

## **Karakteristik *Edible Film* Komposit Protein Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) dan Kitosan dengan Penambahan Gliserol sebagai *Plasticizer***

**Josua Hutabarat, Mohammad Prasanto Bimantio<sup>\*)</sup>, Reni Astuti Widyowanti**

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, INSTIPER Yogyakarta

Jl. Nangka II, Maguwoharjo (Ringroad Utara), Yogyakarta

<sup>\*)</sup>Correspondence email: [bimantiomp@instiperjogja.ac.id](mailto:bimantiomp@instiperjogja.ac.id)

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik *edible film* komposit protein biji karet dan kitosan serta menganalisis fraksi protein biji karet (*Hevea brasiliensis*) dan kadar gliserol yang paling baik dalam pembuatan *edible film*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor. Faktor pertama adalah perbandingan fraksi protein biji karet (A) dengan 3 taraf yaitu (A1=0,5%), (A2=1%), (A3=2%). Faktor kedua adalah variasi penambahan gliserol dengan 3 taraf yaitu (B1=1%), (B2=2%), (B3=3%). Pada penelitian ini terdapat analisis kimiawi yaitu kadar sianida (HCN) dan kadar protein serta analisis mekanis yaitu ketebalan, kuat tarik, elongasi, daya larut, dan *water vapor transmission rate* (WVTR). Perbandingan konsentrasi fraksi protein biji karet yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* komposit berpengaruh terhadap ketebalan film, daya larut, kuat tarik, elongasi, dan WVTR film yang dihasilkan. Sedangkan, variasi konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* komposit berpengaruh terhadap ketebalan film, daya larut, elongasi, dan WVTR serta tidak berpengaruh terhadap kuat tarik film yang dihasilkan. Nilai terbaik berdasarkan uji bobot parameter yang diuji didapatkan sampel A3B2 sebagai sampel terbaik (fraksi protein biji karet 1,5 % dan konsentrasi gliserol 2 %), dengan nilai ketebalan 178,33  $\mu\text{m}$ , daya larut 42,95 %, kuat tarik 0,718 Mpa, elongasi 46,16 %, *water vapor transmission rate* (WVTR) 1,180 g/m<sup>2</sup>/hari.

**Keywords:** biji karet; *edible film*; gliserol; *plasticizer*.

### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan komoditas perkebunan yang sangat beragam sekaligus berlimpah. Salah satunya adalah karet (*Hevea brasiliensis*). Luas kebun karet saat ini adalah 3,6 juta ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Selain getahnya, biji

karet sebenarnya punya potensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut karena kandungan proteinnya cukup tinggi.

Menurut USDA *Food Composition Database* (2014) kandungan gizi biji karet yang tertinggi adalah lemak (32,3%) dan yang terendah adalah abu (3,96%). Kandungan proteinnya sebesar 27%, lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan protein kacang hijau (24%) dan kacang hitam (21%) serta hampir sama dengan kandungan protein kacang tanah (27,9 tetapi masih di bawah kandungan protein kedelai (36%).

Sampai saat ini biji karet belum banyak dimanfaatkan karena biji karet juga mengandung Linamarin (Sianogenik glukosida) yang cukup tinggi. Linamarin adalah kandungan racun yang akan menghasilkan asam sianida (HCN) apabila terjadi proses hidrolisis, yaitu sebesar 33.000 ppm/330 mg atau setara dengan 100 ppm/mg. Hal ini yang menyebabkan biji karet berbahaya untuk dikonsumsi apabila sebelumnya tidak diberikan perlakuan untuk menghilangkan HCN (Kusnanto dkk., 2013).

Jumlah sianida yang masuk ke tubuh tidak boleh melebihi 1 mg per kilogram berat badan per hari (Sentra Informasi Keracunan Nasional, 2016). Perlu adanya perlakuan untuk menurunkan kadar sianida (HCN) sehingga dapat diolah menjadi bahan pangan yang aman dikonsumsi. Salah satu perlakuannya adalah perendaman biji karet dalam larutan kapur yang mampu menghidrolisis HCN. Perlakuan tersebut didasarkan pada penelitian Djafaar dkk. (2009) yang mengatakan bahwa HCN dapat mengalami hidrolisis dalam larutan kapur  $\text{Ca(OH)}_2$  dimana senyawa HCN pada biji karet akan berikatan dengan Ca pada  $\text{Ca(OH)}_2$  membentuk  $\text{Ca(CN)}_2$  yang mudah larut dalam air.

*Edible film* merupakan salah satu pengemas bahan makanan yang dapat terurai secara alami (*biodegradable*) sehingga ramah lingkungan. Terbuat dari bahan yang aman bagi kesehatan sehingga dapat dikonsumsi bersama dengan bahan pangan yang dilapisinya dan dapat bertindak sebagai penghalang terhadap transfer massa seperti kelembaban, oksigen, dan zat terlarut (Rusli dkk., 2017).

*Edible film* komposit adalah *edible film* yang dibentuk dari gabungan biopolimer hidrokoloid dengan lipida. Gabungan kedua biopolimer ini dalam matrik *edible film* akan saling melengkapi dan menutupi kelemahan masing-masing biopolymer hingga akan berpengaruh terhadap peningkatan karakteristik *edible film* komposit yang dihasilkan (Baldwin dkk., 1994). Dalam pembuatan *edible film* komposit dibutuhkan bahan pendukung agar dapat dihasilkan *edible film* yang sesuai SNI, yaitu kitosan dan gliserol sebagai *plasticizer*.

Kitosan termasuk salah satu jenis polisakarida yang dapat digunakan sebagai *edible film*. Pelapis dari polisakarida merupakan penghalang (*barrier*) yang baik karena dapat membentuk matriks yang kuat dan kompak. Kitosan dapat menghambat sel tumor, anti kapang, anti bakteri, antivirus, menstimulasi sistem imun, dan mempercepat germinasi tumbuhan (Wahyu dkk., 2013). Selanjutnya adanya bahan *plasticizer* yang akan memberikan

karakteristik yang baik bagi *edible film*. Peran gliserol sebagai *plasticizer* adalah untuk meningkatkan fleksibilitas film (Luthana, Yissa, 2010).

Beberapa penelitian tentang biji karet sebelumnya telah banyak dilakukan dalam ruang lingkup pangan dan pakan ternak. Antara lain pemanfaatan biji karet sebagai campuran pakan ternak industri ayam potong (Ihsan, 2019) dan pemanfaatan biji karet sebagai bahan baku pembuatan *tortilla chip* sebagai produk makanan yang sehat dikonsumsi (Surhaini dkk., 2021). Sedangkan penelitian Poeloengasih, Dewi & Djagal, W. M. (2003) menemukan adanya potensi yang cukup besar pada protein biji kecipir, dalam bentuk fraksi protein biji kecipir, untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *biodegradable/edible film*. Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian pemanfaatan biji karet sebagai *edible film* komposit biji karet dan kitosan dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Dengan perlakuan pendahuluan yang dilakukan guna mengurangi kadar HCN. Adanya kitosan untuk memberikan daya elastisitas dan gliserol untuk meningkatkan semi permeabilitas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar.

Penentuan konsentrasi fraksi protein biji karet 1%, 1,5%, dan 2% adalah berdasarkan penelitian pembuatan *edible film* dari protein kecipir yang dilakukan oleh Poeloengasih, Dewi & Djagal, W. M. (2003) dimana hasil terbaiknya pada konsentrasi protein kecipir 1%. Adapun penggunaan konsentrasi gliserol pada faktor kedua ditentukan 1%, 2%, dan 3% karena berdasarkan penelitian pembuatan *edible film* pati sagu oleh Polnaya dkk. (2016) diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi gliserol 1%. Berdasarkan penelitian (Bintang, 2021) tentang karakteristik *active edible film* berbasis kitosan dengan penambahan ekstrak daun waru (*Hibiscus tiliaceus* L.) konsentrasi kitosan yang terbaik adalah 1%.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ialah Pilot Plant dan Laboratorium Karet Fakultas Teknologi Pertanian INSTIPER Yogyakarta, Laboratorium Balai Besar Kulit Karet Yogyakarta, dan Balai Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan dalam waktu 2 bulan.

### Alat dan Bahan

Alat-alat pendahuluan yang digunakan pada penelitian ini adalah: pengupas biji, ember, cawan, kompor, ayakan 80 mesh, panci, blender, kain blacu, timbangan digital, dan tampah. Sedangkan alat pembuatan *edible film* adalah timbangan digital, corong plastik, *beaker glass*, gelas ukur, *magnetic stirrer*, *cover glass*, dan mikroskop cahaya, termometer, timer, plat plastik ukuran 24 cm x 16 cm x 2 cm, oven Memmert.

Alat yang digunakan untuk analisis: desikator, universal testing machine ZWICK & ROEL, *micrometer* 1  $\mu\text{m}$  Mitutoyo, *WVTR acrylic, digital thickness*, destilator, spekterometer,

sarung tangan, dan masker yang diperoleh dari laboratorium Balai Besar Kulit Karet Yogyakarta dan Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian Instiper Yogyakarta.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *edible film* yaitu biji karet yang diperoleh dari perkebunan karet SEAT INSTIPER di Ungaran. Serta bahan tambahan yaitu kapur  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  1 N,  $\text{HCl}$  1 N, kitosan, gliserol, asam asetat dan akuades. Bahan yang digunakan untuk analisis adalah aquadest, silica gel,  $\text{NaCl}$  Teknis atau garam dapur, Selenium N,  $\text{NaOH}$  40%, asam bromat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ).

### **Rancangan Penelitian**

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan metode faktorial pengujian uji beda nyata dan dilihat pengaruh dari masing-masing perlakuan dengan variasi perlakuan. Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang paling sederhana di antara rancangan-rancangan percobaan yang baku (Hinkelmann, 2012).

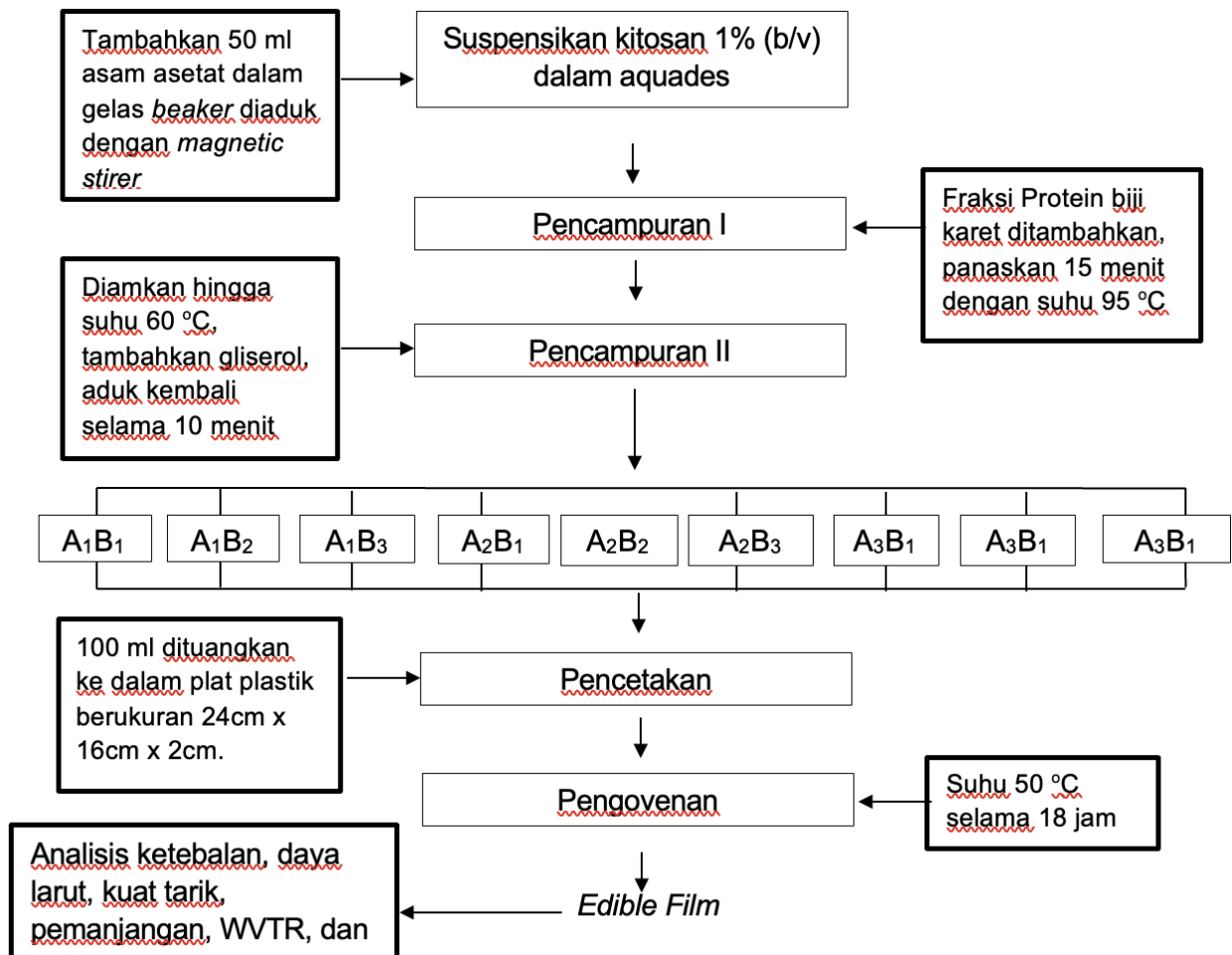
Terdapat 2 faktor dan masing-masing faktor mempunyai 3 taraf dalam percobaan yang dilakukan pada penelitian ini. Faktor pertama ialah fraksi protein biji karet dengan konsentrasi 1% (A1); 1,5% (A2); dan 2 % (A3). Faktor kedua ialah konsentrasi gliserol dengan konsentrasi 1% (B1); 2% (B2); dan 3% (B3).

Perlakuan diulang sebanyak 2 kali, sehingga diperoleh unit sampel  $3 \times 3 \times 2 = 18$  sampel percobaan. Selanjutnya berdasarkan penelitian Bintang dan Umar (2021), konsentrasi kitosan yang terbaik adalah 1%. Maka pada penelitian ini akan menggunakan konsentrasi kitosan sebesar 1% sebagai variabel tetap.

### **Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pembuatan fraksi proteib biji karet
2. Persiapan bahan dan alat untuk pembuatan *edible film*, analisis kimia dan analisis mekanis.
3. Pembuatan *edible film* komposit.
4. Analisis kimia dan analisis mekanis yang terdiri atas: analisis kadar sianida, analisis kadar protein, analisis ketebalan film, analisis daya larut, analisis kuat tarik dan elongasi, dan *water vapor transmission rate*.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan *edible film*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kadar Sianida

Biji karet mengandung asam sianida yang tinggi. Kandungan HCN biji karet segar sekitar 3300 ppm (Kusnanto dkk., 2013). HCN yang terdapat dalam biji karet yang bersifat toksik sehingga akan berdampak negatif jika dijadikan bahan yang dikonsumsi. Pada penelitian kali ini, sebagai proses pendahuluan diperoleh kadar sianida 22,150 mg/L atau ppm dengan pengujian menggunakan spektrofotometri. Serta kadar sianida yang dapat diterima oleh tubuh tidak boleh melebihi 1 mg per kilogram berat badan per hari (Sentra Informasi Keracunan Nasional, 2016). Maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini, biji karet dapat digunakan sebagai bahan kemasan makanan yang ramah lingkungan.

### 2. Kadar Protein

Pada penelitian ini diperoleh hasil pengujian kadar protein dari fraksi protein biji karet sebesar 15,3 %. Dengan kadar protein yang cukup tinggi ini dapat dipergunakan untuk pembuatan *edible film* komposit. Penurunan kadar protein dipengaruhi oleh faktor perendaman yang akan mempermudah air masuk ke dalam struktur selnya, sehingga kadar

air cukup tinggi dan terjadi penurunan kadar protein. Perendaman menyebabkan lepasnya ikatan struktur protein sehingga komponen protein terlarut dalam air. Protein biji karet sebagian besar merupakan globulin yang akan mengendap pada pH 4,1 sedang protein lainnya proteosa, prolamin, dan albumin bersifat larut dalam air sehingga perebusan menyebabkan terlarutnya komponen protein dalam air (Setiawati, Lilis dkk., 2017).

### 3. Ketebalan Edible film Komposit

Ketebalan merupakan sifat fisik dari *edible film* yang berpengaruh terhadap besarnya nilai kuat tarik, elongasi, dan WVTR. Peningkatan nilai ketebalan terjadi seiring dengan peningkatan yang terjadi pada konsentrasi *plasticizer* pada proses pembuatan *edible film* dan cetakan yang digunakan (Alfatahillah dkk., 2021). Hasil analisis ketebalan *edible film* komposit dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data primer analisis ketebalan *edible film* komposit ( $\mu\text{m}$ )

Perlakuan	Ulangan		Total	Rerata
	I	II		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	102,67	107,33	210,00	105,00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	141,00	127,67	268,67	134,34
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	159,67	148,00	307,67	153,84
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	136,33	125,67	262,00	131,00
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	145,33	147,33	292,66	146,33
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	211,33	217,00	428,33	214,17
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	132,67	125,33	258,00	129,00
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	178,33	178,33	356,66	178,33
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	179,33	186,33	365,66	182,83
	Grand Total		2749,65	152,76

Dari data primer tabel 1, selanjutnya dilakukan Analysis of Variance (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan penambahan fraksi biji karet dan gliserol terhadap uji ketebalan dalam pembuatan *edible film* komposit. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Analysis of Variance (ANOVA)* uji ketebalan *edible film* komposit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
A	4239.255	2	2119.628	64.859	.000**
B	11511.448	2	5755.724	176.120	.000**
A * B	2308.572	4	577.143	17.660	.000**
Error	294.127	9	32.681		
Total	438385.354	18			

a. R Squared = ,984 (Adjusted R Squared = ,970)

Keterangan: \*\* (berpengaruh sangat nyata)

\* (berpengaruh nyata)

Berdasarkan Tabel 2 diketahui fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ) terhadap ketebalan edible film yang dihasilkan, konsentrasi gliserol berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ) terhadap edible film yang dihasilkan sedangkan interaksi antara fraksi

protein biji karet dan gliserol berpengaruh sangat nyata pada pengukuran ketebalan *edible film* komposit ( $P \leq 0.01$ ). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan uji lanjut (*Duncan*), hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Uji *Duncan* ketebalan *edible film* komposit

Faktor A	Faktor B			Rerata
	B1	B2	B3	
A1	105,00 <sup>f</sup>	134,44 <sup>de</sup>	153,84 <sup>c</sup>	131,06 <sup>q</sup>
A2	131,00 <sup>e</sup>	146,33 <sup>cd</sup>	214,17 <sup>a</sup>	163,83 <sup>p</sup>
A3	129,00 <sup>e</sup>	178,33 <sup>b</sup>	182,83 <sup>b</sup>	163,39 <sup>p</sup>
Rerata	121,67 <sup>z</sup>	153,00 <sup>y</sup>	183,61 <sup>x</sup>	(+)

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *duncan* pada jenjang nyata 5%

Hasil tabel 3 menunjukkan bahwa variasi penambahan fraksi protein biji karet terhadap ketebalan *edible film* komposit berpengaruh nyata. Hasil analisis diperoleh bahwa ketebalan *edible film* yang meningkat berarti bahwa penambahan fraksi protein biji karet pada pembuatan *edible film* komposit berbeda nyata. Ketebalan *edible film* meningkat dengan bertambahnya konsentrasi fraksi protein protein. Hal ini terjadi karena penambahan jumlah fraksi protein yang semakin besar, akan meningkatkan polimer penyusun matriks film. Total padatan *edible film* semakin besar sehingga film yang dihasilkan akan semakin tebal (Warkoyo dkk., 2014). Dapat dilihat rasio protein yang terdapat dalam variasi pembuatan *edible film* terbukti memberikan penambahan ketebalan film pada masing-masing konsentrasi.

Variasi penambahan gliserol menghasilkan ketebalan *edible film* komposit yang berbeda,  $B_1 = 121,67$ ;  $B_2 = 153,00$ ;  $B_3 = 183,61$ , penambahan gliserol yang semakin banyak maka semakin tinggi pula ketebalan film yang disebabkan karena konsentrasi gliserol meningkat maka akan kemampuan menyerap uap air *edible film* meningkat sampai pada batas tertentu sehingga terjadi peningkatan ketebalan *edible film* karena proses *swelling* (Ahmadi dkk., 2012).

Molekul gliserol akan menempati rongga dalam matriks *edible film* yang akan berinteraksi dengan molekul fraksi protein biji karet dan kitosan untuk membentuk polimer yang menyebabkan peningkatan jarak antar polimer molekul fraksi protein biji karet dengan kitosan sehingga meningkatkan ketebalan *edible film* (Sudaryati dkk., 2010).

Pada penelitian ini, *edible film* komposit dengan perlakuan penambahan variasi fraksi protein biji karet dan gliserol terhadap ketebalan *film* memperoleh nilai berkisar antara 105,00 – 214,37  $\mu\text{m}$ . Dengan nilai terbesar yaitu 214,37 (A2B3) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 1% dan konsentrasi gliserol (B) 3%. Sedangkan, nilai terendah yaitu 105,00 (A1B1) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 0,5 % dan konsentrasi gliserol (B) 1 %. Menurut Japanese Industrial Standard (1975) nilai maksimal ketebalan *edible film* yaitu 250  $\mu\text{m}$ , maka

hasil penelitian *edible film* komposit ini telah memenuhi standar tersebut. Perbedaan nilai ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, variasi konsentrasi fraksi protein biji karet dan gliserol yang ditambahkan, luas penampang plat cetakan *film*, proses pemerataan film sebelum pengeringan tidak merata dan suhu pengeringan.

#### 4. Daya Larut Edible film Komposit

Pengukuran daya larut *edible film* bertujuan untuk mengetahui kemampuan *edible film* untuk larut dalam air dan untuk menahan air. Daya larut merupakan sifat fisik *edible film* yang penting karena berkaitan dengan kemampuan *edible film* untuk menahan air. Data hasil pengujian daya larut *edible film* komposit dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data primer analisis daya larut *edible film* komposit (%)

Perlakuan	Ulangan		Total	Rerata
	I	II		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	58,77	59,51	118,28	59,14
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	65,41	67,59	133	66,5
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	70,56	75,63	146,19	73,095
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	63,35	68,31	131,66	65,83
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	68,01	72,42	140,43	70,215
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	75,42	76,83	152,25	76,125
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	72,00	75,46	147,46	73,73
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	75,98	74,58	150,56	75,28
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	79,63	81,57	161,2	80,6
Grand Total			1281,03	71,16833

Dari data primer tabel 4, selanjutnya dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan penambahan fraksi biji karet dan gliserol terhadap uji daya larut dalam pembuatan *edible film* komposit. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. *Analysis of Variance* (ANOVA) uji daya larut *edible film* komposit

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
A	319.537	2	159.769	30.356	.000
B	325.098	2	162.549	30.884	.000
A * B	28.536	4	7.134	1.355	.323
Error	47.369	9	5.263		
Total	91889.310	18			

a. R Squared = ,934 (Adjusted R Squared = ,876)

Berdasarkan Tabel 5 diketahui fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ), konsentrasi gliserol berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ), sedangkan interaksi antara fraksi protein biji karet dan konsentrasi gliserol tidak berpengaruh nyata pada pengukuran ketebalan *film* ( $P \geq 0.05$ ). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan uji lanjut (*Duncan*), hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Uji *Duncan* daya larut *edible film* komposit

Faktor A	Faktor B			Rerata
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	59,14	66,50	73,10	66,25 <sup>p</sup>
A <sub>2</sub>	65,83	70,22	76,13	70,72 <sup>q</sup>
A <sub>3</sub>	73,73	75,28	80,60	76,54 <sup>r</sup>
Rerata	66,23 <sup>x</sup>	70,67 <sup>y</sup>	76,61 <sup>z</sup>	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *duncan* pada jenjang nyata 5%

Data dari tabel 6 menunjukkan bahwa molekul protein bersifat hidrofilik yaitu suka terhadap air, sehingga penambahan fraksi protein dapat meningkatkan daya larut *edible film*. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya ikatan kompleks antara molekul protein melalui gugus aktif NH<sub>3</sub> dengan senyawa yang terdapat pada biji karet melalui gugus hidroksil (OH). Ikatan yang terbentuk ini menyebabkan matrik *edible film* bersifat hidrofilik atau mudah larut dalam air (Santoso dkk., 2017). Sama halnya dengan gliserol mempunyai sifat hidrofilik, sehingga semakin tinggi konsentrasi gliserol maka daya larut *edible film* meningkat pula (Warkoyo dkk., 2014). Namun pada interaksi kedua perlakuan menunjukkan nilai tidak beda nyata disebabkan oleh kedua taraf memberikan sifat hidrofilik yang sama besar.

Data hasil penelitian menunjukkan daya larut tertinggi yaitu 80,60 % (A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>) dengan konsentrasi protein biji karet (A) 1,5 % dan konsentrasi gliserol 3 %. Sedangkan, nilai terendah sebesar 59,14 % (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 0,5 % dan konsentrasi gliserol (B) 1 %. Nilai daya larut yang tinggi dari *edible film* yang dihasilkan menunjukkan bahwa *edible film* mudah terdegradasi di alam (*biodegradable*) serta menjadi kemasan primer bahan pangan yang aman digunakan. *Edible film* ini juga mempunyai aktivitas air yang rendah, maka pada saat dikonsumsi *edible film* mudah larut (Rusli dkk., 2017). Tingkat daya larut *edible film* dikatakan baik dilihat berdasarkan pada bahan yang akan dikemas. Jika produk pangan yang dikemas memiliki kadar air yang cukup tinggi maka *edible film* yang digunakan memiliki daya larut yang rendah, sedangkan pada produk pangan yang memiliki kadar air rendah daya larut relatif tinggi masih dapat digunakan sebagai kemasan (Lestari dkk., 2022). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *edible film* ini dapat digunakan karena telah mempunyai daya larut yang baik untuk lingkungan serta aman bagi konsumen.

## 5. Kuat Tarik *Edible film* Komposit

Kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang perlu diuji pada produk *edible film*, hal ini berkaitan dengan kemampuan *edible film* untuk membungkus atau melindungi bahan pangan yang akan dilapisinya. *Edible film* dengan nilai kuat tarik yang tinggi bertujuan untuk

melindungi bahan pangan selama penanganan, transportasi dan pemasaran karena produk pangan tersebut akan mengalami perubahan secara fisik maupun kimiawi (Rusli dkk., 2017). Hasil analisis kuat tarik *edible film* komposit dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Data primer analisis kuat tarik *edible film* komposit (MPa)

Perlakuan	Ulangan		Total	Rerata
	I	II		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0,000	0,000	0,000	0,000
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0,100	0,184	0,284	0,142
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	0,420	0,393	0,813	0,407
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0,511	0,511	1,022	0,511
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	0,494	0,419	0,913	0,457
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	0,364	0,284	0,648	0,324
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	0,724	0,806	1,530	0,765
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	0,710	0,725	1,435	0,718
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	0,448	0,397	0,845	0,423
Grand Total			7,490	0,416

Dari data primer tabel 8, selanjutnya dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan penambahan fraksi biji karet dan gliserol terhadap analisis kuat tarik dalam pembuatan *edible film* komposit. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. *Analysis of Variance* (ANOVA) uji kuat tarik *edible film* komposit

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
A	.615	2	.308	188.592	.000
B	.010	2	.005	2.949	.103
A * B	.335	4	.084	51.398	.000
Error	.015	9	.002		
Total	4.092	18			

a. R Squared = .985 (Adjusted R Squared = .972)

Berdasarkan tabel 8 diketahui fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ), untuk konsentrasi gliserol tidak berpengaruh nyata ( $P \geq 0.05$ ), sedangkan interaksi antara fraksi protein biji karet dan gliserol berpengaruh sangat nyata pada pengukuran kuat tarik *edible film* komposit ( $P \leq 0.01$ ). Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dilakukan uji lanjut (*Duncan*), hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Uji *Duncan* kuat tarik *edible film*

Faktor A	Faktor B			Rerata
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	0,000 <sup>f</sup>	0,142 <sup>e</sup>	0,407 <sup>cd</sup>	0,183 <sup>r</sup>
A <sub>2</sub>	0,511 <sup>b</sup>	0,457 <sup>bc</sup>	0,324 <sup>d</sup>	0,431 <sup>q</sup>

A <sub>3</sub>	0,765 <sup>a</sup>	0,718 <sup>a</sup>	0,423 <sup>bc</sup>	0,635 <sup>p</sup>
Rerata	0,425 <sup>x</sup>	0,439 <sup>x</sup>	0,384 <sup>x</sup>	(+)

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%

Tabel 9 menunjukkan bahwa variasi fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata dengan nilai  $A_1 = 0,183$ ;  $A_2 = 0,431$ ;  $A_3 = 0,635$  karena cenderung meningkat pada penambahan konsentrasinya. Semakin tinggi kadar protein maka semakin tinggi pula nilai kuat tariknya. Hal ini disebabkan karena pada saat kadar air *edible film* berkurang dalam proses pengovenan, jarak intermolekuler rantai-rantai polimer protein semakin rapat sehingga saat *edible film* ditarik dapat memiliki nilai kuat tarik yang lebih tinggi (Wijayani dkk., 2021). Peningkatan ini juga sejalan dengan penelitian Warkoyo dkk. (2014) bahwa kadar asam amino dalam larutan *edible film* semakin meningkat, maka jumlah polimer dalam formasi matriks akan semakin banyak, ikatan antar polimer semakin kuat sehingga nilai kuat tarik yang dihasilkan semakin besar pula.

Variasi gliserol sebagai *plasticizer* tidak berpengaruh nyata terhadap kuat Tarik dengan nilai  $B_1 = 0,425$ ;  $B_2 = 0,439$ ;  $B_3 = 0,384$ . Dari hasil rerata pengujian kuat Tarik *edible film* menunjukkan bahwa cenderung menurun namun tidak signifikan. Menurut Rusli, dkk. (2017) Kuat tarik *edible film* cenderung menurun dengan penambahan konsentrasi gliserol.

Dalam penelitian Sanyang dkk. (2015) menjelaskan bahwa penurunan nilai kuat tarik terjadi karena pengaruh peningkatan konsentrasi *plasticizer* dapat dijelaskan melalui peran *plasticizer* yang mengurangi daya tarik molekul yang kuat antar pati dan mendorong pembentukan ikatan hidrogen antara molekul pati dan *plasticizer* itu sendiri. Melemahnya ikatan hidrogen diantara rantai pati menyebabkan menurunnya kuat tarik *edible film*. Sama halnya dengan fraksi protein biji karet pada penelitian ini, menunjukkan bahwa konsentrasi gliserol yang tinggi menyebabkan kuat tarik *edible film* menurun karena terjadinya penurunan interaksi antarmolekul bahan dasar penyusun *edible film*.

Pada penelitian ini, *edible film* komposit dengan perlakuan penambahan variasi fraksi protein biji karet dan gliserol terhadap kuat Tarik *film* memperoleh nilai berkisar antara 0,000 – 0,765 MPa. Dengan nilai terbesar yaitu 0,765 MPa (A3B1) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 1,5% dan konsentrasi gliserol (B) 1%. Sedangkan, nilai terendah yaitu 0,000 MPa (A1B1) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 0,5 % dan konsentrasi gliserol (B) 1 %. Menurut *Japanese Industrial Standart* (1975) nilai kuat Tarik *edible film* yaitu minimal 0,39 MPa, maka ada beberapa hasil penelitian *edible film* komposit ini telah memenuhi standar tersebut.

## 6. Elongasi Edible film Komposit

*Elongasi* adalah persentase pemanjangan pada *film* yang dihitung dari panjang *film* mula-mula hingga saat *film* akan putus pada proses penarikan. Waktu pemanasan proses pembuatan *edible film* mempengaruhi *elongasi*, karena akan semakin banyak kadar air yang akan berkurang. Data hasil pengujian *elongasi edible film* komposit dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Data primer analisis *elongasi edible film* komposit (%)

Perlakuan	Ulangan		Total	Rerata
	I	II		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	0,01	0,06	0,06	0,03
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	35,62	51,53	87,15	43,58
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	10,65	11,06	21,71	10,86
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	64,66	21,77	86,43	43,22
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	26,03	19,71	45,74	22,87
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	23,22	22,95	46,17	23,09
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	48,17	44,14	92,31	46,16
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	43,82	48,22	92,04	46,02
Grand Total			471,61	26,20

Dari data primer tabel 10 selanjutnya dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan penambahan fraksi biji karet dan gliserol terhadap analisis *elongasi* dalam pembuatan *edible film* komposit. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. *Analysis of Variance* (ANOVA) *elongasi edible film* komposit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
A	1714.008	2	857.004	7.114	.014
B	2172.068	2	1086.034	9.015	.007
A * B	2133.412	4	533.353	4.427	.030
Error	1084.233	9	120.470		
Total	19460.689	18			

a. R Squared = .847 (Adjusted R Squared = .712)

Berdasarkan tabel 11 diketahui fraksi protein biji karet berpengaruh nyata ( $P \leq 0.05$ ), untuk pengaruh tunggal gliserol berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ), sedangkan interaksi antara fraksi protein biji karet dan konsentrasi gliserol berpengaruh nyata pada pengukuran kuat tarik *edible film* komposit ( $P \leq 0.05$ ). Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dilakukan uji lanjut (*Duncan*), hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12 Uji *Duncan elongasi edible film* komposit

Faktor A	Faktor B			Rerata
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>	0,00 <sup>b</sup>	0,04 <sup>b</sup>	43,58 <sup>a</sup>	14,54 <sup>q</sup>
A <sub>2</sub>	10,86 <sup>b</sup>	43,22 <sup>a</sup>	22,87 <sup>ab</sup>	25,65 <sup>pq</sup>
A <sub>3</sub>	23,09 <sup>ab</sup>	46,16 <sup>a</sup>	46,02 <sup>a</sup>	38,42 <sup>p</sup>
Rerata	11,31 <sup>y</sup>	29,80 <sup>x</sup>	37,49 <sup>x</sup>	(+)

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%

Tabel 12 menunjukkan bahwa variasi fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata dengan nilai A<sub>1</sub> = 14,54%; A<sub>2</sub> = 25,65%; A<sub>3</sub> = 38,42% karena cenderung meningkat pada penambahan konsentrasinya. Sebagai pembanding, pada penelitian Santoso dkk. (2017) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak gambir maka makin meningkat juga *elongasi edible film*. Hal ini disebabkan oleh pada ekstrak gambir mengandung senyawa katekin yang memiliki gugus aktif hidroksil (OH<sup>-</sup>). Peningkatan konsentrasi ekstrak gambir sebanding dengan meningkatnya jumlah gugus OH<sup>-</sup> dalam matriks pembentukan *edible film*. Gugus OH<sup>-</sup> mempunyai fungsi meningkatkan mobilitas rantai polimer matriks *edible film* dan hal ini dapat menyebabkan elastisitas atau *elongasi edible film* akan meningkat. Hal ini sama juga pada perlakuan *edible komposit* dengan variasi penambahan fraksi protein biji karet karena protein juga mempunyai gugus aktif hidroksil pada senyawa peptida.

Variasi konsentrasi gliserol sebagai *plasticizer* tidak berpengaruh nyata terhadap *elongasi* dengan nilai B<sub>1</sub> = 11,31 %; B<sub>2</sub> = 29,80 %; B<sub>3</sub> = 37,49 %. Dari hasil rerata pengujian *elongasi* menunjukkan bahwa cenderung meningkat dan berbeda sangat nyata terhadap variasi penambahan gliserol. Penambahan gliserol berfungsi secara efektif sebagai *plasticizer* karena dapat mengurangi ikatan hidrogen internal dengan meningkatkan ruang kosong antar molekul, sehingga meningkatkan fleksibilitas *film* agar tidak mudah terputus (Krochta et al. 1994). Sama halnya dengan Lestari, dkk. (2021) dimana variasi peningkatan *plasticizer* yang ditambahkan maka semakin besar juga persen *elongasi* pada *edible film*. Hal ini juga sama dikarenakan kekuatan gaya antar molekul pada pembentukan *film* akan menurun dan mobilitas antar rantai molekul akan meningkat seiring dengan semakin banyaknya *plasticizer* yang ditambahkan.

Pada penelitian ini, *edible film* komposit dengan perlakuan penambahan variasi fraksi protein biji karet dan gliserol terhadap *elongasi edible film* memperoleh nilai berkisar antara 0,00 – 46,16 %. Dengan nilai terbesar yaitu 46,16% (A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 1,5% dan konsentrasi gliserol (B) 2%. Sedangkan, nilai terendah yaitu 0,00 % (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 0,5 % dan konsentrasi gliserol (B) 1 %. Menurut *Japanese Industrial Standart* (1975) *elongasi edible film* <10% sangat buruk dan

>50% sangat baik, maka hampir keseluruhan hasil penelitian *edible film* komposit ini telah memenuhi standar tersebut yang baik untuk diaplikasikan pada produk pangan. Untuk nilai *elongasi* yang tidak memenuhi standar ialah sampel A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> dan A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, hal ini dipengaruhi oleh nilai kuat tarik dan ketebalan yang kecil pula sehingga alat pengujian tidak dapat membaca hasil dengan baik karena nilainya yang sangat kecil.

### 7. WVTR (Water Vapor Transmisssion Rate)

Laju perpindahan uap air (*water vapor transmission rate*) merupakan jumlah uap air yang hilang per satuan waktu dibagi dengan luar area permukaan *edible film*. Perpindahan uap air disebabkan oleh perpindahan molekul air melalui pori atau membran karena terjadi proses pemecahan dan penyerapan uap air terlarut pada permukaan *film* yang kemudian terserap oleh permukaan yang lain (Baldwin dkk., 1994). Laju transmisi uap air dinyatakan sebagai *slope* kenaikan berat cawan (g/jam) dibagi dengan luas area *film* yang diuji. Data hasil pengujian WVTR dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Data primer analisis WVTR *edible film* komposit (g.mm/m<sup>2</sup>/ hari)

Perlakuan	Ulangan		Total	Rerata
	I	II		
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1,319	1,288	2,607	1,304
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	1,255	1,246	2,501	1,250
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	1,302	1,350	2,652	1,326
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	1,211	1,147	2,358	1,179
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	1,211	1,217	2,428	1,214
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	1,189	1,192	2,381	1,191
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	1,071	1,130	2,201	1,100
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	1,181	1,180	2,361	1,180
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	1,208	1,194	2,403	1,201
Grand Total			21,890	1,216

Dari data primer tabel 13 selanjutnya dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan penambahan fraksi biji karet dan gliserol terhadap analisis *water vapor transmission* (WVTR) dalam pembuatan *edible film* komposit. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. *Analysis of Variance* (ANOVA) WVTR *edible film* komposit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
A	.057	2	.029	45.968	.000
B	.006	2	.003	4.871	.037
A * B	.013	4	.003	5.047	.021
Error	.006	9	.001		
Total	26.704	18			

a. R Squared = .931 (Adjusted R Squared = .870)

Berdasarkan tabel 14 diketahui fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata ( $P \leq 0.01$ ), untuk konsentrasi gliserol berpengaruh nyata ( $P \leq 0.05$ ), sedangkan interaksi antara

fraksi protein biji karet dan konsentrasi gliserol berpengaruh nyata pada pengukuran kuat tarik *edible film* komposit ( $P \leq 0.05$ ). Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dilakukan uji lanjut (*Duncan*), hasil uji *Duncan* dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Uji *Duncan* WVTR *edible film* komposit

Faktor A	Faktor B			Rerata
	B1	B2	B3	
A1	1,303 <sup>ab</sup>	1,250 <sup>bc</sup>	1,326 <sup>a</sup>	1,293 <sup>p</sup>
A2	1,179 <sup>d</sup>	1,214 <sup>cd</sup>	1,191 <sup>cd</sup>	1,213 <sup>q</sup>
A3	1,100 <sup>e</sup>	1,180 <sup>d</sup>	1,201 <sup>cd</sup>	1,161 <sup>r</sup>
Rerata	1,194 <sup>y</sup>	1,215 <sup>xy</sup>	1,258 <sup>x</sup>	(+)

Keterangan : Rerata yang diikuti huruf yang berbeda dengan kolom maupun baris menunjukkan adanya perbedaan berdasarkan uji jarak berganda *duncan* pada jenjang nyata 5%

Perbedaan ketebalan dipengaruhi oleh variasi perlakuan pada pembuatan *edible film*. Sehingga menyebabkan perbedaan yang signifikan pula pada laju transmisi uap air ( $P \leq 0.01$ ) yaitu berpengaruh sangat nyata pada interaksi kedua perlakuan yaitu fraksi protein biji karet dengan gliserol. Menurut Kartika, dkk (2021) bahwa permukaan *edible film* yang lebih tipis dan mengakibatkan air lebih cepat menembus *edible film*. Sebaliknya, ketebalan *film* yang besar maka kemampuan untuk menahan uap air semakin baik.

Tabel 15 menunjukkan bahwa variasi fraksi protein biji karet berpengaruh sangat nyata dengan nilai  $A_1 = 1,293$ ;  $A_2 = 1,213$ ;  $A_3 = 1,161$  g/m<sup>2</sup>/hari, hal ini terjadi karena cenderung menurunnya konsentrasi yang diberikan. Nurdiani dkk. (2019) mengemukakan bahwa meningkatnya molekul larutan dapat menyebabkan matriks *film* semakin banyak, sehingga ikatan antar molekul penyusun *film* semakin kompak sehingga meningkatkan kekuatan film dalam menahan laju transmisi uap air.

Variasi gliserol sebagai *plasticizer* berpengaruh sangat nyata terhadap *elongasi* dengan nilai  $B_1 = 1,194$ ;  $B_2 = 1,215$ ;  $B_3 = 1,258$  g/m<sup>2</sup>/hari. Dari hasil rerata uji WVTR menunjukkan bahwa cenderung meningkat terhadap variasi penambahan gliserol. Penelitian yang dilakukan oleh (Rahmi dkk., 2022) menunjukkan bahwa nilai laju transmisi uap air (WVTR) *edible film* akan meningkat berbanding lurus dengan penambahan konsentrasi gliserol. Hal ini disebabkan gliserol memiliki sifat hidrofilik yang berikatan pada matriks *film*, tegangan antar molekulnya akan menurun. Hal tersebut membuat jarak ruang antar molekul semakin lebar sehingga lapisan membran *edible film* akan lebih mudah dilewati oleh uap air.

Efektifitas kontrol laju transmisi uap air salah satu aspek yang paling diutamakan dalam kemasan produk pangan yang ramah lingkungan (*biodegradable*). Karena kadar air yang tinggi dapat menyebabkan makanan rusak dan berpengaruh terhadap masa simpan makanan (Ekawati, 2015). Pada penelitian ini, *edible film* komposit dengan perlakuan penambahan variasi fraksi protein biji karet dan gliserol terhadap *water vapor transmission rate* (WvTR)

*edible film* memperoleh nilai berkisar antara 1,100 – 1,326 g/m<sup>2</sup>/hari. Dengan nilai terbesar yaitu 1,326 g/m<sup>2</sup>/hari (A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 0,5% dan konsentrasi gliserol (B) 3%. Sedangkan, nilai terendah yaitu 1,100 g/m<sup>2</sup>/hari (A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>) dengan konsentrasi fraksi protein biji karet (A) 1,5 % dan konsentrasi gliserol (B) 1 %.

Menurut *Japanese Industrial Standart* (1975) *water vapor transmission* (WVTR) *edible film* maksimal 7 g/m<sup>2</sup>/hari, maka keseluruhan hasil penelitian *edible film* komposit ini telah memenuhi standar tersebut yang baik untuk diaplikasikan pada produk pangan.

### 8. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar Japan Industrial Standard (JIS)

Hasil analisis pada penelitian ini kemudian dibandingkan dengan standar kelayakan *edible film* dengan tujuan untuk menyimpulkan apakah *edible film* yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar sehingga layak untuk digunakan maupun tidak. Adapun perbandingan hasil penelitian yang diperoleh dibandingkan dengan *Japanese Industrial Standar* (JIS) dilihat di tabel 16.

Tabel 16. Perbandingan hasil penelitian dengan standar Japan Industrial Standard (JIS)

Perlakuan	Analisis Mekanis				
	Ketebalan (µm)	Daya larut (%)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	WVTR (g/m <sup>2</sup> /hari)
<b>Variasi konsentarasasi fraksi protein biji karet</b>					
<b>A<sub>1</sub>(0,5 %)</b>	131,06 <sup>q</sup>	66,25 <sup>p</sup>	0,183 <sup>r</sup>	14,54 <sup>q</sup>	1,293 <sup>p</sup>
<b>A<sub>2</sub>(1,0 %)</b>	163,83 <sup>p</sup>	70,72 <sup>q</sup>	0,431 <sup>p</sup>	25,65 <sup>pq</sup>	1,213 <sup>q</sup>
<b>A<sub>3</sub>(1,5 %)</b>	163,39 <sup>p</sup>	76,54 <sup>r</sup>	0,635 <sup>q</sup>	38,42 <sup>p</sup>	1,161 <sup>r</sup>
<b>Variasi konsentrasi gliserol</b>					
<b>B<sub>1</sub> (1 %)</b>	121,67 <sup>z</sup>	66,23 <sup>x</sup>	0,425 <sup>x</sup>	11,31 <sup>y</sup>	1,194 <sup>y</sup>
<b>B<sub>2</sub> (2 %)</b>	153,00 <sup>y</sup>	70,67 <sup>y</sup>	0,439 <sup>x</sup>	29,80 <sup>x</sup>	1,215 <sup>xy</sup>
<b>B<sub>3</sub> (3 %)</b>	183,61 <sup>x</sup>	76,61 <sup>z</sup>	0,384 <sup>x</sup>	37,49 <sup>x</sup>	1,258 <sup>x</sup>

Berdasarkan tabel 16 menunjukkan bahwa hasil penelitian pembuatan *edible film* komposit fraksi protein biji karet dan kitosan dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer* ada beberapa perlakuan yang telah memenuhi standar. Sampel yang memenuhi seluruh standar ialah A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>, A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>, dan A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>. Selanjutnya, rerata keseluruhan analisis mekanis dan tabel dua arah ANOVA *edible film* komposit dapat dilihat pada tabel 17 dan tabel 18.

Tabel 17. Rerata keseluruhan analisis mekanis *edible film* komposit

Parameter	Nilai	Hasil Penelitian yang Memenuhi Standar
<b>Ketebalan</b>	Maks. 250 $\mu\text{m}$	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
<b>Kuat Tarik</b>	Min. 0,39 MPa	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
<b>Elongasi</b>	<10% sangat buruk >50% sangat baik	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>
<b>WVTR</b>	Maks 7 g/m <sup>2</sup> /hari	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>

Tabel 18. Hasil test ANOVA dua arah

Sampel	Pengujian	Ketebalan	Daya Larut	Kuat Tarik	Elongasi	WVTR
<b>Fraksi Protein</b>	Perbedaan	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
	Sig.	0,000005	0,000100	0,0000004	0,014030	0,000026
<b>Gliserol</b>	Perbedaan	Ada	Ada	Tidak	Ada	Ada
	Sig.	0,0000006	0,000093	0,103489	0,007092	0,005038
<b>Fraksi Protein *</b>	Interaksi	Ada	Tidak	Ada	Ada	Ada
	Sig.	0,000274	0,322514	0,000003	0,029813	0,048208

Keterangan :

Ada beda nyata = nilai sig. lebih rendah dari 0,05 dengan nilai eror 5 %

Tidak ada beda nyata = nilai sig. lebih tinggi dari 0,05 dengan nilai eror 5 %

## KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Variasi konsentrasi fraksi protein biji karet yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* komposit berpengaruh terhadap ketebalan film, daya larut, kuat tarik, *elongasi*, dan *water vapor transmission rate* (WVTR) *film* yang dihasilkan
2. Variasi konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* komposit berpengaruh terhadap ketebalan film, daya larut, *elongasi*, dan *water vapor transmission rate* (WVTR) serta tidak berpengaruh terhadap kuat tarik *film* yang dihasilkan
3. Perlakuan terbaik dari keseluruhan sampel ialah A3B 2 dengan konsentrasi protein biji karet 1,5 % dan gliserol 2 % memberikan hasil untuk nilai ketebalan 178,33  $\mu\text{m}$ , daya larut 42,95 %, kuat tarik 0,718 Mpa, *elongasi* 46,16 %, *water vapor transmission rate* (WVTR) 1,180 g/m<sup>2</sup> / hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, R., Kalbasi-Ashtari, A., Oromiehie, A., Yarmand, M.-S., & Jahandideh, F. (2012). Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). *Journal of Food Engineering*, 109(4), 745–751. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.11.010>
- Alfatahillah, A., Fadhill, R., & Ratna, R. (2021). Karakteristik Edible Film Dengan Konsentrasi Gliserol Sebagai Plasticizer Berbasis Pati Umbi Talas. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(1), Art. 1. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i1.16657>

- Baldwin, E. A., Hagenmaier, R., Bai, J., & Krochta, J. M. (1994). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. CRC Press.
- Bintang, H. P. P. (2021). *Karakteristik Active Edible Film Berbasis Kitosan dengan Penambahan Ekstrak Daun Waru (Hibiscus tiliaceus L.)* [Tesis, Universitas Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/199553>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2018). *Statistik Perkebunan Indonesia Rubber (Karet) 2017-2019*. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Djafaar, T. F., Rahayu, S., & Gardjito, M. (2009). Pengaruh Blanching dan Waktu Perendaman dalam Larutan Kapur terhadap Kandungan Racun pada Umbi dan Ceriping Gadung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 28(3), 192–198.
- Ekawati, Dian. P. (2015). *Kajian Pembuatan Edible film Tapioka dengan Penambahan Surimi Ikan Lele Dumbo dan Ekstrak Kelopak Rosella pada Buah Tomat* [Skripsi, UIN Sunan Kalijaga]. <http://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/16281/>
- Hinkelmann, K. (2012). *Design and analysis of experiments. Volume 3, Special designs and applications edited by Klaus Hinkelmann*. Wiley-Interscience.
- Ihsan, H. (2019). Pemanfaatan Biji Karet Sebagai Campuran Pakan Ternak Industri Ayam Potong. *Prosiding Seminar Nasional Balai Riset dan Standardisasi Industri 2019*, 41–47.
- Japanese Industrial Standard. (1975). *Japanese Industrial Standard 2-1707*. Japanese Industrial Standard.
- Kusnanto, F., Susanto, A., & Mulyani, H. R. A. (2013). Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Protein dan Daya Terima Tempe dari Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) sebagai Sumber Belajar Biologi SMA pada Materi Bioteknologi Pangan. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 4(1), Art. 1. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v4i1.213>
- Lestari, B. R. A., Rohmah, N. W., & Pujiastuti, C. (2022). Kajian Pembuatan Edible Film dari Pati Uwi dengan Penambahan Kitosan dan Gliserol. *ChemPro*, 3(1), Art. 1. <https://doi.org/10.33005/chempro.v3i1.147>
- Luthana, Yissa. (2010). Review Lengkap Tentang Edible Film, Pembuatannya Dari Bubuk Pektin Cincau, dan Aplikasinya [Blog]. *Khamir Yeast*. <https://yisluth.wordpress.com/2010/12/17/review-lengkap-tentang-edible-film-pembuatannya-dari-bubuk-pektin-cincau-dan-aplikasinya/>
- Nurdiani, R., Yufidasari, H. S., & Sherani, J. S. (2019). Effect of Pectin on the Characteristics of Edible Film from Skin Gelatin of Red Snapper (*Lutjanus argentimaculatus*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 174. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25896>
- Poeloengasih, Dewi & Djagal, W. M. (2003). Karakteristik Edible film Komposit Protein Biji Kecapir dan Tapioka. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 16(3), 224–232.
- Polnaya, F. J., Ega, L., & Wattimena, D. (2016). Karakteristik Edible Film Pati Sagu Alami dan Pati Sagu Fosfat dengan Penambahan Gliserol (Characteristics of Edible Film from Native and Phosphate Sago Starches with the Addition of Glycerol). *Jurnal Agritech*, 36(03), 247. <https://doi.org/10.22146/agritech.16661>
- Rahmi, Q. F., Wulandari, E., & Gumilar, J. (2022). Pengaruh Konsentrasi Gliserol pada Gelatin Kulit Kelinci terhadap Kadar Air, Ketebalan Film, dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.24198/jthp.v3i1.39444>
- Rusli, A., Metusalach, M., & Tahir, M. M. (2017). Characterization of Carrageenan Edible films Plasticized with Glycerol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 219. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.17499>
- Santoso, B., Marsega, A., Priyanto, G., & Pambanyun, R. (2017). Perbaikan Sifat Fisik, Kimia, dan Antibakteri Edible Film Berbasis Pati Ganyong (Improvement of Physical, Chemical and Antibacterial Characteristics of Edible Film Based on *Canna edulis*. Kerr Starch). *Agritech*, 36(4), 378. <https://doi.org/10.22146/agritech.16759>

- Sanyang, M., Sapuan, S., Jawaid, M., Ishak, M., & Sahari, J. (2015). Effect of Plasticizer Type and Concentration on Tensile, Thermal and Barrier Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (*Arenga pinnata*) Starch. *Polymers*, 7(6), 1106–1124. <https://doi.org/10.3390/polym7061106>
- Sentra Informasi Keracunan Nasional. (2016). Mengenal zat beracun pada singkong. *Sentra Informasi Keracunan Nasional*. <https://ik.pom.go.id>
- Setiawati, Lilis, Darmawanti, & Imam, M. (2017). Efektivitas Perebusan Biji Karet (*Hevea brasiliensis*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Tempe. *Prosiding Seminar Nasional III Biologi dan Pembelajarannya*. Seminar Nasional III Biologi dan Pembelajarannya, Medan.
- Sudaryati, H. P., Tri Mulyani, S., & Hansyah, E. R. (2010). Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Flour and Carboxymethylcellulose. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(3), Art. 3. <https://jtp.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/325>
- Surhaini, S., Suseno, R., Ulyarti, U., Nizori, A., & Lavlinesia, L. (2021). Pemanfaatan Biji Karet Sebagai Bahan Baku Pembuatan Tortila Chips di RT 02 Desa Suka Maju Muaro Jambi. *Jurnal Karya Abdi Masyarakat*, 4(3), 656–659. <https://doi.org/10.22437/jkam.v4i3.11591>
- Warkoyo, W., Rahardjo, B., Marseno, D. W., & Karyadi, J. N. W. (2014). Sifat Fisik, Mekanik dan Barrier Edible Film Berbasis Pati Umbi Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) Yang Diinkorporasi dengan Kalium Sorbat. *AgriTECH*, 34(1), Art. 1. <https://doi.org/10.22146/agritech.9525>
- Wijayani, K. D., Darmanto, Y., & Susanto, E. (2021). Karakteristik Edible film Dari Gelatin Kulit Ikan yang Berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 3(1), 59–64.