: 10.1515/botm.1983.26.8.361.
- [37] P. P. Utomo and F. Salahudin, "Pengaruh Inkorporasi Lipid dan Antioksidan Terhadap Sifat Mekanik dan Permeabilitas Edible Film Pati Jagung," *Biopropal Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 37–42, 2015.
- [38] I. Nafilah and E. Sedyadi, "Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Gliserol Terhadap Degradasi Bioplastik Pati Singkong dalam Media Tanah dan Kompos," *J. KRIDATAMA Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 38–46, 2019.
- [39] K. F. Brilianti, A. Ridlo, and S. Sedjati, "Sifat Mekanik dan Ketebalan Bioplastik dari *Kappaphycus alvarezii* Menggunakan Variasi Konsentrasi Amilum dengan Pemplastis Gliserol," *J. Mar. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 95–102, 2023, doi: 10.14710/jmr.v12i1.34169.
- [40] N. Pitak and S. K. Rakshit, "Physical and antimicrobial properties of banana flour/chitosan biodegradable and self sealing films used for preserving Fresh-cut vegetables," *Lwt-Food Sci. Technol.*, vol. 44, no. 10, pp. 2310–2315, 2011, doi: 10.1016/j.lwt.2011.05.024.
- [41] W. Setiani, T. Sudiarti, and L. Rahmidar, "Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan," *J. Kim. Val.*, vol. 3, no. 2, pp. 100–109, 2013, doi: 10.15408/jkv.v3i2.506.



- [42] A. Sabella, "Karakterisasi Bioplastik Dari Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Dan Pati Singkong Dengan Penambahan Pati Dari Limbah Biji Durian," *Risenologi*, vol. 4, no. 2, pp. 80–89, 2019, doi: 10.47028/j.risenologi.2019.42.54.
- [43] R. Isnaeni, A. Fitri, D. Nurandini, A. Tirtana, and M. Z. Prayitno, "Characteristics of Edible Film (Layer By Layer) From Carrageenan-Chitosan With the Addition of Belimbing Wuluh Leaf Extract As Antioxidant Substance," *Konversi*, vol. 11, no. 1, pp. 52–58, 2022, doi: 10.20527/k.v11i1.13081.
- [44] S. Kadir, P. Darmadji, C. Hidayat, and S. Supriyadi, "Fraksinasi dan Identifikasi Senyawa Volatil pada Asap Cair Tempurung Kelapa Hibrida," *AGRITECH*, vol. 30, no. 2, pp. 57–67, 2010.
- [45] J. Leiwakabessy, R. R. . Mailissa, and S. P. . Leatemia, "Komposisi Kimia Cacing Kacang (*Sipunculus nudus*) di Kabupaten Raja Ampat dan Kabupaten Manokwari," *J. Sumberd. Akuatik Indopasifik*, vol. 1, no. 1, pp. 53–66, 2017, doi: 10.30862/jsai-fpik-unipa.2017.vol.1.no.1.21.
- [46] A. Rusli, Metusalach, Salengke, and M. M. Tahir, "Karakterisasi Edible Film Karagenan Dengan Pemlastis Gliserol," *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 20, no. 2, pp. 219–229, 2017.
- [47] M. Marrón, C. Montalvo-Paquini, E. Palou, and A. López-Malo, "Optimization of the moisture content, thickness, water solubility and water vapor permeability of sodium alginate edible films," *Recent Adv. Chem. Eng. Biochem. Comput. Chem.*, pp. 72–78, 2013.
-