



Pengaruh Penambahan Minyak Zaitun Terhadap Karakteristik dan Reologi *Edible Film* Berbahan Dasar Gluten

[The Effect of Addition of Olive Oil on The Properties and Rheology of Gluten-Based Edible Films]

Nancy Siti Djenar, Joko Suryadi✉, Nisa Siti Nursaadah, Erina Putri

Program studi D-III Analis Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat

Abstract. Gluten vegetable protein can be used as an alternative source of biopolymer as the basic material for edible film other than polysaccharides. Gluten-based edible films have a poor water vapor barrier and high cohesive and viscoelastic properties, therefore the addition of lipids and plasticizers is required. In this study, olive oil was added to reduce its permeability to water vapor, while glycerin was added to produce a more flexible edible film. The results showed that the addition of 1% olive oil could reduce the lowest water vapor transmission rate of 9.14 g/m²/24 hours with a thickness of 0.248 mm, tensile strength of 16.64 mPa, and elongation of 419.5%. The four characteristics are in accordance with the Japanese Industrial Standard. The antimicrobial testing on edible films showed that the addition of 0-2% olive oil could inhibit the growth of *E. coli*, while *A. niger* and *R. oryzae* 0-2% olive oil could not inhibit the growth of the two fungi. The measurement of optical properties showed that the transparency of the edible film was highest at the addition of 0% olive oil at 55%. The highest opacity value was with the addition of 1% olive oil, which is 2.96. The Fourier Transform Infrared (FTIR) identification showed that the edible film added with 1% olive oil had three characteristic absorption bands from gluten, olive oil, and an absorption band from glycerin. These bands indicate that olive oil, glycerin and gluten do not react but only physically interact. The measurement using Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive Spectrometer (EDS) showed that the microstructure of gluten-based edible film produces a varied structure where the gluten structure network can be clearly observed and contains elements of C, O, N where the intensity of C and O elements of 160-400 cps and 30-100 cps, respectively.

Keywords: *Edible film, gluten, olive oil*

Abstrak. Sumber alternatif biopolimer sebagai bahan dasar *edible film* selain polisakarida, dapat digunakan protein nabati gluten. *Edible film* berbahan dasar gluten memiliki sifat *water vapour barrier* yang buruk serta sifat kohesif dan viskoelastik yang tinggi sehingga diperlukan penambahan lipid dan *plasticizer*. Dalam penelitian ini ditambahkan minyak zaitun untuk menurunkan permeabilitasnya terhadap uap air sedangkan penambahan gliserin untuk menghasilkan *edible film* yang lebih fleksibel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 1% minyak zaitun dapat menurunkan laju transmisi uap air terendah sebesar 9,14 g/m²/24 jam dengan ketebalan 0,248 mm, kuat tarik 16,64 mPa, pemanjangan 419,5%. Ke empat karakteristik tersebut telah sesuai dengan *Japanese Industrial Standard*. Hasil pengujian antimikroba terhadap *edible film* menunjukkan bahwa penambahan minyak zaitun 0-2% dapat menghambat pertumbuhan *E. coli*, sedangkan hasil pengujian pada *A. niger* dan *R. oryzae* menunjukkan bahwa minyak zaitun 0-2% tidak dapat menghambat pertumbuhan kedua jamur tersebut. Hasil pengukuran sifat optik menunjukkan bahwa transparansi *edible film* tertinggi pada penambahan 0% minyak zaitun sebesar 55%. Nilai opasitas tertinggi pada penambahan 1% minyak zaitun sebesar 2,96. Hasil identifikasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan bahwa *edible film* yang ditambahkan dengan 1% minyak zaitun memiliki tiga pita serapan karakteristik masing masing berasal dari gluten dan minyak zaitun serta pita serapan dari gliserin. Pita pita ini menunjukkan bahwa antara minyak zaitun, gliserin dengan gluten tidak bereaksi tetapi hanya bercampur secara fisik. Hasil pengukuran menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS) menunjukkan bahwa mikrostruktur *edible film* berbahan dasar gluten menghasilkan struktur yang bervariasi dimana jaringan struktur gluten dapat diamati dengan jelas serta mengandung unsur C, O, N dimana intensitas unsur C dan O masing masing 160-400 cps dan 30-100 cps.

Kata kunci: *Edible film, gluten, minyak zaitun*

Diterima: 29 Juni 2022, Disetujui: 14 Juli 2022

Sitasi: Djenar, NS., Suryadi, J., Nursaadah, NS., dan Putri, E. (2022). Pengaruh Penambahan Minyak Zaitun Terhadap Karakteristik dan Reologi *Edible Film* Berbahan Dasar Gluten. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(2): 127-141.

✉ Corresponding author

E-mail: joko.suryadi@polban.ac.id

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i2.15948>



LATAR BELAKANG

Edible film berbahan dasar agroindustri semakin banyak dikembangkan terutama polisakarida seperti pektin, turunan selulosa dan pati (Mellinas *et al.*, 2016). Sifat fungsional dari *edible film* seperti permeabilitas terhadap uap air dan oksigen, plastis dan ringan sangat bervariasi sesuai dengan biopolimer yang digunakan sebagai bahan baku (Andrade *et al.*, 2016).

Sumber alternatif biopolimer lain sebagai bahan dasar *edible film* dapat digunakan protein nabati gluten. Gluten merupakan protein yang secara alami ditemukan pada berbagai biji-bijian seperti gandum, jelai dan gandum hitam. Di Indonesia gluten terdapat dalam tepung terigu dan banyak dimanfaatkan sebagai sumber protein untuk komunitas vegan/vegetarian sebagai pengganti protein hewani (Djenar *et al.*, 2021). Gluten memiliki sifat kohesif (mudah merekat), viskoelastik (kenyal) dan tidak larut dalam air (Day L., 2011). Sifat-sifat tersebut menjadikan gluten dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film*.

Sifat permeabilitas terhadap oksigen dan uap air merupakan karakter paling penting dari *edible film*. Fenomena ini dikaitkan dengan adanya ikatan hidrogen dan sifat hidrofilik (polar) dari gluten, sehingga menghasilkan nilai permeabilitas yang tinggi terhadap uap air tetapi rendah terhadap oksigen (Thawien, 2012 dan Gennadios *et al.*, 1993).

Penambahan bahan kimia yang bersifat nonpolar dan mengandung gugus hidroksil seperti lipid diperlukan untuk menurunkan permeabilitas terhadap uap air tersebut. Salah satu jenis lipid yang dapat digunakan adalah minyak zaitun yang juga mengandung bioaktif sebagai antimikroba. *Edible film* berbahan

dasar gluten ini dapat menjadi penahan air yang baik serta meningkatkan *shelf life* dari bahan pangan/pangan.

Berdasarkan sifat reologinya gluten hasil ekstraksi dari tepung terigu mempunyai nilai kuat tarik yang cukup tinggi dan persen pemanjangan masing-masing 66,809 MPa dan 12,41% (Djenar *et al.*, 2021). Penambahan *plasticizer* seperti gliserin diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas *edible film*. Gliserin akan menurunkan nilai kuat tarik (*tensile strength*) dan meningkatkan persen pemanjangan (*percent elongation*) dan melembutkan (*soften*) (Mellinas C. dkk., 2016). Pada pembuatan berbahan dasar pati seperti sereal digitalia exilis dan tepung biji durian penambahan gliserin mempengaruhi transparansi *edible film* yang diperoleh (Alimi *et al.*, 2021 dan Wahidin dkk., 2021).

Sifat optik dari *edible film* merupakan hal yang cukup penting sebagai penentu persepsi visual dan keterterimaan (*acceptibility*) dari konsumen karena dapat mengekspos tampilan dari pangan tersebut (Alimi *et al.*, 2021; P. S. Tanada-Palmu & Grosso, 2005). Gluten yang telah ditambahkan dengan *plasticizer* dan lipid akan menghasilkan *edible film* yang buram (*opaque edible film*). Sifat buram ini sangat bermanfaat untuk beberapa produk pangan yang peka terhadap cahaya seperti coklat, lemak dan pangan berpigmen (Alimi *et al.*, 2021).

Berdasarkan sifat fungsional *edible film*, ada beberapa pengujian yang penting dilakukan yaitu *water vapour transmission rate* (WVTR) untuk mengukur kemampuan dalam menahan keluar masuknya uap air dari dan ke dalam suatu *edible film*. *Tensile strength* dan *percent elongation* untuk mengukur fleksibilitas/plastis *edible film*. Untuk mengukur ketebalan,

transparansi dan opasitas *edible film* masing-masing menggunakan mikrometer sekrup dan spektrofotometer UV-VIS, sedangkan FTIR dan SEM masing-masing untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan pori/luas permukaan dari *edible film* (Andrade *et al.*, 2016, Matche *et al.*, 2021 dan Bangar *et al.*, 2021).

Permasalahan dalam penelitian ini adalah *edible film* berbahan dasar gluten memiliki sifat *water vapour barrier* yang buruk sehingga diperlukan penambahan lipid (minyak zaitun) yang bersifat hidrofobik yang dapat menurunkan permeabilitasnya terhadap uap air. Penambahan *plasticizer* (gliserin) ditujukan untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat kohesif dan viskoelastik dari gluten. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah menentukan pengaruh penambahan minyak zaitun dan gliserin terhadap sifat dan reologi *edible film* berbahan dasar gluten.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Gluten yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan cara mengekstraksi tepung terigu yang telah dilarutkan kedalam NaCl 3% (b/v). Semua bahan kimia yang digunakan seluruhnya dalam *pro analys grade* (Merck), diantaranya NaCl 3%, etanol 95%, gliserin 3,5% (v/v) dan NH₄OH 6N. Sedangkan minyak zaitun 0%, 1%, 1,5%, dan 2% yang digunakan adalah *extra virgin olive oil* merek Borges. *Cast/cetakan* yang digunakan berbahan dasar akrilik dengan ukuran 200 x 100 x 0,25 mm. Peralatan yang digunakan adalah FTIR (Bruker FTIR Alpha Spectrometer), Spektrofotometer UV-Vis (Evolution™ 201/220), *Tensile strength meter* Autograph, Shimadzu dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Zeiss Evo 10, Shimadzu.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi gluten menggunakan NaCl 3%

Sebanyak 50 mL larutan NaCl 3% (b/v) dimasukkan kedalam 100 gram tepung terigu protein tinggi, selanjutnya didiamkan pada suhu ruang selama ±10 menit hingga membentuk adonan (*dough*), selanjutnya didiamkan (*resting*) di udara terbuka selama 60 menit. Untuk memisahkan gluten dari adonannya dilakukan pencucian dengan air mengalir hingga warna bilasannya bening (Djenar *et al.*, 2021). Gluten yang diperoleh dikeringkan pada suhu 60°C selama 1,5 jam dan ditentukan kadar airnya hingga < 7,5% (Gennadios *et al.*, 1993).

Pembuatan edible film dari gluten

1. Formulasi larutan *edible film*

Sebanyak 10 g gluten dicampurkan dengan 50 ml etanol 95% dan dihangatkan hingga suhunya mencapai sekitar 50°C. Kedalam campuran tersebut ditambahkan dengan 3,2 ml gliserin 3,5% dan *minyak zaitun* berturut turut 0%; 1%; 1,5% dan 2%, dan didiamkan selama 10 menit. Selanjutnya 32 ml aquadest dan 8 ml NH₄OH 6N ditambahkan secara perlahan dan bersamaan. Campuran diaduk selama 60 menit hingga mencapai suhu akhir yaitu 75°C. (Gennadios *et al.*, 1993; Liu *et al.*, 2006; Sharma *et al.*, 2007)

2. *Casting*

Ketika masih hangat larutan di atas dituangkan kedalam *cast/ cetakan*. Permukaan larutan yang telah dituangkan tersebut harus rata dan tidak ada gelembung, selanjutnya *cast* didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam dan dilanjutkan dengan pemanasan menggunakan oven ($t = 3$ jam; $T = 60^{\circ}\text{C}$)

(Gennadios *et al.*, 1993; Nuriyah dkk., 2018).

Karakterisasi edible film berbahan dasar gluten

1. Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air (WVTR) ditentukan secara gravimetri berdasarkan ASTM E96-01, 1997 (Dewi dkk., 2021). Silika gel sebanyak 3 g dimasukkan ke dalam cawan petri yang berdiameter 60 mm dan tinggi 30 mm. Sampel *edible film* dipotong sesuai dengan ukuran permukaan cawan. Selanjutnya *edible film* ditutupkan pada cawan hingga menutupi seluruh permukaan cawan dan pinggiran cawan diolesi menggunakan vaselin. Cawan beserta isinya ditimbang dan dicatat beratnya sebagai W_0 dan dikondisikan pada suhu ruang selama 24 jam. Uap air yang melewati *edible film* akan diserap oleh silika gel sehingga akan meningkatkan berat cawan. Setelah 24 jam, cawan ditimbang kembali dan dicatat beratnya sebagai W (Dewi dkk., 2021). Nilai laju transmisi uap air dapat ditentukan dengan rumus berikut (ASTM, 1997 dalam Dewi dkk., 2021):

$$WVTR = \frac{(W - W_0)}{(t \times A)} \quad \dots\dots(1)$$

Dimana:

WVTR = Laju transmisi uap air ($\text{g/m}^2 \cdot 24 \text{ jam}$)

W_0 = Berat awal (g)

W = Berat akhir (g)

t = waktu (jam)

A = luas *film* (m^2)

2. Ketebalan (*Thickness*)

Pengukuran ketebalan mengacu pada metode yang digunakan Aleman *et al.* (2016) dalam Togas (2018) yang telah dimodifikasi. Peralatan yang digunakan adalah micrometer sekrup (Model MDC-

25M, Mitutoyo, MFG, Japan). Alat ini dapat memperbesar dan memperpendek jarak untuk dapat diukur secara langsung menjadi putaran sekrup lain dan dapat dilihat skalanya. Sampel *edible film* dengan ukuran 100 x 15 mm diletakkan menempel pada poros tetap. Bagian *thimble* dikondisikan dengan cara diputar sampai objek terjepit antara kedua poros. Hasil pengukuran dapat terbaca pada skala utama dan skala nonius (Soeyono, 2015).

3. Kekuatan tarik dan persen pemanjangan

Pengukuran kekuatan tarik (*tensile strength*) dan persen pemanjangan (*percent elongation at break*) *edible film* menggunakan alat merk Autograph, Shimadzu. *Edible film* dipotong pada ukuran 40 mm x 10 mm. Sampel dijepit pada kedua sisi panjangnya dan ditarik hingga putus. Beban maksimum diperoleh tepat ketika sampel tersebut putus. Nilai kekuatan tarik dibaca setelah sampel ditarik. Kekuatan tarik dihitung dengan persamaan berikut.

$$\delta = \frac{F_{\text{maks}}}{A} \quad \dots\dots(2)$$

Keterangan:

δ = kuat tarik (N/m^2)

F_{maks} = gaya tarik maksimum (N)

A = luas penampang (m^2)

Persen pemanjangan dihitung dengan persamaan berikut (Nuriyah dkk., 2018).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots(3)$$

Keterangan:

ε = elongasi (%)

$\Delta L = (L - L_0)$ = pertambahan panjang (mm)

L_0 = panjang mula-mula (mm)

4. Uji aktivitas antimikroba

Pengujian aktivitas antimikroba *edible film* bertujuan untuk mengetahui konsentrasi minyak zaitun yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba,

dalam hal ini *Escherichia coli*, *Rhizopus oryzae* dan *Aspergillus niger*. Metode yang digunakan yaitu difusi agar (Handayani dkk., 2018). Sebanyak 0,1 ml kultur *E. coli* disebar di atas cawan petri yang berisi media natrium agar (NA), sedangkan untuk kultur *R. oryzae* dan *A. niger* disebar di atas media *Potato Dextrose Agar* (PDA). *Edible film* berdiameter 1 cm yang telah disterilkan di bawah lampu UV diletakkan di atas kedua media tersebut. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Khashayary *et al.*, 2021). Aktivitas antimikroba dihitung berdasarkan pengukuran zona hambat (*clean zone*) pada media setelah melewati masa inkubasi mikroba (Handayani dkk., 2018).

5. Pengukuran a_w (*water activity*)

Pengukuran aktivitas air (dilakukan dengan a_w meter merek AquaLab Pawkit. Sebelum dilakukan pengukuran pada *edible film*, a_w meter dikalibrasi menggunakan larutan NaCl 6 mol/kg (0,760 a_w) dan LiCl 13,41 mol/kg (0,250 a_w). Nilai aktivitas air pada alat akan diperbarui setiap 30 detik. Nilai akhir aktivitas air ditandai dengan bunyi bip 5 kali pada alat setelah 5 menit pengukuran (Pawkit, 2018.)

6. Sifat optis (transparansi dan opasitas)

Pengujian transparansi dan opasitas dilakukan dengan metode Spektrofotometri UV-VIS menggunakan rumus sebagai berikut (Alimi dkk., 2021):

$$T_f = 100 \times \left[\frac{T_w}{T_0} \right] \dots\dots(4)$$

T_f , T_w dan T_0 masing-masing adalah transparansi *edible film*, transmisi cahaya yang melewati *edible film* dan transmisi cahaya tanpa melewati *edible film*. Dalam

tahapan ini *edible film* dipotong dengan luas sekitar 80x35 mm². Sampel tersebut dimasukkan kedalam kuvet dan diukur dengan spektrofotometer pada λ_{maks} 560 nm dengan udara sebagai standar. Nilai transparansi didapatkan melalui pengukuran dengan menggunakan spektrofotometer pada λ_{560} nm. Berdasarkan standar (ASTM-D1746-03, 2003), transparansi *edible film* dapat diukur pada panjang gelombang 540-560 nm. Opasitas *edible film* diukur menggunakan metode Spektrofotometri pada λ_{maks} 560 nm. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Tran dkk., 2020).

$$\text{Opasitas} = \frac{\text{Abs}_{560}}{h} \dots\dots(5)$$

Abs_{560} adalah nilai *absorbansi edible film* pada 560 nm dan h adalah tebal (mm) *edible film*.

7. Analisis spektrum inframerah

Analisis menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dilakukan pada senyawa gluten, minyak zaitun, gliserin dan *edible film* pada bilangan gelombang tertentu.

8. Scanning Electron Microscopy (SEM)/ Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)

Morfologi permukaan khususnya porositas dari *edible film* berbahan dasar gluten dapat diamati dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan perbesaran 2000x. Spesimen uji *edible film* dipotong kecil dan dilapisi dengan emas setebal 10 nm (Wahyuningtyas dkk., 2017). Spesimen diletakkan di atas *specimen stage* dan dimasukkan ke dalam alat SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Edible Film Menurut Japanese Industrial Standard (JIS)

Karakterisasi suatu *edible film* menurut Japanese Industrial Standard (JIS) dilakukan berdasarkan sifat-sifat fungsionalnya yaitu ketebalan, kuat tarik (*tensile strength*) dan pemanjangan (*percent elongation at break*).

Tabel 1. Karakteristik *edible film* berbahan dasar gluten yang ditambahkan minyak zaitun dengan konsentrasi bervariasi

Edible film % minyak zaitun	A 0%	B 1%	C 1,5%	D 2%	Syarat (JIS)
Ketebalan (mm)	0,241	0,248	0,252	0,256	≤0,250 mm
Elongasi (%)	465,3	419,5	358,2	348,6	min. 70 %
<i>Tensile strength</i> (mPa)	11,07	16,64	21,26	24,95	min. 0,3 MPa
WVTR (g/m ² /24jam)	17,16	9,14	13,5	12,8	≤10 g/m ² /24jam

Sifat permeabilitas terhadap uap air/WVTR merupakan karakter paling penting dari *edible film* karena berpengaruh pada mutu dan keamanan dan waktu simpan (*shelf life*) pangan (Mellinas *et al.*, 2016).

Menurut L. Yang dan Poulson (2000) serta Shen *et al.* (2021), secara umum WVTR film komposit terdiri dari biopolimer dan lipid sangat bergantung pada jenis, struktur dan jumlah lipid. Untuk *edible film* yang mengandung asam lemak atau alkohol lemak, WVTR menurun dengan peningkatan panjang rantai dan derajat kejenuhan lipid.

Edible film berbahan dasar protein yang telah ditambahkan lipid akan menurunkan WVTR karena adanya interaksi antara zat hidrofobik dan emulsifikasi antara lipid dengan protein di dalam emulsi *edible film* tersebut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, terlihat bahwa penambahan 1% minyak zaitun dapat menurunkan nilai WVTR.

Pada penambahan 1,5% dan 2% minyak zaitun lapisan *edible film* lebih basah dan berminyak (*oily*), diperkirakan minyak zaitun

Untuk mempelajari sifat penahan (*barrier properties*) terhadap uap air karakteristiknya adalah mengukur laju transmisi uap air atau WVTR (Permata, 2020). Dari hasil penelitian ini diperoleh karakteristik *edible film* berbahan dasar gluten seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

tidak bercampur dengan baik dengan *edible film*. Dalam kondisi ini terbentuk dua fasa yaitu fasa padat *edible film* dan fasa cair minyak zaitun, sehingga terjadi peningkatan nilai WVTR. Sedangkan menurut Taqil *et al.* (2011) selain mengandung polifenol flavonoid, minyak zaitun juga mengandung asam lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fatty acids*) yang tinggi. Kemampuan minyak zaitun sebagai penghalang kelembaban (*moisture barrier ability*) akan menurun dengan meningkatnya ketidakjenuhan ikatannya. Berdasarkan JIS, *edible film* yang telah ditambahkan dengan 1% minyak zaitun adalah yang terbaik karena menghasilkan WVTR yang paling rendah yaitu 9,14 g/m²/24jam.

Ketebalan (*thickness*) *edible film* dipengaruhi oleh konsentrasi dan jenis bahan penyusunnya serta banyaknya total padatan dalam larutan, luas dan volume larutan dalam cetakan yang digunakan (Indarti dkk., 2020). Penambahan zat hidrofobik seperti seperti minyak dan lilin akan meningkatkan ketebalan *edible film*. Hal tersebut berhubungan dengan

kandungan air yang ada dalam *edible film*, dimana pada kondisi yang sama, jumlah air yang diuapkan dari *edible* yang telah ditambahkan lipid lebih sedikit dibandingkan dengan yang diuapkan dari film yang dibuat tanpa lipid (Liu *et al.*, 2006). Hasil penelitian Liu *et al.* (2006) menyebutkan bahwa pektin yang telah ditambahkan 2,5% dan 5% minyak zaitun menghasilkan *edible film* dengan ketebalan masing masing 0,52 dan 0,51 mm. Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa gluten yang telah ditambahkan 1% minyak zaitun menghasilkan *edible film* terbaik karena ketebalannya telah sesuai dengan JIS yaitu 0,248mm (< 0,250 mm).

Kekuatan tarik (*tensile strength*) merupakan sifat fisik yang berhubungan dengan kekuatan jaringan struktur, khususnya sifat mekanik dari bahan dasar suatu *edible film*. Sifat mekanik gluten seperti kohesiv dan elastis menyebabkan gluten mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi yaitu 66,809 Mpa (Djenar *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini nilai kuat tarik *edible film* berbahan dasar gluten lebih rendah dari glutennya yaitu antara 11,07-24,95 MPa (Tabel 1). Gluten yang telah bercampur dengan bahan lain penyusun *edible film* seperti minyak zaitun dan gliserin akan menurunkan kekuatan pada jaringan strukturnya. Namun, pada kondisi tertentu, keberadaan β -sheet, -helix, and β -turns pada struktur sekunder gluten akan kembali menguatkan jaringan sruktur dari *edible film* (Dhaka & Khatkar, 2016 & Djenar *et al.*, 2021), sehingga peningkatan konsentrasi minyak zaitun yang ditambahkan menyebabkan terjadinya peningkatan kekuatan tarik *edible film*. Nilai kekuatan tarik *edible film* berbahan dasar gluten jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* non-gluten.

Nilai kuat tarik *edible film* berbahan dasar pektin dengan penambahan 2,5%- 5% minyak zaitun berkisar antara 1,96-1,82 Mpa (Liu & Han, 2005), sedangkan *edible film* berbahan dasar karagenan dengan penambahan minyak atsiri bawang putih memiliki nilai kuat tarik antara 14,70-26,00 MPa (Qotimah dkk., 2020). Nilai ini hampir sama dengan nilai kuat tarik pada *edible film* berbahan dasar gluten. Hal ini disebabkan, gluten dan karagenan keduanya merupakan biopolimer yang jaringan strukturnya mempunyai kemiripan (Kassab *et al.*, 2018).

Persentase pemanjangan (*percent elongation at break*) adalah representasi kuantitatif kemampuan *edible film* untuk meregang (*stretching*). Karakter ini sangat erat kaitannya dengan derajat plastisasi dari suatu *edible film*. Pada Tabel 1 terlihat bahwa setelah ditambahkan minyak zaitun maka *edible film* berbahan dasar gluten mempunyai nilai pemanjangan yang cukup tinggi berkisar 348,6-465,3 %, dimana semula nilai pemanjangan gluten hanya sekitar 6,32-47,80 % (Djenar *et al.*, 2021 & Kaushik *et al.*, 2014). Menurut Li Liu *et al.* (2006) penambahan lipid cair (minyak zaitun) ke dalam bahan *edible film* akan meningkatkan sifat pemanjangannya karena lipid berperan sebagai pelumas dan akan mengurangi sifat mekanik lainnya, sehingga *edible film* berbahan dasar gluten ini menjadi cukup plastis. Pada penambahan minyak zaitun yang konsentrasinya dinaikkan terjadi penurunan nilai pemanjangannya (Tabel 1). Fenomena ini sama dengan nilai kuat tarik *edible film* yang dihasilkan, dimana antara kuat tarik dengan persentase pemanjangan memiliki hubungan yang berbanding terbalik (*inversely proportional relationship*) (Hazirah *et al.*, 2018 dan Aquasky Plus, 2021). Secara keseluruhan

nilai persen pemanjangan pada *edible film* ini telah sesuai dengan JIS yaitu lebih dari 70%.

Pengujian sifat antimikroba pada *edible film* bertujuan untuk mengetahui kemampuan minyak zaitun dalam menghambat pertumbuhan mikroba antara lain *E. coli*, *A.*

niger dan *R. oryzae*. Sebelum melakukan pengujian antimikroba, *water activity* (a_w) dari masing-masing *edible film* diukur dan diperoleh besarnya antara 0,52-0,62. Hasil pengujian antimikroba ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian antimikroba terhadap *edible film* berbahan dasar gluten

Edible film % Minyak zaitun	A 0%	B 1%	C 1,5%	D 2%
<i>Water activity</i> (a_w)	0,62	0,57	0,52	0,52
Antimikroba (<i>E.coli</i>)	Zona hambat 2,0 cm	Zona hambat 2,2 cm	Zona hambat 2,1 cm	Zona hambat 2,0 cm
Antimikroba (<i>R.oryzae</i>)	Tidak ada zona hambat	Tidak ada zona hambat	Tidak ada zona hambat	Tidak ada zona hambat
Antimikroba (<i>A. niger</i>)	Tidak ada zona hambat	Tidak ada zona hambat	Tidak ada zona hambat	Tidak ada zona hambat

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian terhadap *E. coli*, penambahan minyak zaitun dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Kandungan polifenol di dalam semua konsentrasi minyak zaitun telah menghambat pertumbuhan *E. coli* dengan cara merusak membran sitoplasma secara total dan mengendapkan protein sel (Nazzaro *et al.*, 2019). Hal ini ditunjukkan dengan munculnya zona hambat (*clean zone*) pada media uji. Pengaruh a_w terhadap pertumbuhan bakteri terlihat pada *edible film* tanpa penambahan minyak zaitun yang sama sama menghasilkan zona hambat. Pada umumnya bakteri tidak dapat tumbuh bila lingkungannya mempunyai $a_w \leq 0,80$, *E. coli* dapat tumbuh pada a_w 0,95-1,00 (Tapia *et al.*, 2008).

Pada pengujian antimikroba terhadap kapang *A. niger* dan *R. oryzae* tidak dihasilkan zona hambat karena minyak zaitun tidak dapat menghentikan pertumbuhan kapang, dimana *A. niger* dan *R. oryzae* tetap tumbuh pada semua *edible film*. Hal ini disebabkan a_w 0,52-0,62 merupakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan kapang. Selain itu, *Aspergillus*

sp. dan *Rhizopus sp.* merupakan mikroba yang mempunyai enzim protease dan lipase yang mampu memecah protein (gluten) dan lipid (minyak zaitun) yang terkandung pada *edible film* (Sabrini *et al.*, 2021).

Transparansi merupakan ukuran transmisi cahaya melalui film dan tingkat kejernihan dari *edible film* (Alimi *et al.*, 2021) Mustapa dkk., 2017). Menurut (Vebiani *et al.*, 2019) transparansi merupakan salah satu aspek penting dalam *edible film* dalam meningkatkan penerimaan dan ketertarikan konsumen untuk digunakan sebagai bahan kemasan makanan. Pengaruh konsentrasi minyak zaitun terhadap transparansi *edible film* gluten dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

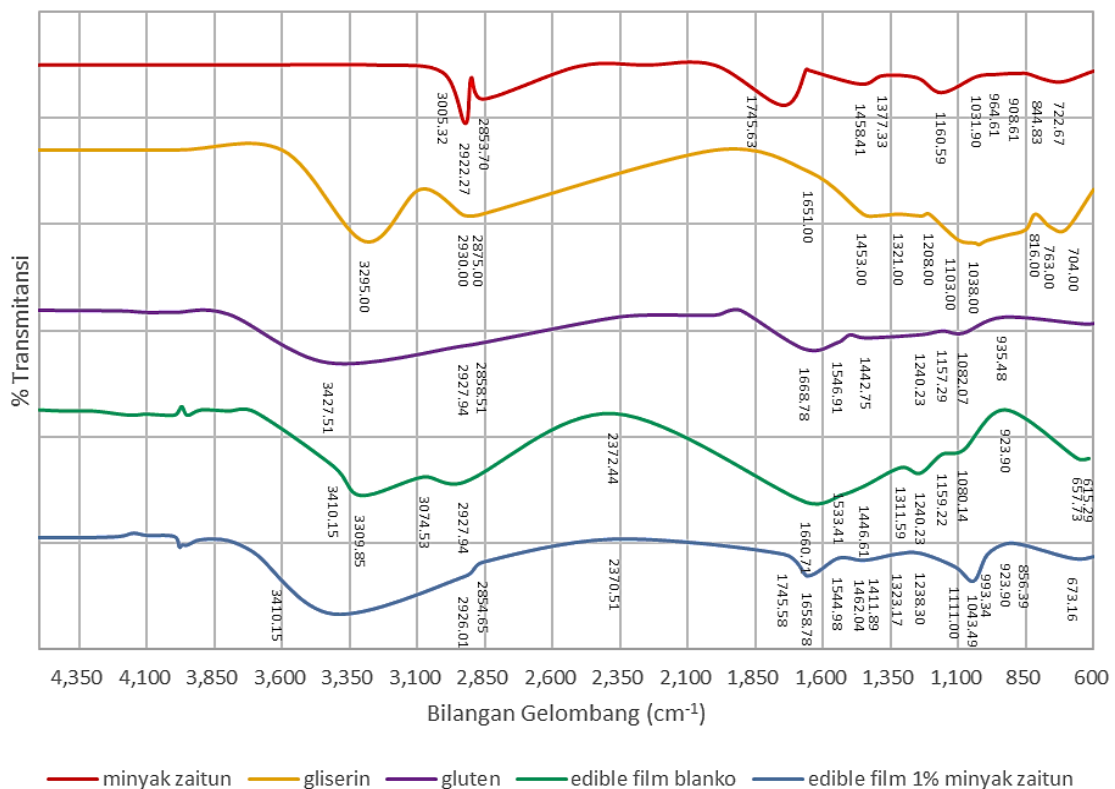
Tabel 3. Pengaruh konsentrasi minyak zaitun terhadap transparansi dan opasitas *edible film* berbahan dasar gluten

<i>Edible film</i> % minyak zaitun	A 0%	B 1%	C 1,5%	D 2%
Transparansi (%)	51,55	18,43	20,20	27,80
Opasitas	1,19	2,96	2,76	2,17

Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai transparansi *edible film* terbaik berada pada penambahan 0% minyak zaitun yaitu 51,55% selanjutnya dengan meningkatnya konsentrasi minyak zaitun, mengalami penurunan yang fluktuatif. Penurunan transparansi ini dapat disebabkan permukaan *edible film* yang tidak rata serta terpisahnya sebagian minyak zaitun dari fasa *edible film* sehingga muncul dua fasa. Selain itu minyak zaitun yang berwarna kuning akan menyebabkan penurunan transparansi pada *edible film* (Warkoyo dkk., 2014). Opasitas adalah kebalikan dari transparansi (Alimi *et al.*, 2021) dimana penambahan minyak zaitun dapat meningkatkan nilai opasitas. Nilai opasitas paling tinggi terdapat pada penambahan minyak zaitun 1% yaitu 2,96, sedangkan pada konsentrasi 1,5% dan 2% terjadi penurunan yang fluktuatif. Nilai transparansi *edible film* berbahan dasar gluten relatif rendah yaitu 27,80-51,55%, sedangkan *edible film* berbahan dasar lain seperti pati,

kitosan dan limbah tulang ikan masing masing sekitar 89,19-97,08%; 71,06-88,55% dan 65-155% (Shittu *et al.*, 2014 dalam Alimi *et al.*, 2021 & Vebiani *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa jaringan struktur kimia dari bahan dasar untuk pembuatan *edible film* selain mempengaruhi sifat mekaniknya juga terhadap sifat optiknya. Berdasarkan sifat opasitasnya maka *edible film* berbahan dasar gluten dapat dimanfaatkan untuk beberapa produk pangan yang peka terhadap cahaya seperti lemak, minyak, vitamin dan pangan berpigmen (Alimi *et al.*, 2021 & Kwon *et al.*, 2018).

Spektra FTIR yang terdiri atas gluten, *edible film* blanko (tanpa minyak zaitun dan gliserin), *edible film* yang mengandung 1% minyak zaitun, gliserin dan minyak zaitun bertujuan untuk mengidentifikasi interaksi yang terjadi dalam matriks *edible film*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR *edible film* dan bahan bahan penyusunnya

Gambar 1 menunjukkan bahwa spektrum antara *edible film* blanko dengan *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun menunjukkan pola transmitansi inframerah yang mirip. Selanjutnya pita-pita serapan tersebut dibandingkan dengan pita serapan dari bahan penyusunnya yaitu gluten, minyak zaitun dan gliserin.

Tabel 4 menunjukkan bahwa gluten mempunyai pita serapan yang karakteristik yaitu Amida I yang terdiri dari α -helix, β -sheet dan β -turns, amida II dan Amida III (Djenar *et al.*, 2021; Dhaka & Khatkar, 2016). Namun setelah membentuk *edible film*, gugus fungsi yang muncul pada spectra FTIR adalah α -helix (1660,71- 1658,78 cm^{-1}), amida II (1533,41 – 1544,98 cm^{-1}) dan amida III (12338,30-

1240,23 cm^{-1}). Penambahan etanol 95% dalam formulasi *edible film* menyebabkan perubahan struktur kimia dari gluten yaitu tidak munculnya β -sheet dan β -turns baik pada *edible film* blanko maupun pada *edible film* 1% minyak zaitun. Berdasarkan transmitansinya *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun menghasilkan pita serapan yang rendah pada 1238,30 dan 1544,98 cm^{-1} yaitu amida III dan amida II. Minyak zaitun yang bersifat hidrofobik dapat mengurangi kekuatan ikatan internal pada matriks gluten. Pada pita serapan *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun, terdapat pita serapan minyak zaitun yaitu puncak C=O, CH₃ dan CH₂ pada bilangan gelombang 1745,58 cm^{-1} , 2854,65 cm^{-1} dan 2926,01 cm^{-1} (Laachari *et al.*, 2015).

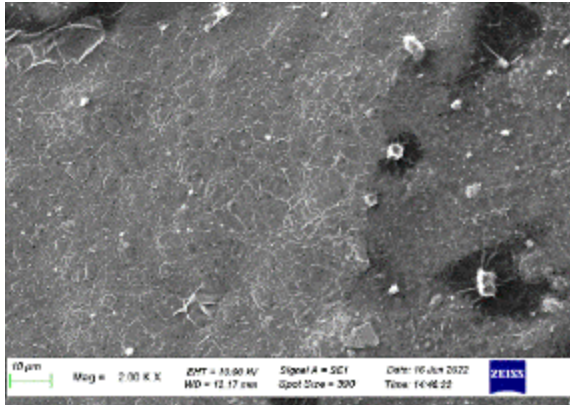
Tabel 4. Perbandingan spektrum FTIR antara *edible film* dengan bahan penyusunnya

Keterangan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})											
	C-H (b)	C-C (v)	C-C & C-O-C (v)	C=O (v)	C=C (b)	CH ₃ (v)	CH ₂ (v)	Amida II	Amida III	Amida I		
								NH bending dan CN stretching	NH bending dan CN stretching	α -heliks	β -sheet	β -turns
Gluten (Qodri & Sihotang, 2021)	-	-	-	-	-	-	-	1500-1550	1238-1240,23	1658	1632	1665
Minyak zaitun (Laachari <i>et al.</i> , 2015)	-	-	-	1746	1640	2855	2926	-	-	-	-	-
Gliserin (Kachel-Jakubowska, 2017)	1453	993	1103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Edible film</i> blanko	-	-	-	-	-	-	2927,94	1533,41	1240,23	1660,71	-	-
<i>Edible film</i> 1% minyak zaitun	1462,04	993,34	1111	1740	-	2854,65	2926,01	1544,98	1238,3	1658,78	-	-

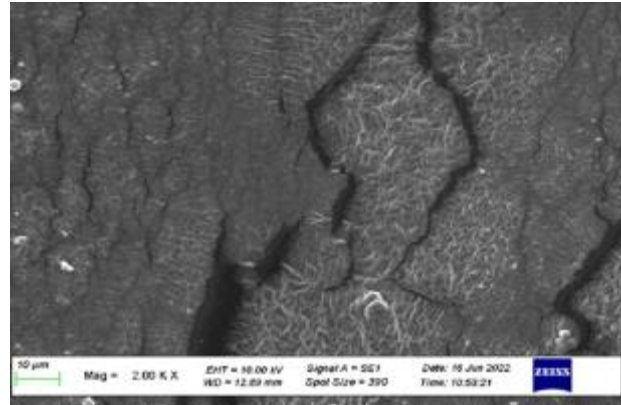
Terdapat pula pita serapan gliserin yaitu puncak C-H, C-C, C-C dan C-O-C pada bilangan gelombang 1462,04 cm^{-1} ; 993,34 cm^{-1} dan 1111, 00 cm^{-1} . Keberadaan pita-pita ini menunjukkan bahwa antara minyak zaitun, gliserin dengan gluten tidak bereaksi tetapi hanya bercampur secara fisik, sehingga minyak zaitun 1% dan gliserin 3,5% dapat berperan

dalam meningkatkan kualitas *edible film* berbahan dasar gluten.

Hasil pengujian menggunakan SEM menunjukkan bahwa pada perbesaran 2000x dapat menghasilkan gambar topografi dan morfologi yang jelas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

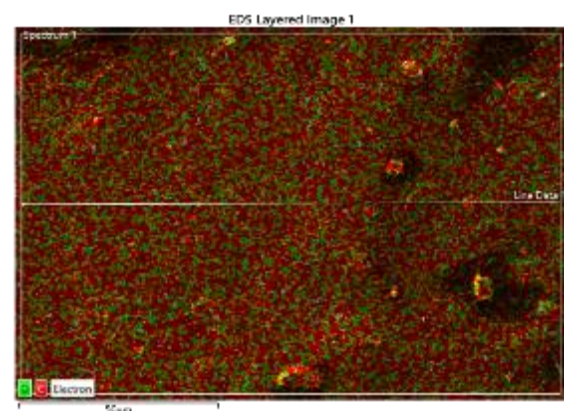


Gambar 2. Mikrostruktur *edible film* blanko

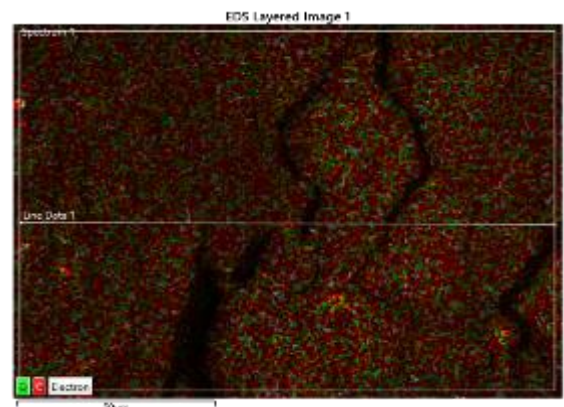


Gambar 3. Mikrostruktur *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa mikrostruktur *edible film* berbahan dasar gluten menghasilkan struktur yang bervariasi dari yang tidak homogen hingga lebih homogen, tidak halus hingga halus, permukaan yang merata hingga adanya retakan. Pada kedua *edible film* jaringan struktur gluten dapat diamati dengan jelas. Gambar 2 menunjukkan jaringan struktur gluten cukup jelas dan komponen penyusun filmnya terdispersi cukup merata serta permukaannya yang cukup halus, homogen, rapat dan tidak berpori. Hal ini berhubungan linier dengan gluten yang memiliki sifat viskoelastik dan sangat kohesif (Kaushik *et al.*, 2014 & Djenar *et al.*, 2021). Gambar 3 menunjukkan jaringan struktur gluten mulai berkurang dan terlihat jelas permukaan *edible film* yang tidak homogen, tidak rata dan ada retakan. Hal ini disebabkan dalam *edible film* gluten tidak terdispersi secara merata, fenomena ini ditunjukkan dengan adanya jaringan gluten di satu sisi sedangkan pada sisi yang lain tidak tampak. Selain itu penggunaan gliserin sebagai *plasticizer* dengan jumlah berlebih dapat menutupi permukaan dan menyebabkan munculnya retakan pada *edible film* (Fahrullah *et al.*, 2020).



Gambar 4. EDS image *Edible film* blanko

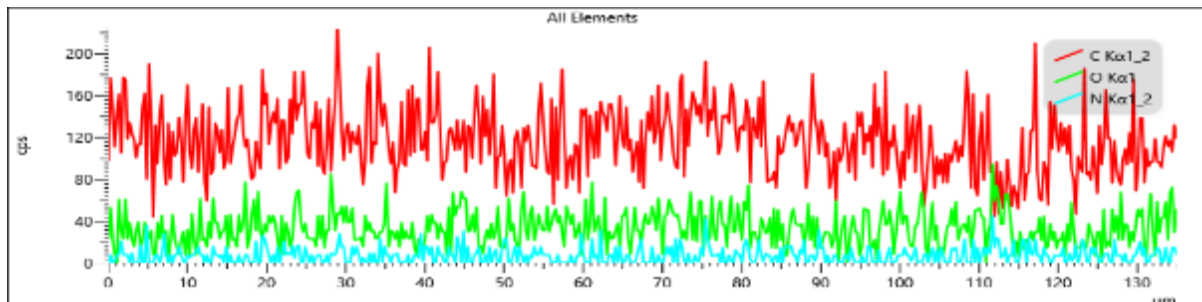


Gambar 5. EDS image *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun

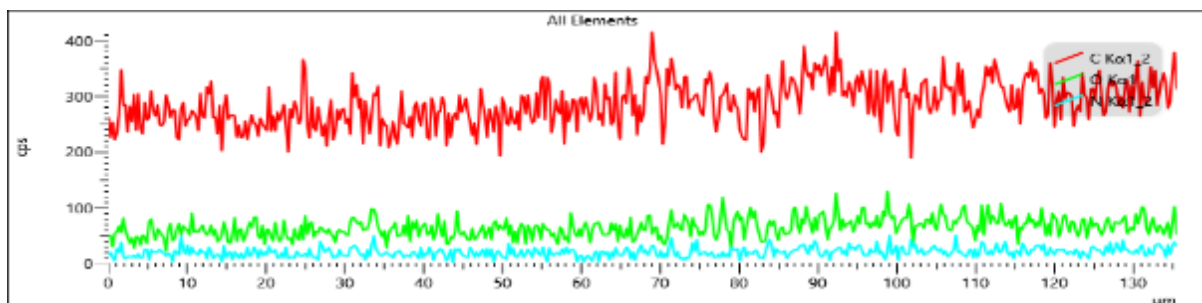
Metode EDS digunakan untuk mengetahui jumlah unsur-unsur kimia yang terdapat dalam *edible film*. Gambar 4 dan 5 menunjukkan kedua *edible film* mengandung unsur C (warna merah) dan O (warna hijau). Pada Gambar 4 dan 5, unsur N tidak terlihat karena jumlahnya kecil, tetapi terlihat jelas dari spektrumnya

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7 (warna biru). Unsur-unsur tersebut terdapat pada bahan penyusun *edible film*, juga dapat membuktikan bahwa tidak terdeteksinya

kontaminan pada *edible film*. Pada kedua gambar tersebut, menunjukkan bahwa unsur yang mendominasi adalah karbon (C).



Gambar 6. Spektrum EDS *edible film* blanko



Gambar 7. Spektrum EDS *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun

Tabel 5. Komposisi kimia *edible film* berbahan dasar gluten menggunakan metode EDS

Jenis unsur	Cps (count per second)	
	<i>Edible film</i> blanko	<i>Edible film</i> yang ditambahkan 1% minyak zaitun
C	44-224	160-400
O	0-100	30-100
N	0-48	0-40

Tabel 5 menunjukkan bahwa intensitas unsur N pada *edible film* blanko lebih tinggi dari *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun. Unsur N dalam matriks gluten pada *edible film* blanko tidak berikatan dengan gugus lain dari bahan penyusun *edible film*. Sementara itu pada *edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun, intensitasnya menurun. Hal ini dapat disebabkan unsur N pada gluten membentuk ikatan hidrogen

dengan unsur lain yaitu O atau H dari minyak zaitun atau gliserin. *Edible film* yang ditambahkan 1% minyak zaitun memiliki intensitas unsur C dan O yang tinggi. Unsur unsur tersebut dapat berasal dari matriks minyak zaitun atau penambahan gliserin yang berlebih.

KESIMPULAN

Edible film berbahan dasar gluten yang telah ditambahkan dengan 1% minyak zaitun mempunyai karakteristik yang telah sesuai dengan JIS dan dapat menghambat pertumbuhan *E. coli* tetapi tidak dapat menghambat *A. niger* dan *R. oryzae*. Berdasarkan sifat optiknya, *edible film* berbahan dasar gluten mempunyai sifat transparansi yang rendah tetapi opasitas yang cukup tinggi.

Analisis spektrum IR menunjukkan bahwa antara minyak zaitun, gliserin dengan gluten tidak bereaksi tetapi hanya bercampur secara fisik. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan SEM dan EDS menunjukkan bahwa mikrostruktur *edible film* menghasilkan struktur yang bervariasi dengan jaringan struktur gluten yang dapat diamati dengan jelas serta mengandung unsur C, O dan N dimana intensitas unsur C dan O cukup tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Bandung melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) dengan nomor kontrak: Nomor: B/66.26/PL1.R7/PG.00.03/2022

DAFTAR PUSTAKA

- Alimi, B. A., Workneh, T. S., & Femi, F. A. (2021). Fabrication and characterization of edible films from acha (*Digitalia exilis*) and iburu (*Digitalia iburua*) starches. *CYTA - Journal of Food*, 19(1): 493–500. <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1917667>
- Andrade, RMS., Ferreira, MSL., Goncalves, ECBA. (2016). *Development and Characterization of Edible Films Based on Fruit and Vegetable Residues*. *Journal of Food Science*, 81(2): E412-8. doi: 10.1111/1750-3841.13192
- Aquasky. (2021). *Rubber Diaphragm Elongation*. <https://aquaskyplus.com/news/detail.php?sid=64&page=1>. Diakses 23 Juni 2022
- Bangar, SP., Singh, A., Trif, M., Kumar, M., Kumar, P., Kaur, R., and Kaur, N. (2021). Process Parameter Optimization and Characterization for an Edible Film: Flaxseed Concern. *Coatings*, 11(9), 1106, <https://doi.org/10.3390/coatings11091106>
- Day, L. (2011). *Wheat gluten: production, properties, and application*. In *Handbook of food proteins* (pp. 267-288). Woodhead Publishing.
- Dhaka, V and Khatkar, BS. (2016). Microstructural, thermal and IR spectroscopy characterization of wheatgluten and its sub fractions. *J Food Sci Technol August*, 53(8): 3356–3363. DOI 10.1007/s13197-016-2314-9
- Dewi Rozanna, Rahmi, & Nasrun. (2021). Perbaikan Sifat Mekanik dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film Bioplastik Menggunakan Minyak Sawit dan Plasticizer Gliserol Berbasis Pati Sagu. *Jurnal Teknologi Klmia Unimal*, 10(1): 61–77.
- Djenar N.S., Jayanti, R.D., Suryadi J. (2021). The Effect of Sodium Chloride with Varying Concentration on Characteristics and Rheology of Extracted Gluten from Wheat Flour. *Advances in Engineering Research Proceedings of the 2nd International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2021)* <https://doi.org/10.2991/aer.k.211106.004>
- Fahrullah, F., Radiati, L. E., Purwadi, P., & Rosyidi, D. (2020). The Effect of Different Plasticizers on the Characteristics of Whey Composite Edible Film. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 15(1): 31–37. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.01.4>
- Gennadios, R. F. Testin (1993). Property Modification of Edible Wheat, Gluten-Based Films. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications. American Society of Agricultural Engineers 0001-2351 / 93 / 3602-0465*
- Handayani, R., & Nurzanah, H. (2018). Karakteristik edible film pati talas dengan penambahan antimikroba dari minyak atsiri lengkuas. *Jurnal Kompetensi Teknik* 10(1).
- Hazirah, N., Wan, B. C., Nafchi, A. M., & Huda, N. (2018). Tensile Strength, Elongation at Breaking Point and Surface Color of a Biodegradable Film Based on a Duck Feet Gelatin and Polyvinyl Alcohol Blend. *Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture Food and Energy*, 6(2): 16–21. http://journal.bakrie.ac.id/index.php/APJS_AFE
- Indarti, Eti; Sri Marlita A., dan Zaidiyah. (2020). Sifat Transparansi Dan Permeabilitas Film Bionanokomposit Polylactic Acid Dan Polycaprolactone Dengan Penambahan Nanocrystalline Cellulose Sebagai Pengisi. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 25(2): 81-89. <http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v25i2.81-89>

- Kassab, Z., Aziz, F., Hannache, H., Ben Youcef, H., & El Achaby, M. (2019). Improved mechanical properties of k-carrageenan-based nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123: 1248–1256. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.030>
- Kaushik, R., Kumar, N., Sihag, MK., and Ray, A. (2014). Isolation, characterization of wheat gluten and its regeneration properties. *J Food Sci Technol.*, 52(9): 5930–5937. doi: 10.1007/s13197-014-1690-2.
- Kachel-Jakubowska, M., Matwijczuk, A., and Gagoś, M. (2017). Analysis of the physicochemical properties of post-manufacturing waste derived from production of methyl esters from rapeseed oil. *Int. Agrophys.*, 31: 1-8, doi: 10.1515/intag-2016-0042.
- Khashayary S, & Aarabi A. (2021). Evaluation of Physico-mechanical and Antifungal Properties of Gluten-based Film Incorporated with Vanillin, Salicylic Acid, and Montmorillonite (Cloisite 15A). *Food and Bioprocess Technology*, 14: 665–678.
- Kwon Seongyoung, Aungkana, O., Nattinee, B., ChanSuk, Y., Choi, J., & Ko, S. (2018). A Short Review of Light Barrier Materials for Food and Beverage Packaging. *Korean Journal of Packaging Science and Technology*, 24(3): 141–148. <https://doi.org/10.20909/kopast.2018.24.3.141>
- Laachari, F., Maâtaoui, H., Bergadi, F. El, Boukir, A., Saad, & Ibensouda, K. (2015). Improvement of a lipolytic activity assay protocol to increase the efficiency of the lipases activity measurement and validation by infrared spectroscopy. *Journal, African Biotechnology*, 14.
- Liu, Z., & Han, J. H. (2005). Film-forming characteristics of starches. *Journal of Food Science*, 70(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09034.x>
- Liu, L., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2006). Effect of food ingredients and selected lipids on the physical properties of extruded edible films/casings. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(3): 295–302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01063.x>
- L. Yang and A.T. Paulson. (2000). Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. *Food Research International*, 33: 571–578.
- Matche S Rajeshwar, Chandrababu Anokhi (2021). Development and Application of Edible Film with Bioactive Compound. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics (IJFS)*, 10(2):524-531. ISSN 2326-3350
- Mellinas.C, Arantzazu Valdes, Marina Ramos, Nuria Burgos, Maria del Carmen, Alfonso Jimenez (2016). Active edible films: Current state and future trends. *Journal of Applied Polymer Science*, 133, 42631 DOI: 10.1002/APP.42631
- Mustapa, R., Restuhadi, F., & Efendi, R. (2017). Pemanfaatan Kitosan Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Edible Film Dari Pati Ubi Jalar Kuning. *Electronic Publishing*, 26(3): 1–5.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Cozzolino, R., Martignetti, A., Malorni, L., Feo, VD., Cruz, AG., and d'Acierno, A. (2019). Antibacterial Activity of Three Extra Virgin Olive Oils of the Campania Region, Southern Italy, Related to Their Polyphenol Content and Composition. *Journal of Microorganisms*, 7(9): 321. doi: 10.3390/microorganisms7090321
- Nuriyah, L., Saroja, G., Ghufron, M., Razanata, A., Rosid, N. F., Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). Karakteristik Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar Cilembu dengan Variasi Jenis Pelmastis. *NATURAL B*, 4(4).
- Pawkit. (2018). *Pawkit Water Activity Meter Standard Operating Procedure*. Decagon Devices, Inc. (diunduh dari <http://www.keydiagnostics.com.au/images/new2018/28%20HACCP%20tools/AquaLab%20Paw%20Kit/Pawkit%20-%20Basic%20Standard%20Operating%20Procedure%20KD%2009-17.pdf>)
- Permata, M. M. (2020). Tinjauan sistematis: pengaruh jenis pati dan plasticizer terhadap karakteristik edible film. [*Skripsi*], Institut Pertanian Bogor, Bogor. hlm.1–60.
- Qodri, M. M., & Sihotang, Y. B. (2021). *Isolasi Dan Karakterisasi Gluten Dari Tepung Terigu Protein Tinggi*. Politeknik Negeri Bandung, Bandung.

- Qotimah, K., Nurcahya Dewi, E., & Purnamayati, L. (2020). Karakteristik Mutu Edible Film Karagenean Dengan Penambahan Minyak Atsiri Bawang Putih (*Allium Sativum*) Pada Produk Pasta Ikan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1): 1–9.
- Sabrini, Z., Rukmi, I., Rejeki, D., & Ferniah, S. (2021). Enzymatic Activity of *Aspergillus* Section Nigri Fungi Culture DUCC (Diponegoro University Culture Collection) and Molecular Identification of Potential Isolates. *Bioma*, 23(1): 1-5. DOI: <https://doi.org/10.14710/bioma.23.1.1-5>
- Sharma, N., Khatkar, B.S., Kaushik, R., Sharma, P., and Sharma, R. (2017). Isolation and development of wheat-based gluten edible film and its physicochemical properties. *International Food Research Journal* 24(1): 94-101.
- Shen, G., Xuoxian Y., Wu Hejun, Li Shanshan, Hou Xiaoyan, Li Meiliang, Li Qingye, Liu Xingyan, Zhou Man, Chen Anjun dan Zhang Zhiqing. (2021). Incorporation of Lipids into Wheat Bran Cellulose/Wheat Gluten Composite Film Improves Its Water Resistance Properties. *Membranes*, 12(1):18. doi: 10.3390/membranes12010018.
- Soeyono. (2015). *Jurnal Fisika Umum Mikrometer Sekrup*. Diunduh dari <https://www.scribd.com/document/388989842/Soeyono-Jurnal-Fiska-Umum-Mikrometer-Sekrup>.
- Tanada-Palmu, P. S., & Grosso, C. R. F. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2): 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.12.003>
- Tapia, M. S., Alzamora, S. M., & Chirife, J. (2008). *Effects of Water Activity (aw) on Microbial Stability: As a Hurdle in Food Preservation, Chapter 10. Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, 239–271. <https://doi.org/10.1002/9780470376454.ch10>
- Thawien Wittaya. (2012). *Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties*. INTECH open science
- Taqi, A., Askar, K.A., Nagy, K., Mutihac, L., and Stamatin, I. (2011). Effect of different concentrations of olive oil and oleic acid on the mechanical properties of albumen (egg white) edible films. *African Journal of Biotechnology*, 10(60): 12963-12972.
- Togas, C., Berhimpon, S., Montolalu, R. I., Dien, H. A., & Mentang, F. (2018). Physical Characteristics of Edible Film made from Carrageenan and Beeswax Composites through Nanoemulsion Process. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3): 468-477. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19767>
- Tran, T. T. B., Roach, P., Nguyen, M. H., Pristijono, P., & Vuong, Q. V. (2020). Food Hydrocolloids Development of biodegradable films based on seaweed polysaccharides and Gac pulp (*Momordica cochinchinensis*), the waste generated from Gac oil production. *Food Hydrocolloids*, 99, 105322. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105322>
- Vebiani, L., Rostini, I., Hamdani, H., & Pratama, R. I. (2019). Potential Of Lates Calcarifer's Bone Waste As A Source Of Main Ingredient for Edible Films. *GSJ*, 7(9): 891-898.
- Wahidin, M., Srimarlita, A., Sulaiman, I., & Indarti, E. (2021). Transparency and thickness of jackfruit and durian seed starch edible film. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 667(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/667/1/012030>
- Wahyuningtyas, N., & Suryanto, H. (2017). Analysis of Biodegradation of Bioplastics Made of Cassava Starch. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 1(1), 24–31. <https://doi.org/10.17977/um016v1i12017p024>
- Warkoyo, 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): 72–81.