

KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* BERBAHAN SELULOSA KULIT SINGKONG DENGAN VARIASI PENAMBAHAN KITOSAN DAN GLISEROL

Kurnia Kumala Dewi*, Sang Kompiang Wirawan, Budhijanto
Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Penulis korespondensi: kurniakumaladewi@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Kulit singkong merupakan limbah hasil pengolahan pangan yang ketersediaannya semakin tinggi seiring meningkatnya konsumsi singkong. Kandungan selulosa yang tinggi pada kulit singkong dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *edible film*, sehingga memberikan inovasi dalam pembungkusan pangan sekaligus meningkatkan nilai guna kulit singkong. *Edible film* dibuat dengan mencampurkan selulosa, kitosan, dan gliserol. *Edible Film* yang terbuat dari bahan polisakarida ini bersifat rapuh dan tidak memiliki fleksibilitas yang baik, sehingga ditambahkan plasticizer gliserol untuk memperbaiki sifat tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari *edible film* berbahan selulosa kulit singkong dengan variasi penambahan kitosan (0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 % (b/v)) dan gliserol (1; 2; 3; 4; dan 5 % (v/v)). *Edible film* yang dihasilkan memiliki perbedaan karakteristik tergantung pada variasi konsentrasi kitosan dan gliserol. Komposisi terbaik dari penelitian ini diperoleh pada konsentrasi kitosan 1,5% (b/v) dan gliserol 1% (v/v) dengan karakteristik kuat tarik (*tensile strength*) 8,65 MPa, persen pemanjangan (*elongation at break*) 43,27%, ketebalan *film* 0,212 mm, dan laju transmisi uap air (*Water Vapor Trasmision Rate/ WVTR*) 36,50 g/m²/hari.

Kata kunci: *edible film*, selulosa, kulit singkong, kitosan, *plasticizer*

1 PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan plastik memiliki peran yang penting dalam pengemasan produk olahan daging sebagai kulit sosis. Namun, penggunaan plastik petrokimia yang beredar di pasaran dapat mencemari lingkungan karena sulit diuraikan. Selain itu, plastik petrokimia dapat mengganggu kesehatan karena mengandung senyawa bersifat karsinogenik yang mudah terurai dalam lemak dan panas. Mengatasi permasalahan tersebut dapat dengan menggantikan plastik dengan *edible film* yang lebih aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan (*biodegradable*). Menurut Umaraw, *et al.* (2020), *edible film* juga berfungsi untuk mencegah penurunan kualitas yang memperpanjang masa penyimpanan produk dengan menghambat transfer massa (kelembapan), memperlambat pertumbuhan mikroba, mikroorganisme, dan oksidasi.

Edible film adalah lapisan tipis yang tersusun dari komponen utama yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida), lipida, atau komposit. Bahan polisakarida banyak tersedia di alam (*renewable*) dan tidak beracun. Salah satu polisakarida dari tumbuhan yang dapat digunakan untuk pembuatan *edible film* adalah selulosa (Mohamed, *et al.*, 2020). Selulosa adalah komponen utama di dinding sel tumbuhan (Hidayatulloh, *et al.*, 2021). Pada kulit singkong terdapat kandungan selulosa yang tinggi, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *edible film*.

Kulit singkong diperoleh dari limbah hasil pengolahan tanaman singkong (*Manihot utilissima*) yang ketersediaannya semakin tinggi seiring meningkatnya konsumsi singkong. Produksi singkong

di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 16,4 juta ton (Biro Pusat Statistik (BPS), 2019). Kulit singkong berada 15-20% dari total berat singkong (Wening, 2023; Asharuddin, *et al.*, 2017). Sehingga didapatkan sekitar 2,46-3,28 juta ton limbah kulit singkong yang diproduksi pertahunnya, di mana pengelolaan kulit singkong sendiri masih kurang. Pemanfaatan dari kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan *edible film* ini dapat meningkatkan nilai ekonomis kulit singkong, sehingga memiliki nilai guna lebih.

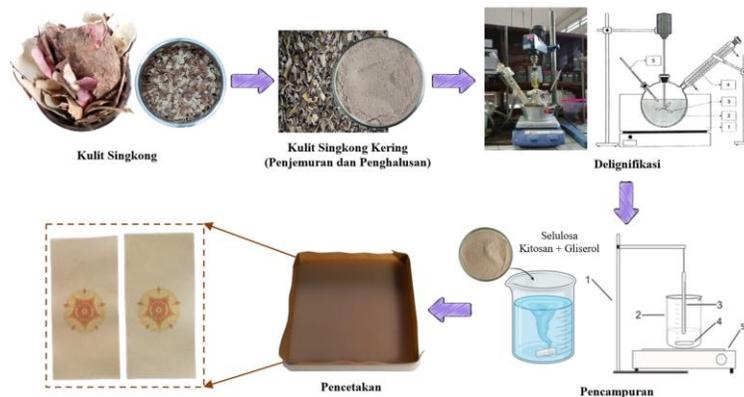
Edible film yang terbuat dari polisakarida selulosa kulit singkong memiliki kelemahan bersifat rapuh dan tidak memiliki fleksibilitas yang baik. Mengatasi kelemahan tersebut, pada pembuatan *edible film* dapat ditambahkan *plasticizer* dan kitosan untuk memperbaiki sifat *film*. *Plasticizer* yang umum digunakan dalam pembuatan *film* adalah poliol, seperti gliserol. Penambahan gliserol pada pembuatan *edible film* bertujuan untuk memperbaiki kualitas karakteristik *edible film* yang dihasilkan. Pada pembuatan *edible film* juga digunakan aditif alami yaitu kitosan, di mana penambahan kitosan digunakan sebagai lapisan pelindung, sehingga sifatnya lebih kuat dan sulit dirobek. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik *edible film* yang dihasilkan dengan penambahan *plasticizer* gliserol dan kitosan. Uji karakteristik yang dilakukan meliputi sifat fisik dan mekanik *edible film*, meliputi kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation at break*), ketebalan *film*, dan laju transmisi uap air (*Water Vapor Trasmision Rate/ WVTR*).

2 METODE

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu kulit singkong, natrium hidroksida (NaOH), asam asetat (CH_3COOH), natrium klorida (NaCl), etanol, kitosan, gliserol, dan aquades.

2.2 Proses Pembuatan Selulosa dan *Edible Film*



Gambar 1. Skema Proses Pembuatan Selulosa Kulit Singkong dan *Edible Film*

2.2.1 Pembuatan Selulosa Kulit Singkong

Kulit singkong dipersiapkan dengan cara dibersihkan dari pengotornya dan dipotong menjadi bagian-bagian lebih kecil. Kemudian potongan kulit singkong dikeringkan langsung di bawah

sinar matahari. Kulit singkong kering, lalu dihaluskan dan diayak sampai didapatkan serbuk ukuran 50 mesh.

Serbuk kulit singkong sebanyak 50 gram ditambahkan 1 L NaOH 10% untuk menghilangkan lignin. Proses delignifikasi selama 5 jam pada suhu 35°C. Setelah itu, padatan selulosa dan hemiselulosa hasil delignifikasi dipisahkan dari lignin dengan cara disaring dan dicuci dengan menggunakan aquades untuk menghilangkan NaOH. Kemudian padatan yang telah bebas lignin sebanyak 25 gram, ditambahkan dengan 100 mL aquades, 5 mL asam asetat 10%, dan 2 gram NaCl untuk mereduksi lignin yang masih tertinggal. Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 75°C selama 1 jam dengan kecepatan 400 rpm. Kemudian campuran disaring untuk memisahkan padatan selulosa dari hemiselulosa. Residu hasil penyaringan dicuci dengan aquades dan etanol. Selanjutnya, dikeringkan dengan dioven pada suhu 50°C selama 16 jam.

2.2.2 Pembuatan *Edible Film*

Selulosa kulit singkong sebanyak 1% (b/v) dan kitosan sebanyak 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 % (b/v) dilarutkan dalam gelas beker dengan 100 mL asam asetat 1% (v/v). Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen. Selanjutnya campuran ditambahkan *plasticizer* gliserol dengan volume 2, 3, 4, 5, dan 6 % (v/v). Penambahan sedikit demi sedikit agar interaksi berjalan sempurna dan homogen dengan kecepatan pengadukan 400 rpm dan waktu pengadukan 1 jam pada suhu 60°C. Larutan *edible film* dicetak dengan cara menuangkan 100 mL ke dalam cetakan silikon dan didiamkan selama 24 jam agar gelembung-gelembung udara yang terbentuk dapat menghilang. Selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 40°C selama 24 jam. Setelah *edible film* kering, *film* dilepaskan dari cetakan silikon secara perlahan agar tidak rusak.

2.2.3 Analisis Karakteristik *Edible Film*

Edible film dianalisis karakteristik berdasarkan yang dijelaskan oleh Wardana (2017) dengan modifikasi. Uji kuat tarik dan persen pemanjangan dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Instrument* (UTI) standar ASTM D882. Uji ketebalan *film* diukur menggunakan alat mikrometer sekrup pada kelima titik *film* yang berbeda dengan tingkat ketelitian 0,01 mm. Nilai hasil pengukuran dirata-rata sebagai hasil uji ketebalan *film*.

Uji laju transmisi uap air menggunakan metode gravimetri mengikuti prosedur yang ditetapkan ASTM. *Edible film* dipotong membentuk lingkaran, lalu diletakkan membentang menutupi cawan petri yang diisi dengan silika gel. Selanjutnya cawan petri ditimbang dan diletakkan dalam desikator yang berisi air dan NaCl sehingga diperoleh RH 75%, disimpan pada suhu 25±2°C. Pada setiap 1 jam dilakukan penimbangan. WVTR dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$WVTR = \frac{dw}{A \cdot dt} = \frac{W}{A \cdot T} \dots \dots \dots (1)$$

Di mana *WVTR* / *Water Vapor Transmission Rate* (g/(m².hari)), *dw* (gram) selisih berat awal dan akhir, *dt* (jam) selisih waktu awal dan akhir, *T* (jam) waktu, dan *A* (m²) luas daerah perpindahan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Bahan Baku

Hasil analisis proksimat kulit singkong disajikan pada Tabel 1 dan analisis kadar lignoselulosa pada Tabel 2.

Tabel 1. Analisis Proksimat Serbuk Kulit Singkong

Komponen	Data (%)
Kadar air	8,68
Kadar abu	4,07
Kadar serat kasar	15,25

Tabel 2. Analisis Kadar Lignoselulosa Serbuk Kulit Singkong Sebelum dan Setelah Ekstraksi

Komponen	Data (%)	
	Sebelum Ekstraksi	Setelah Ekstraksi
Selulosa	38,40	47,67
Hemiselulosa	33,67	25,46
Lignin	8,42	3,15

Hasil analisis proksimat serbuk kulit singkong menunjukkan bahwa kadar air dan abu relatif rendah yaitu masing-masing sebesar 8,68% dan 4,07%. Kadar air mempengaruhi pertumbuhan jamur pada bahan. Sehingga dengan kadar air yang rendah, kulit singkong menjadi lebih tahan lama dan tidak mudah ditumbuhi jamur. Sedangkan kadar abu akan mempengaruhi efisiensi proses saat dilakukan ekstraksi selulosa. Karena kadar abu yang tinggi dapat memperlambat efisiensi hidrolisis pada proses ekstraksi selulosa. Selain itu, kadar serat kasar serbuk kulit singkong sebesar 15,25%, di mana lebih dominan jika dibandingkan dengan komponen abu dan air. Kadar serat kasar merupakan parameter apabila suatu bahan akan dijadikan sebagai bahan baku, di mana berdasarkan kadar serat kasar menunjukkan kulit singkong dapat di ekstraksi untuk menghasilkan selulosa.

Penggunaan larutan NaOH merupakan metode yang efektif dalam proses delignifikasi biomassa lignoselulosa (Permata, 2021). Natrium hidroksida (NaOH) dapat menghilangkan lignin sekaligus mengekstraksi hemiselulosa yang memiliki struktur amorf (Modenbach & Nokes, 2014). Ion hidroksida (OH⁻) dalam larutan NaOH memutus ikatan dalam struktur dasar lignin. Sementara ion natrium (Na⁺) berikatan dengan lignin membentuk senyawa natrium fenolat yang memiliki sifat larut dalam air. Proses ini mengubah kadar lignoselulosa kulit singkong, yang terlihat pada hasil analisis kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin sebelum ekstraksi dan setelah ekstraksi. Serbuk kulit singkong sebelum ekstraksi memiliki kadar selulosa 38,40%, hemiselulosa 33,67%, dan lignin 8,42%. Proses ekstraksi meningkatkan kadar selulosa dari 38,40% menjadi 47,67% dibandingkan dengan sebelum dilakukan ekstraksi. Kandungan kadar selulosa hasil ekstraksi yang tidak terlalu tinggi disebabkan karena adanya sebagian selulosa yang ikut larut atau hilang selama proses delignifikasi. Sedangkan kadar hemiselulosa dan lignin menurun dibandingkan dengan sebelum dilakukan ekstraksi. Kadar lignin menurun dari 8,42% menjadi 3,15% setelah dilakukan ekstraksi menunjukkan proses delignifikasi lignin yang dilakukan dapat memutus ikatan lignin dari struktur selulosa dan hemiselulosa, sehingga selulosa dan hemiselulosa dapat terlepas dari lignin karena lignin larut dalam proses delignifikasi. Hemiselulosa yang masih berikatan dengan selulosa dapat larut dengan selama proses pemurnian dengan larutan asam. Ketika lignin dan hemiselulosa terlarut dalam larutan alkali, maka selulosa akan terbebas.

3.2 Karakteristik *Edible Film* Selulosa Kulit Singkong

3.3 Karakteristik *Edible Film* Selulosa Kulit Singkong Variasi Penambahan Kitosan

Pembuatan *edible film* variasi kitosan dilaksanakan dengan kondisi sebagai berikut:

Berat selulosa kulit singkong = 1% (b/v)

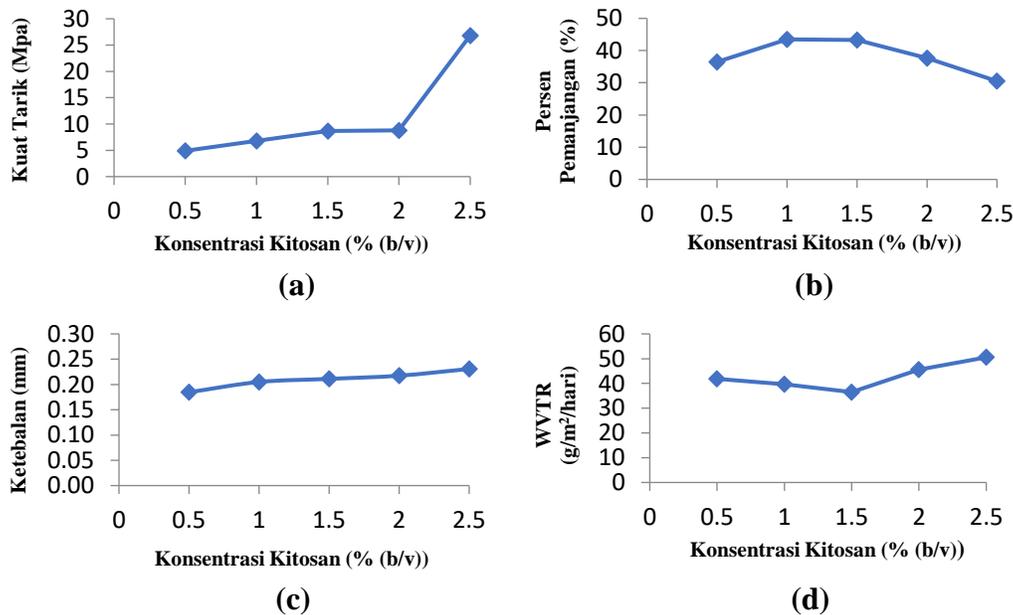
Volume Gliserol = 1% (v/v)
 Volume = 100 ml

Pengujian *edible film* variasi penambahan kitosan didapatkan nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan *film*, dan laju transmisi uap air bervariasi yang ditunjukkan Table 3 dan Gambar 2.

Tabel 3 Hubungan Konsentrasi Kitosan terhadap Karakteristik *Edible Film*

Kitosan (% (b/v))	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (%)	Ketebalan (mm)	WVTR (g/m ² /hari)
0,5	4,91	36,42	0,185	41,80
1	6,81	43,49	0,206	39,62
1,5	8,65	43,27	0,212	36,50
2	8,78	37,67	0,218	45,55
2,5	26,83	30,51	0,231	50,54
JIS Standar*	min 3,29	min 10	maks 0,250	-

*(Putri & Fitrianto, 2020)



Gambar 2 Hubungan Konsentrasi Kitosan Terhadap Karakteristik *Edible Film*
 (a) Kuat Tarik; (b) Persen Pemanjangan; (c) Ketebalan; (d) WVTR

Kuat tarik menggambarkan besarnya gaya maksimum yang dapat diterima *film* ketika gaya diberikan secara terus menerus hingga *film* putus atau robek (Wardana, *et al.*, 2017). Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tarik *edible film* berada dalam rentang 4,91–26,83 MPa. Nilai terendah sebesar 4,91 Mpa pada konsentrasi kitosan 0,5% (b/v), sedangkan nilai tertinggi sebesar 26,83 Mpa pada konsentrasi kitosan 2,5% (b/v). Menurut JIS (*Japanese International Standard*) (1975), nilai kuat tarik minimal untuk *edible film* adalah 3,29 MPa (Putri, 2020). Pada penelitian ini, nilai kuat tarik dari *edible film* dengan penambahan kitosan 0,5 – 2,5 % (b/v) memenuhi standar JIS. Selain itu, hasil pengujian juga menunjukkan nilai kuat tarik mengalami peningkatan seiring dengan variasi penambahan kitosan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Shi *et al.* (2024) bahwa meningkatnya kuat tarik disebabkan oleh kemampuan kitosan untuk memperkuat interaksi antar matriks molekuler (meningkatkan kerapatan struktur), sehingga meningkatkan kuat

tarik dari *film*. Peningkatan ini terjadi karena peran kitosan sebagai agen pengental, dengan keberadaan gugus fungsi amin (-NH₂) dan hidroksil (-OH) menjadikan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi. Gugus tersebut membentuk ikatan hidrogen, sehingga dapat membentuk *edible film* dengan karakteristik lebih baik.

Persen pemanjangan menggambarkan perubahan panjang maksimum yang dialami oleh *film* ketika mengalami peregangan sebelum *film* putus. Parameter ini untuk menentukan kelenturan dan kapasitas pemanjangan *film* (Wardana, *et al.*, 2017). Standar minimal persen pemanjangan yang harus dicapai pada *edible film* berdasarkan JIS (1997) yaitu sebesar 10% (Putri, 2020). Berdasarkan hasil pengujian persen pemanjangan tertinggi sebesar 43,49% pada konsentrasi kitosan 1% (b/v). Sedangkan, nilai persen pemanjangan terendah sebesar 30,51% terjadi pada konsentrasi kitosan 2,5% (b/v). Berarti persen pemanjangan *edible film* dengan penambahan kitosan memenuhi standar *Japanese International Standard*, sehingga termasuk berkualitas baik. Semakin tinggi konsentrasi kitosan, maka persen pemanjangan *edible film* yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini karena kitosan akan meningkatkan ketebalan *edible film*. Peningkatan ketebalan tersebut menyebabkan nilai persen pemanjangan semakin rendah karena terjadi peningkatan matriks yang terbentuk menjadi lebih padat, sehingga mengurangi kemampuan *film* untuk meregang. Namun dari Gambar 2(a) dan (b) terlihat bahwa penambahan kitosan sebesar 0,5–1% (b/v) meningkatkan nilai kuat tarik dan persen pemanjangan *edible film*. Peningkatan terjadi karena penambahan kitosan dalam jumlah rendah dapat memperbaiki struktur *film*, pada sifat kuat tarik dan pemanjangan. Namun, variasi penambahan kitosan di atas 1% (b/v) menunjukkan persen pemanjangan mulai menurun, karena semakin rapat struktur *film* yang mengurangi fleksibilitas dan elastisitas *film*.

Ketebalan *film* meningkat seiring dengan variasi penambahan kitosan, dengan nilai ketebalan *film* terendah 0,185 mm pada konsentrasi kitosan 0,5% (b/v) yang meningkat hingga ketebalan tertinggi 0,231 mm pada konsentrasi kitosan 2,5% (b/v). Peningkatan ketebalan ini terjadi karena semakin tinggi penambahan kitosan menyebabkan peningkatan struktur polimer penyusun sehingga *film* yang dihasilkan semakin tebal (Shi *et al.*, 2024). *Edible film* yang dihasilkan dalam penelitian memiliki nilai ketebalan *film* di bawah batas maksimal yang ditetapkan dalam standar ketebalan menurut JIS (*Japanese Industrial Standard*), yaitu 0,25 mm.

Laju transmisi uap air yang diperoleh menurun seiring penambahan kitosan. Penurunan ini karena dengan bertambahnya kitosan menyebabkan matriks *edible film* yang terbentuk menjadi semakin rapat, sehingga menyebabkan uap air sulit untuk melewatinya. Semakin rendah migrasi uap air pada produk yang dikemas dengan menggunakan *edible film*, maka semakin baik sifat *edible film* tersebut menjaga masa simpan produk. Oleh karena itu, WVTR dengan variasi penambahan kitosan terendah pada konsentrasi 1,5% (b/v) sebesar 36,50 (g/m²/hari).

Berdasarkan analisis karakteristik dari Tabel 3 dan Gambar 2 terkait kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan *film*, dan laju transmisi uap air, titik optimal diperoleh pada penambahan kitosan 1,5% (b/v) sebagai komposisi dasar variabel selanjutnya. Untuk memaksimalkan persen pemanjangan *edible film* dengan penambahan *plasticizer* gliserol. Gliserol merupakan agen pemlastis dengan berat molekul rendah yang mampu berinteraksi dengan rantai polimer, sehingga akan meningkatkan sifat kelenturan (Ramadhany, *et al.*, 2021).

3.4 Karakteristik *Edible Film* Selulosa Kulit Singkong Variasi Penambahan Gliserol

Pembuatan *edible film* variasi gliserol dilaksanakan dengan kondisi sebagai berikut:

Berat selulosa kulit singkong = 1% (b/v)

Volume Kitosan = 1,5% (v/v) (kondisi optimum dari variasi kitosan)

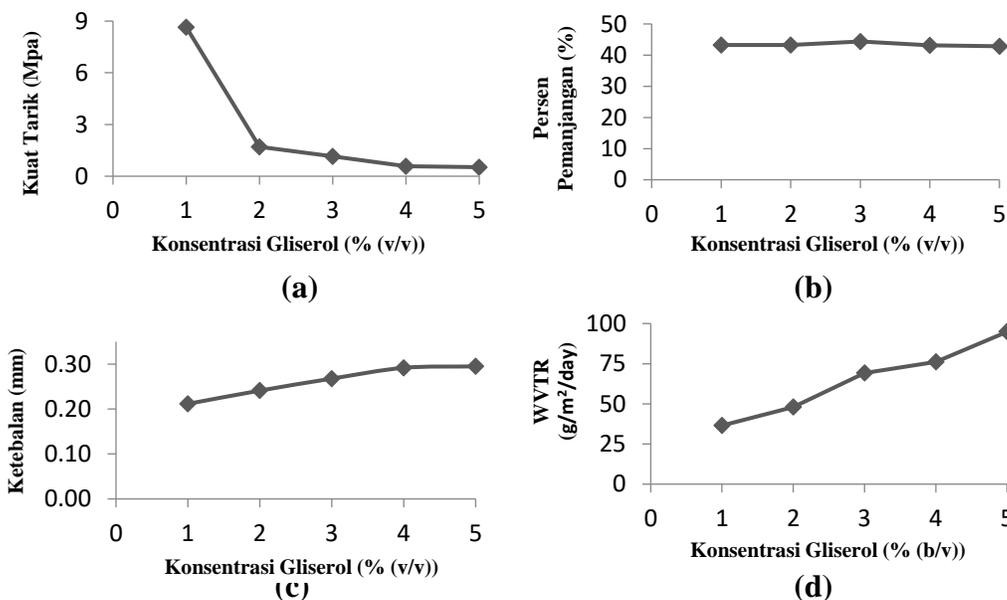
Volume = 100 ml

Pengujian *edible film* variasi penambahan gliserol didapatkan nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan *film*, dan laju transmisi uap air bervariasi yang ditunjukkan Table 4 dan Gambar 3.

Tabel 4 Hubungan Konsentrasi Gliserol terhadap Karakteristik *Edible Film*

Gliserol (% (v/v))	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (%)	Ketebalan (mm)	WVTR (g/m ² /hari)
1	8,65	43,27	0,212	36,50
2	1,71	43,29	0,241	48,04
3	1,16	44,39	0,268	69,26
4	0,58	43,20	0,292	76,12
5	0,52	42,85	0,295	94,84
JIS Standar*	min 3,29	min 10	maks 0,25	-

*(Putri & Fitrianto, 2020)



Gambar 3 Hubungan Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik *Edible Film*
 (a) Kuat Tarik; (b) Persen Pemanjangan; (c) Ketebalan; (d) WVTR

Hasil pengujian nilai kuat tarik *edible film* yang disajikan dalam Tabel 4 dan Gambar 3(a) menunjukkan nilai antara 8,65–0,52 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi yang dihasilkan sebesar 8,65 Mpa pada gliserol 1% (v/v) yang menurun hingga kuat tarik terendah sebesar 0,52 Mpa pada gliserol 5% (v/v). Penurunan kuat tarik seiring penambahan gliserol disebabkan karena *plasticizer* gliserol dapat mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler di antara rantai polimernya. Berdasarkan hasil nilai kuat tarik *edible film* variasi penambahan gliserol, hanya pada konsentrasi gliserol 1% (v/v) yang memenuhi standar JIS, di mana nilai minimal kuat tarik *edible film* adalah 3,29 MPa (Putri, 2020).

Persen pemanjangan yang dihasilkan tertinggi pada konsentrasi gliserol 3% sebesar 44,39%. Nilai tersebut lebih tinggi dari *edible film* dengan variasi penambahan konsentrasi gliserol 1 dan 2 % (v/v). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *plasticizer* gliserol dapat meningkatkan persen perpanjangan pada *film*. Namun, setelah *edible film* mencapai penambahan optimalnya yaitu 3%(v/v), penambahan gliserol lebih lanjut di atas 3% menyebabkan *film* melewati titik jenuh. Pada titik ini interaksi yang terjadi antara molekul kitosan dan selulosa sudah tidak dipengaruhi oleh adanya penambahan gliserol. Tetapi variasi penambahan gliserol dalam *edible film* berbahan selulosa kulit singkong dengan kitosan 1,5% (b/v) menyebabkan *film* menjadi lebih lunak dan mudah sobek, sehingga persen pemanjangan dan kuat tarik menjadi semakin menurun.

Ketebalan *film* pada variasi penambahan gliserol 1–5 % (v/v) menunjukkan hasil antara 0,212-0,295 mm. Bertambahnya gliserol yang digunakan, menyebabkan ketebalan *edible film* menjadi semakin meningkat. Peningkatan terjadi karena sifat dari gliserol yang mudah larut dalam air dan memiliki kemampuan untuk meningkatkan viskositas larutan (Hidayati, *et al.*, 2021). *Edible film* pada konsentrasi gliserol 1-2% (v/v) memiliki nilai ketebalan di bawah standar maksimal ketebalan yang ditetapkan JIS yaitu 0,25 mm, yang berarti *film* memenuhi standar. Sedangkan, pada konsentrasi gliserol di atas 2%, ketebalan *film* melebihi standar tersebut.

Laju transmisi uap air pada Gambar 3(d) mengalami peningkatan seiring dengan variasi penambahan gliserol. Peningkatan ini karena *plasticizer* gliserol memiliki sifat hidrofilik yang dapat menurunkan tegangan antar molekul dalam matriks lalu meningkatkan jarak antar molekul, sehingga *edible film* mudah menyerap uap air (Hidayati, *et al.*, 2021). Laju transmisi uap air dengan variasi gliserol terendah pada konsentrasi 1% (v/v) sebesar 36,50 (g/m²/hari).

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3 komposisi terbaik dan memenuhi *Japanese International Standard* (JIS) pada pembuatan *edible film* dari selulosa dengan perbandingan kitosan 1,5% (b/v) dan gliserol 1% (v/v). *Edible film* dengan komposisi tersebut memiliki nilai kuat tarik 8,65 Mpa dan persen pemanjangan 43,27%. Selain itu, ketebalan *film* yang dihasilkan 0,211 mm dan laju transmisi uap air 36,50 g/m²/hari.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi penambahan kitosan dan gliserol dalam *edible film* berbahan selulosa memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya. Penambahan kitosan meningkatkan kuat tarik (*tensile strength*), menurunkan persen pemanjangan (*elongation at break*), meningkatkan ketebalan *film*, dan menurunkan laju transmisi uap air. Sementara itu, penambahan *plasticizer* gliserol menurunkan kuat tarik (*tensile strength*), meningkatkan persen pemanjangan (*elongation at break*), ketebalan *film*, dan laju transmisi uap air. Komposisi *edible film* yang terbaik sesuai standar JIS diperoleh pada kitosan 1,5% (b/v) dan gliserol 1% (v/v), dengan karakteristik kuat tarik 8,65 Mpa, persen pemanjangan 43,27%, ketebalan *film* 0,212 mm, dan laju transmisi uap air/ WVTR 36,50 g/m²/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Asharuddin, S.H., Othman, N., Zin, N.S.M., & Tajarudin, H.Z. (2017). *A Chemical and Morphological Study of Cassava Peel: A Potential Waste as Coagulant Aid*. MATEC Web of Conferences, 103, 06012. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710306012>
- Biro Pusat Statistik. (2019). *Produksi Ubi Kayu*. Jakarta.

- Hidayati, S., Zulferiyenni, Maulidia, U., Satyajaya, W., & Hadi, S. (2021). *Effect of Glycerol Concentration and Carboxy Methyl Cellulose on Biodegradable Film Characteristics of Seaweed Waste*. *Heliyon*, 7, e07799. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07799>
- Hidayatulloh, I., Widyanti, E. M., Kusumawati, E., & Elizabeth, L. (2021). *Nanocellulose Production from Empty Palm Oil Fruit Bunches (EPOFB) Using Hydrolysis Followed by Freeze Drying*. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 21(1), 52–61. <https://doi.org/10.22146/ajche.61093>
- Modenbach, A.A., & Nokes, S.E. (2014). *Effects of Sodium Hydroxide Pretreatment on Structural Components of Biomass*. *Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)*, 57(4), 1187-1198. <https://doi.org/10.13031/trans.57.10046>
- Mohamed, S.A.A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M.A.M. (2020). *Polysaccharides, Protein, and Lipid-Based Natural Edible films in Food Packaging: A Review*. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Permata, D. A., Kasim, A., Asben, A., & Yusniwati. (2021). *Delignification of Lignocellulosic Biomass*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(02), 462–469. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.2.0618>
- Putri, R. D. A., & Fitrianto, R. (2020). *Edible Film Innovation from Jackfruit Seed Starch (Artocarpus Heterophyllus) with The Addition of Sorbitol and Carrageenan*. *International Journal of Research Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.15294/ijrie.v1i1>
- Ramadhany, P. A., Hardono, J. K., & Gabriela, M. K. C. (2021). *The Effect of Hydrochloric Acid Solution and Glycerol on the Mechanical, Hydrate Properties and Degradation Rate of Biofilm from Ripe Banana Peels*. *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(2), 202–216. <https://journal.ugm.ac.id/jrekpros>
- Shi, B., Hao, Z., Du, Y., Jia, M., & Xie, S. (2024). *Mechanical and Barrier Properties of Chitosan-Based Composite Film as Food Packaging: A Review*. *BioResources*, 19(2), 4001–4014. <https://doi.org/10.15376/biores.19.2.Shi>
- Umaraw, P., Munekata, E.S.P., Verma, K.A., & Barba, J.F. (2020). *Edible Films/ Coating with Tailored Properties for Active Packaging of Meat, Fish, and Derived Products*. *Journal of Food Science & Technology*, 98, 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032>
- Wardana, A.A., & DewantiWidyaningsih, T. (2017). *Development of Edible Films from Tapioca Starch and Agar, Enriched with Red Cabbage (Brassica Oleracea) as a Sausage Deterioration Bio-indicator*. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 109: 012-031. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/109/1/012031>
- Wening, D. N., & Amalia, R. (2023). *Optimasi Kondisi Operasi Pembuatan Plastik Biodegradable dari Selulosa Tongkol Jagung dan Pati Kulit Singkong dengan Penambahan Pva dan Tio₂ sebagai Smart Packaging*. *Jurnal Rekayasa Proses*, 17(2), 139–147. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.76634>