

Optimasi Konsentrasi Pati Biji Alpukat (*Persea americana M.*) dan Kitosan Menggunakan RSM Terhadap Sifat *Barrier Edible Film*

Optimization of Avocado Seed Starch (*Persea americana M.*) and Chitosan Concentration Using RSM on the Barrier Properties of Edible Film

Indira Andria Putri, Anak Agung Istri Sri Wiadnyani*, I Nengah Kencana Putra

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali, Indonesia

*Penulis korespondensi: Anak Agung Istri Sri Wiadnyani, Email: sriwiadnyani@unud.ac.id

Abstract

Edible films are thin, consumable layers used as food packaging, typically made from starch. One of high-amylose starch source is avocado seed starch. However, starch-based films generally exhibit high water vapor transmission rate and water uptake, which are indicators of edible film with poor barrier properties because the film becomes more easily permeated by water vapor and absorbs excess water, making it unable to protect the product effectively. Therefore, chitosan incorporation is required to reduce both WVTR and water uptake in the edible film by forming a denser film matrix. This interaction reduces overall porosity and effectively decreases permeability to water vapor. With an experimental strategy based on Central Composite Design (CCD), this study aimed to ascertain the optimum concentrations of chitosan and avocado seed starch using Response Surface Methodology (RSM) in connection to the water barrier properties of edible films. The result showed that 3.93 percent avocado seed starch and 0.41 percent chitosan were the optimum conditions. According to a validation test of the optimum condition carried out under these circumstances. After testing, the edible film with the best barrier properties had a tensile strength of 3,90 MPa, elongation at break of 32 percent, thickness of 0.15 mm, and a light reddish-brown color characterized by $L^*=68.91$, $a^*=7.94$, and $b^*=17.65$.

Keywords: edible film, avocado seed starch, chitosan, response surface methodology

Abstrak

Film edible merupakan lapisan tipis yang dapat dikonsumsi dan digunakan sebagai kemasan pangan, yang umumnya dibuat dari pati. Salah satu sumber pati dengan kandungan amilosa tinggi adalah pati biji alpukat. Namun, film berbasis pati umumnya memiliki laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*) dan daya serap air (*water uptake*) yang tinggi. Kedua parameter tersebut merupakan indikator rendahnya sifat penghalang (*barrier properties*) film edible, karena film menjadi lebih mudah ditembus oleh uap air dan menyerap air secara berlebihan sehingga tidak mampu melindungi produk secara efektif. Oleh karena itu, diperlukan penambahan kitosan untuk menurunkan nilai WVTR dan *water uptake* pada film edible melalui pembentukan matriks film yang lebih padat. Interaksi antara pati dan kitosan dapat mengurangi porositas matriks secara keseluruhan sehingga secara efektif menurunkan permeabilitas terhadap uap air. Dengan menggunakan strategi eksperimental *Central Composite Design* (CCD), penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi optimum pati biji alpukat dan kitosan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dalam kaitannya dengan sifat penghalang terhadap air pada film edible. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi pati biji alpukat sebesar 3,93% dan kitosan sebesar 0,41%. Berdasarkan uji validasi terhadap kondisi optimum tersebut, film edible dengan sifat penghalang terbaik memiliki kuat tarik sebesar 3,90 MPa, *elongation at break* sebesar 32%, ketebalan 0,15 mm, serta warna cokelat kemerahan muda dengan nilai $L^* = 68,91$, $a^* = 7,94$, dan $b^* = 17,65$.

Kata kunci: film edible, pati biji alpukat, kitosan, *Response Surface Methodology*

PENDAHULUAN

Edible film didefinisikan sebagai lapisan tipis yang dapat dikonsumsi serta dapat diaplikasikan sebagai pembungkus makanan yang berfungsi sebagai *barrier* terhadap perpindahan massa, terutama dalam mengendalikan difusi oksigen, uap air, dan zat terlarut tertentu sehingga berperan dalam memperpanjang masa simpan serta menjaga mutu produk. Berdasarkan pernyataan Bourtoom (2008), *edible film* dapat terbuat dari hidrokoloid, lemak, dan komposit. Salah satu bahan yang mudah ditemui dan tersedia di alam bebas, yaitu pati yang termasuk kedalam golongan hidrokoloid. Biji alpukat diketahui sebagai salah satu sumber pati yang potensial untuk dimanfaatkan. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, menunjukkan bahwa produksi buah alpukat di Indonesia mencapai 919.508 ton, sehingga ketersediaan bijinya cukup melimpah. Winarti dan Purnomo (2006), menyatakan bahwa komposisi pati dalam biji alpukat adalah 80,1 persen dimana 43,3 persennya adalah amilosa. Karakteristik ini menjadikan pati biji alpukat potensial sebagai bahan baku *edible film*. Amilosa dengan konsentrasi di atas 20 persen berperan penting dalam proses pembentukan gel, membentuk film atau lapisan tipis yang baik, serta menghasilkan *edible film* yang lebih kuat dibandingkan dengan

amilopektinnya. (Amaliya dan Putri, 2014) dalam (Yudiandani, 2016).

Berdasarkan penelitian Rizkyati et al. (2019), konsentrasi pati garut pada perlakuan terbaik *edible film*, yaitu 4 persen, juga didukung oleh penelitian Dewi et al. (2023) dalam pembuatan *edible film* pati singkong. Semakin rendah konsentrasi pati, maka daya serap air akan berkurang, namun laju transmisi uap air akan meningkat dikarenakan struktur film yang rapuh sehingga air berdifusi lebih cepat (Safitri et al., 2020). Apabila konsentrasi pati semakin tinggi dapat mengurangi laju transmisi uap air, namun dapat menyebabkan peningkatan daya serap air dikarenakan banyaknya kandungan gugus hidroksil pada pati sehingga pati bersifat sangat hidrofilik (Muhammad et al., 2020). Nilai laju transmisi uap air dan penyerapan air yang tinggi menunjukkan sifat *barrier edible film* yang buruk, baik terhadap air maupun uap air. Hal ini menyebabkan film mudah ditembus oleh uap air dan menyerap air berlebih, sehingga efektivitasnya dalam melindungi produk makanan menjadi lemah. Sifat *barrier* pada *edible film* dapat diperbaiki dengan penggunaan biopolimer hidrofilik terkendali seperti kitosan yang memiliki kemampuan untuk membentuk matriks film yang lebih kompak, mengurangi porositas, dan dapat menurunkan permeabilitas terhadap air dikarenakan gugus hidroksil yang bermuatan

negative dan gugus amina yang bermuatan positif berikatan ionik dengan kuat (Anward et al., 2013). Kitosan juga dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan merusak membran serta menghalangi masuknya oksigen dengan baik pada film (Liu et al., 2004).

Berdasarkan penelitian Ikhsan et al. (2021) dan Widodo et al. (2019), didapatkan konsentrasi kitosan pada perlakuan terbaik sebesar 1 persen yang terbukti efektif dalam pembuatan *edible film* berbasis pati bonggol pisang dan pati labu kuning. Berdasarkan penelitian dari Noshirvani et al., (2017) konsentrasi kitosan diatas 1 persen akan meningkatkan laju transmisi uap air hingga 30 persen dikarenakan penggumpalan dari kitosan yang menyebabkan permukaan *edible film* berpori, sama halnya dengan daya serap air yang meningkat hingga 100-150 persen. Berdasarkan penelitian Wicakso et al., (2023) bertambahnya konsentrasi kitosan dapat mengurangi daya serap air, namun dapat meningkatkan laju transmisi uap air dikarenakan penambahan kitosan memungkinkan terjadinya interaksi intermolekul dengan pati dimana pada bagian bagian tertentu terbentuk fase kristal amorf. Oleh karena itu, keseimbangan antara konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan dapat menghasilkan *edible film* dengan sifat barrier yang baik, dengan laju transmisi uap air dan daya serap air yang rendah.

Studi mengenai optimasi konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan pada *edible film* masih belum dilakukan. Padahal kedua faktor ini diperkirakan dapat berdampak signifikan terhadap sifat *barrier edible film* yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai optimasi konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan terhadap sifat *barrier edible film*. Optimasi konsentrasi kitosan telah dilakukan oleh Pramesta et al. (2022) pada pembuatan *edible film* menggunakan pati jagung. Menurut Nurmiah (2013), penggunaan *Response Surface Methodology* (RSM) pada penelitian dapat mengurangi jumlah unit percobaan, tidak membutuhkan waktu lama, dan menghemat biaya. Dalam penelitian ini, RSM digunakan untuk mengoptimasi konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan sehingga diperoleh formulasi *edible film* dengan sifat *barrier* terbaik.

METODE

Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Pangan dan Laboratorium Pengolahan Pangan Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana serta Laboratorium Fakultas Teknik, Politeknik Negeri Bali.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji alpukat mentega didapatkan dari

Jus Djadoel, Jimbaran serta kitosan dari kulit udang *vannamei* 100 mesh (CV. Natura Chem Abadi), aquades, gliserol, asam asetat 1 persen, dan natrium metabisulfit (Raja Kimia).

Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pisau, blender (Philips), talenan, baskom, kain saring, *aluminium foil* (Klinpak), ayakan 80 mesh (Toyoun Lab), *beaker glass* (Pyrex), gelas ukur (Pyrex), pipet (Onemed), *thermometer* (PT ROFA Laboratorium Indonesia), spatula (Phoenix Surabaya), cawan petri 100 x 150 mm (Onemed), *magnetic stirrer* (Thermo Scientific), *dehydrator*, jangka sorong, *Tension and Compression Testing Machine* (RAMT), penjepit (*clamp*), timbangan analitik, oven, *colorimeter*, cawan (desikator), *silica gel*, *incubator* atau oven dengan pengontrol suhu.

Rancangan Penelitian

Desain eksperimen pada penelitian ini menggunakan *Central Composite Design* (CCD) dua (2) faktor, tingkat konsentrasi pati biji alpukat serta kitosan. Penentuan kondisi optimum dari perlakuan konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan dianalisis menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Tujuan optimasi ini adalah menentukan pengaruh konsentrasi pati biji alpukat serta

kitosan terhadap sifat *barrier edible film*, yang dievaluasi berdasarkan parameter laju transmisi uap air dan daya serap air. Variabel bebas (X), yaitu konsentrasi pati biji alpukat (PBA) (X_1) dengan konsentrasi kitosan (X_2) digunakan untuk menganalisa respon (Y), yaitu laju transmisi uap air dan daya serap air. Variabel bebas, kode, dan nilai yang dioptimasi disajikan pada Tabel 1 dan kombinasi perlakuan konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan disajikan pada Tabel 2. *Center Point* dari variasi konsentrasi pati biji alpukat dan konsentrasi kitosan pada penelitian ini, mengacu pada penelitian Widodo et al., 2019 yang menghasilkan *edible film* terbaik dengan konsentrasi kitosan 1 persen dan pati labu kuning 4 persen.

Pelaksanaan Penelitian

Ekstraksi Pati Biji Alpukat

Ekstraksi pati biji alpukat pada penelitian ini mengacu pada Yudiandani et al., 2016 dengan modifikasi yaitu dilakukan dengan pembuatan larutan natrium metabisulfit 2000 ppm dengan melarutkan 20 gr natrium metabisulfit kedalam 10 L akuades. Kemudian timbang biji alpukat sebanyak 2 kg dan dibersihkan dari sisa buah yang menempel, serta dikupas dari kulit biji alpukatnya.

Tabel 1. Variabel Bebas, Kode, dan Nilai yang Dioptimasi

Variabel Bebas	Kode dan Nilai				
	-1,414	-1	0	+1	+1,414
Konsentrasi PBA, X_1 (%)	2,58	3	4	5	5,41
Konsentrasi Kitosan, X_2 (%)	0,29	0,5	1	1,5	1,70

Tabel 2. Kombinasi Perlakuan Konsentrasi Pati Biji Alpukat dan Kitosan yang Dioptimasi

No.	Variasi Kode		Variasi Perlakuan	
	X_1	X_2	Konsentrasi PBA (%)	Konsentrasi Kitosan (%)
1.	-1	-1	3	0,5
2.	+1	-1	5	0,5
3.	-1	+1	3	1,5
4.	+1	+1	5	1,5
5.	-1,414	0	2,58	1
6.	+1,414	0	5,41	1
7.	0	-1,414	4	0,29
8.	0	+1,414	4	1,70
9.	0	0	4	1
10.	0	0	4	1
11.	0	0	4	1
12.	0	0	4	1
13.	0	0	4	1

Biji alpukat dipotong menjadi 4 bagian dan direndam kedalam larutan natrium metabisulfit 2000 ppm untuk mengurangi oksidasi pada biji alpukat dengan perbandingan 1:5 (b/v) selama 2 jam. Biji alpukat dihaluskan dengan blender dengan perbandingan 1:2 (b/v) hingga terbentuk *slurry* dan dilakukan penyaringan menggunakan kain saring. Ampas dari penyaringan tersebut dikumpulkan dan ditambahkan larutan natrium metabisulfite dengan perbandingan 1:1 (b/v) kemudian disaring kembali menggunakan kain saring sehingga diperoleh 2 filtrat. Kedua filtrat

tersebut digabungkan dan diendapkan selama 6 jam, kemudian bagian bening filtrat dibuang dan pati yang mengendap ditambahkan aquades dengan perbandingan 1:3 (b/v) dan diendapkan kembali selama 3 jam. Setelah didapatkan endapan pati, endapan pati kemudian dikeringkan menggunakan *dehydrator* dengan suhu 60°C selama 7 jam, dan disaring menggunakan ayakan 80 mesh dan didapatkan hasil akhir pati berwarna putih.

Pembuatan Edible Film

Pembuatan *edible film* pada penelitian ini merujuk kepada penelitian Susilowati et al., 2019 dengan melakukan penyesuaian yaitu

dimulai dengan melarutkan kitosan sesuai dengan perlakuan yang dioptimasi pada Tabel 5 kedalam 50 ml asam asetat 1 persen, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* tanpa pemanasan selama 20 menit. Dalam wadah yang terpisah, larutkan pati biji alpukat sesuai dengan perlakuan yang dioptimasi pada Tabel 5 dengan 50 ml akuades dengan pemanasan hingga suhu larutan mencapai 80°C selama 10 menit kemudian ditambahkan gliserol 1,5 ml pada larutan pati. Kedua larutan digabungkan sesuai dengan variasi perlakuan pada Tabel 5 dan dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Setelah itu larutan didiamkan pada suhu ruang (*resting*) dan dihilangkan dari gelembung udara selama 5 menit. Larutan sebanyak 45 ml dituangkan pada cawan petri berukuran 100 x 15 mm dan dikeringkan dengan *dehydrator* pada suhu 60°C selama 7 jam.

Parameter yang Diamati

Parameter yang dioptimasi dalam penelitian ini yaitu laju transmisi uap air (Dewi et al., 2021) dan daya serap air (Kasmawati et al., 2018). Kedua variabel tersebut merupakan indikator sifat *barrier edible film*, dimana sifat *barrier* yang baik ditandai dengan nilai laju transmisi uap air dan daya serap air yang rendah. Setelah itu dilakukan uji validasi kondisi optimum dan dilanjutkan dengan uji karakteristik fisik pada kondisi optimum dengan variabel ketebalan (Turban & Sabhaz,

2004), kuat tarik (ASTM, 1993), pemanjangan (ASTM, 1993), dan warna (Souripet et al., 2015).

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan *software* Minitab 22 untuk menganalisis data yang diperoleh. Berdasarkan analisis tersebut, akan didapatkan visualisasi respon dalam bentuk *3D response surface plot*, *contour plot*, dan *d-optimally* serta model persamaan kuadratik dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1^2 + \beta_4 X_2^2 + \beta_5 X_1 X_2$$

Nilai Y merepresentasikan respon, β_0 merupakan konstanta, β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , dan β_5 adalah koefisien variabel bebas (X), X menyatakan variabel bebas dalam bentuk aktual (X_1 untuk variabel konsentrasi pati biji alpukat dan X_2 untuk variabel variable konsentrasi kitosan). *Analysis of variance* (ANOVA) diterapkan pada setiap respons (Y) dengan bantuan perangkat lunak Minitab 22. Selanjutnya, model persamaan kuadratik yang dihasilkan dievaluasi dengan menganalisis koefisien determinasi (R^2) serat dan uji ketidakcocokan model (*lack of fit*), menguji pengaruh variabel bebas (Montgomery, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan terhadap laju transmisi uap air dan daya serap air yang diperoleh dengan *Central Composite Design* disajikan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Analisis Laju Transmisi Uap Air dan Daya Serap Air Berdasarkan *Central Composite Design*

No.	Konsentrasi Pati Biji Alpukat (%)	Konsentrasi Kitosan (%)	Laju Transmisi Uap Air (g/m ² .hari)	Daya Serap Air (%)
1.	3	0,5	36,93	44,84
2.	5	0,5	36,36	48,99
3.	3	1,5	46,41	130,69
4.	5	1,5	36,36	156,39
5.	2,58	1	36,08	112,44
6.	5,41	1	30,42	113,70
7.	4	0,29	34,38	29,06
8.	4	1,70	41,88	149,11
9.	4	1	33,96	91,97
10.	4	1	33,11	93,53
11.	4	1	33,67	85,59
12.	4	1	29,71	89,57
13.	4	1	36,22	97,12

Laju Transmisi Uap Air

Analisis laju transmisi uap air berdasarkan *Central Composite Design* menunjukkan bahwa *edible film* berbasis pati biji alpukat dan kitosan memiliki nilai berkisar antara 29,71-46,41 g/m².hari Berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (1975) dalam Putra et al., (2017), ke-13 respon tersebut sudah memenuhi standar terhadap laju transmisi uap air, yaitu maksimal 200 g/m².hari. Model persamaan kuadratik yang didapatkan untuk memprediksi laju transmisi uap air minimum dalam kondisi optimum adalah sebagai berikut:

$$Y = 44,2 - 3,90X_1 - 1,90X_2 + 0,789X_1^2 + 12,92X_2^2 + 4,74X_1X_2$$

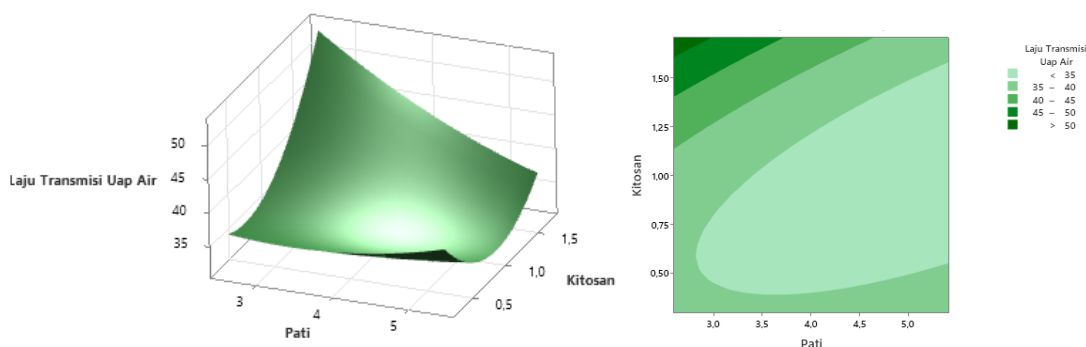
Koefisien pada X_2 yaitu kitosan memiliki pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan koefisien pada X_1 yaitu pati (-1,90>-3,90) dikarenakan kitosan mengandung

gugus amina (-NH₂) dan gugus hidroksil (-OH) yang memiliki kemampuan berikatan dengan air (Branca, 2016). Nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan untuk laju transmisi uap air 80,78 persen yang menunjukkan bahwa konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan berpengaruh terhadap laju transmisi uap air sebesar 80,78 persen dan 19,22 persen lainnya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak bisa dijelaskan oleh respon. Uji *lack of fit* terhadap model persamaan kuadratik menunjukkan bahwa model dianggap sesuai apabila nilai *p-value* lebih besar dari tingkat signifikansi 5 persen (Montgomery, 2017). Berdasarkan hasil analisis *lack of fit* pada laju transmisi uap air, didapatkan nilai *P-value* sebesar 0,365>0,050 yang menandakan ketidakcocokan model persamaan yang ditunjukkan di atas cocok digunakan untuk memprediksi laju transmisi uap air pada

kondisi optimum. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), didapatkan nilai signifikansi (Nilai P) dari interaksi antara konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan (PBA*KIT) sebesar $0,104 > 0,05$ yang menandakan interaksi antara kedua variabel tidak signifikan secara statistik terhadap laju transmisi uap air.

Titik optimum dari laju transmisi uap air berdasarkan *Central Composite Design* dari grafik *D-Optimally* menunjukkan pada konsentrasi pati biji alpukat sebesar 5,41 persen dan kitosan pada 1,06 persen. Pada titik tersebut akan diprediksi menghasilkan laju

transmisi uap air sebesar $31,56 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari}$. Berdasarkan grafik *surface plot* pada Gambar 1, menunjukkan semakin tinggi konsentrasi pati biji alpukat, maka laju transmisi uap air akan cenderung menurun, kemudian meningkat kembali pada titik tertentu. Sedangkan semakin tinggi konsentrasi kitosan terutama pada konsentrasi $> 0,5$ persen, maka laju transmisi uap air akan cenderung meningkat. Warna hijau tua pada grafik menunjukkan nilai laju transmisi uap air yang lebih besar, sedangkan yang berwarna hijau terang menunjukkan laju transmisi uap air yang lebih kecil.



Gambar 1. Grafik *Surface Plot* (Kiri) dan *Contour Plot* (Kanan) Pengaruh Konsentrasi Pati Biji Alpukat dan Kitosan Terhadap Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air dipengaruhi oleh kitosan. Pada konsentrasi pati rendah (≤ 3 persen), struktur matriks *edible film* belum maksimal rapat, dikarenakan jumlah molekul pati belum cukup untuk membentuk jaringan yang kuat, sehingga penambahan kitosan dapat meningkatkan porositas film yang menyebabkan peningkatan laju transmisi uap air, sehingga penambahan kitosan dapat

meningkatkan porositas film yang mengakibatkan laju transmisi uap air meningkat. Pada kadar pati rendah, jumlah gugus $-OH$ pada pati tidak cukup untuk berikatan optimal dengan gugus $-NH_2$ pada kitosan sehingga akan terbentuk *edible film* yang tidak merata dan lebih mudah berikatan dengan air. Pada konsentrasi pati 5 persen, struktur film sudah mulai rapat dikarenakan

konsentrasi pati yang lebih tinggi, sehingga penambahan kitosan tidak berpengaruh pada matriks film, sehingga laju transmisi uap air pada konsentrasi kitosan 0,5 dan 1,5 persen tetap. Hasil ini bertentangan dengan pernyataan Ekariski et al., (2017) dimana laju transmisi uap air akan menurun dengan bertambahnya kitosan. Namun hal ini dapat dijelaskan dari penelitian serupa oleh Wicakso et al., (2023) yang menyatakan bahwa pada pati jagung 5 persen, penambahan kitosan ≤ 1 persen tidak mengubah laju transmisi uap air pada *edible film* dikarenakan larutan *edible film* sudah mengisi pori atau celah ikatan antara polimer.

Pada konsentrasi pati 5,41 persen, laju transmisi uap air turun dikarenakan pada matriks film yang sudah rapat, kitosan dapat memperkuat ikatan silang antar rantai polimer yang dapat mengurangi porositas sehingga laju transmisi uap air menurun. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian Khalil et al., (2016) bahwa setelah titik optimum densitas film, tambahan polimer dapat membantu struktur film semakin kompak, sehingga laju transmisi uap air dapat menurun. Kitosan mencapai titik optimal pada konsentrasi 1 persen untuk mengisi celah yang tersisa dalam matriks pati yang sudah rapat sehingga *cross-linking* antara gugus amina pada kitosan dan gugus hidroksil pada pati terjadi dengan maksimal.

Laju transmisi uap air pada *edible film* juga dipengaruhi oleh pati biji alpukat.

Peningkatan pati biji alpukat cenderung menurunkan laju transmisi uap air dikarenakan kadar pati yang semakin tinggi akan meningkatkan ketebalan *edible film* sehingga dapat menghalangi laju transmisi uap air. Pernyataan ini didukung oleh Elsabee et al., (2013) yang menyatakan bahwa ketika konsentrasi kitosan < 2 persen, peningkatan konsentrasi pati dapat menurunkan laju transmisi uap air.

Daya Serap Air

Analisis laju daya serap air berdasarkan *Central Composite Design* menunjukkan bahwa *edible film* berbasis pati biji alpukat dan kitosan memiliki nilai berkisar antara 29,06-156,39 persen. Dalam pengaplikasian *edible film* sebagai kemasan makanan, umumnya memiliki daya serap air < 100 persen, dimana sebagian besar dari ke-13 respon tersebut sudah memenuhi. Model persamaan kuadratik yang didapatkan untuk memprediksi daya serap air minimum dalam kondisi optimum adalah sebagai berikut:

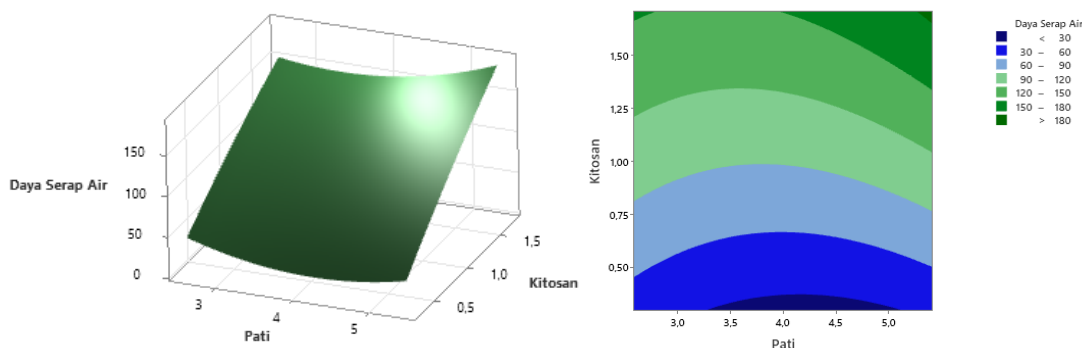
$$Y = 166,0 - 81,2X_1 + 69,2X_2 + 9,29X_1^2 + 10,8X_2^2 + 10,78X_1X_2$$

Berdasarkan model persamaan kuadratik, Koefisien pada X_2 yaitu kitosan memiliki pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan koefisien pada X_1 yaitu pati (69,2 > 81,2) dikarenakan kitosan mengandung gugus amina ($-NH_2$) dan gugus hidroksil ($-OH$) yang memiliki kemampuan berikatan dengan air (Branca, 2016). Nilai

koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan untuk daya serap air adalah 98,25 persen yang menunjukkan bahwa konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan berpengaruh terhadap daya serap air sebesar 98,25 persen dan 1,75 persen lainnya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak bisa dijelaskan oleh respon. Uji *lack of fit* terhadap model persamaan kuadratik menunjukkan bahwa model dianggap sesuai apabila nilai *p-value* lebih besar dari tingkat signifikansi 5 persen (Montgomery, 2017). Berdasarkan hasil analisis *lack of fit* pada laju transmisi uap air, didapatkan nilai *P-value* sebesar $0,099 > 0,050$ yang menandakan ketidakcocokan model persamaan kuadratik ditolak, sehingga model persamaan kuadratik yang ditunjukkan di atas cocok digunakan untuk memprediksi daya serap air pada kondisi optimum. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, didapatkan nilai signifikansi (Nilai P) dari interaksi antara konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan (PBA*KIT) sebesar $0,150 > 0,05$ yang menandakan interaksi antara kedua variabel tidak signifikan secara statistik terhadap daya serap air.

Titik optimum dari daya serap air berdasarkan *Central Composite Design* dari grafik *D-Optimally* menunjukkan pada konsentrasi pati biji alpukat sebesar 4,19% dan kitosan pada 0,29 persen. Pada titik tersebut

akan diprediksi menghasilkan daya serap air sebesar 21,62 persen. Berdasarkan grafik *surface plot* pada Gambar 2, menandakan bahwa persentase daya serap air meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi pati biji alpukat, terutama apabila diikuti dengan peningkatan kitosan. Warna hijau tua pada grafik menunjukkan nilai daya serap air yang lebih besar, sedangkan yang berwarna hijau terang menunjukkan laju transmisi uap air yang lebih kecil. Peningkatan daya serap air disebabkan karena pati memiliki gugus -OH yang mudah berikatan dengan air, selain itu pada saat pembuatan *edible film*, pati mengalami gelatinisasi yang menyebabkan granula pati pecah dan mengalami peningkatan viskositas sehingga pati memerangkap air dalam matriks. Pada konsentrasi kitosan 0,5 dan 1,5 persen peningkatan pati dari 3 menjadi 5 persen menyebabkan kenaikan daya serap air, hal ini terjadi karena semakin banyak konsentrasi pati yang lebih tinggi menyediakan lebih banyak gugus hidroksil (-OH- yang mampu mengikat air. Hasil ini didukung oleh penelitian Daza et al., (2021), bahwa pada konsentrasi kitosan 1,5 persen, peningkatan konsentrasi pati ulluco menyebabkan daya serap air meningkat dikarenakan sifat hidrofilik pati.



Gambar 2. Grafik *Surface Plot* (Kiri) dan *Contour Plot* (Kanan) Pengaruh Konsentrasi Pati Biji Alpukat dan Kitosan Terhadap Daya Serap Air

Kitosan juga mempengaruhi daya serap air pada *edible film*. Pada konsentrasi pati sedang (3-4 persen), daya serap air cenderung lebih rendah apabila kitosan berada dibawah konsentrasi 1 persen. Sedangkan pada konsentrasi kitosan >1 persen, daya serap air menunjukkan kenaikan hingga 150 persen. Hal ini disebabkan karena kitosan memiliki gugus amino ($-NH_2$) dan hidroksil ($-OH$) yang mudah berinteraksi dan berikatan hidrogen dengan molekul air sehingga menarik dan menahan air dalam matriks film. Pernyataan ini didukung oleh Cazon et al., (2017), bahwa pada konsentrasi kitosan yang lebih rendah, daya serap air lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi kitosan yang lebih tinggi.

Pada titik optimum, keseimbangan antara pati biji alpukat dan kitosan tercapai. Kitosan pada *edible film* akan cukup untuk mengikat rantai pati (*cross-link*) tanpa memicu pori hidrofilik yang berlebihan sehingga kapasitas serap airnya minimum. Pada konsentrasi kitosan rendah hingga sedang (≤ 1

persen), interaksi antara gugus $-NH_2$ dan gugus $-OH$ cenderung membentuk struktur film yang lebih padat dan terorganisir sehingga jumlah pori mikro pada *edible film* berkurang, sehingga difusi air kedalam film juga berkurang. Berdasarkan Zhang et al., (2021), pada konsentrasi kitosan yang tinggi, rasio pembengkakan (*swelling ratio*) akan meningkat dikarenakan gugus $-NH_2$ dan $-OH$ yang berinteraksi langsung dengan uap air, sehingga film menyerap air lebih banyak dan membengkak.

Validasi Kondisi Optimum

Konsentrasi pati biji alpukat dan kitosan yang optimum ditentukan menggunakan *respon optimizer* dengan bantuan *software* Minitab 22. Validasi kondisi optimum dilakukan untuk membuktikan prediksi hasil dari suatu kondisi optimum, serta untuk mengetahui apakah suatu kondisi optimum dapat diterima dan digunakan untuk memperoleh respon yang tertinggi atau terendah (Montgomery, 2017).

Tabel 4. Nilai Respon Prediksi dan Nilai Respon Sebenarnya pada Kondisi Optimum

Respon	Nilai Prediksi	Nilai Sebenarnya (Rata-rata)	Standar Deviasi	<i>Coefficient of Variation (%)</i>
Laju Transmisi Uap Air (g/m ² .hari)	34,87	36,81	1,60	4,36
Daya Serap Air (%)	34,18	38,72	3,27	8,45

Data respon yang didapatkan pada masing-masing optimasi, yaitu laju transmisi uap air dan daya serap air digabungkan untuk mendapatkan optimasi dari kedua respon tersebut. Berdasarkan grafik *D-Optimally* yang terbentuk pada Gambar 3, diperoleh suatu kondisi optimum, yaitu pada konsentrasi pati biji alpukat sebesar 3,93 persen dan konsentrasi kitosan sebesar 0,41 persen yang diperkirakan akan menghasilkan laju transmisi uap air sebesar 34,87 g/m².hari dan daya serap air sebesar 34,18 persen. Validasi akan dilakukan dalam lima kali pengulangan pada setiap respon. Pada Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai respon prediksi terhadap nilai respon sebenarnya pada kondisi optimum.

Validasi kondisi optimum pada penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi nilai *coefficient of variation* (CV) pada setiap parameter respons seperti laju transmisi uap air dan daya serap uap air. Berdasarkan hasil validasi kondisi optimum pada Tabel 4, diperoleh CV laju transmisi uap air dan daya serap uap air yang relatif kecil yang membuktikan bahwa kondisi optimum pada

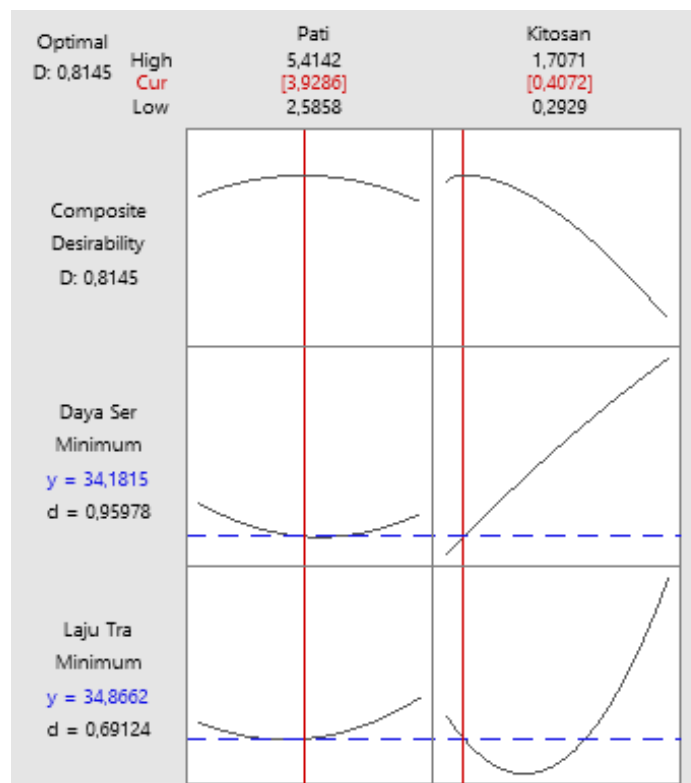
setiap respon dapat diterima. Nilai CV <15 persen secara umum dianggap dapat menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki konsistensi yang baik dan variasinya masih berada dalam rentang yang dapat diterima. Dengan demikian, data yang diperoleh dapat dianggap baik dan representatif terhadap kondisi sebenarnya dari objek yang diuji (Shechtman, 2000).

Penentuan Karakteristik Kuat Tarik, Elongasi, Ketebalan, dan Warna pada *Edible Film* dengan Karakteristik Terbaik

Setelah didapatkan konsentrasi pati dan kitosan yang optimum, dilakukan uji lanjutan dengan karakteristik fisik *edible film*. Adapun hasil uji lanjutan *edible film* dilihat hasilnya pada Tabel 5.

Kuat Tarik

Hasil uji kuat tarik *edible film* pati biji alpukat dan kitosan pada kondisi optimum yaitu 3,90 mPa. Berdasarkan hasil uji kuat tarik tersebut, nilai yang diperoleh pada kondisi optimum *edible film* telah mendekati standar *Japanese Industrial Standard* (JIS), yaitu sebesar 3,92 mPa.



Gambar 3. Grafik D-Optimally Kondisi Optimum Laju Transmisi Uap Air (WVTR) dan Daya Serap Air (WU)

Tabel 5. Hasil Uji Lanjutan *Edible Film*

Parameter	Hasil
Kuat Tarik	3,90 mPa
Elongasi	32,83%
Ketebalan	0,15 mm
Warna	L* 68,91; a* 7,94; b*17,65; Coklat muda kemerahan

Kitosan berperan penting dalam membentuk jaringan film yang padat melalui ikatan hidrogen antarmolekul, sehingga dapat meningkatkan kuat tarik (Chen et al., 2022). Sedangkan pati biji alpukat menyediakan struktur film dasar melalui gelatinisasi.

Elongasi

Hasil uji elongasi pada kondisi optimum *edible film* pati biji alpukat dan kitosan, yaitu 32 persen yang menunjukkan bahwa *edible film* sudah memenuhi standar berdasarkan *Japanese Industrial Standard* dengan minimal elongasi 10 persen. Daya pemanjangan menunjukkan bahwa *edible film*

tidak mudah rapuh atau retak ketika mengalami tekanan ataupun tarikan. Adanya kitosan dalam jumlah yang sedikit dapat meningkatkan elastisitas karena dapat berperan sebagai *plasticizer* alami dengan melemahkan ikatan antar polimer dan meningkatkan mobilitas rantai polimer (Mitantsoa et al., 2023). Sementara itu, konsentrasi pati biji alpukat yang optimum memberikan kekuatan struktur yang cukup fleksibel.

Ketebalan

Hasil uji ketebalan pada kondisi optimum *edible film* pati biji alpukat dan kitosan, yaitu 0,15 mm yang sudah termasuk kedalam standar *Japanese Industrial Standard* dengan ketebalan maksimum 0,25 mm. Didukung oleh Wulandari et al., 2021 dalam penelitiannya yang melaporkan bahwa *edible film* pati eceng gondok dan kitosan jamur tiram memiliki ketebalan 0,15-0,19 mm, *edible film* dengan ketebalan tersebut tidak terlalu tebal yang dapat mempengaruhi transparansi dan konsumsi dan juga tidak terlalu tipis yang dapat mengurangi efektivitas sebagai lapisan pelindung.

Warna

Hasil uji warna pada kondisi optimum *edible film* pati biji alpukat dan kitosan, yaitu warna coklat muda kemerahan dengan nilai L^* 68,91, nilai a^* 7,94, dan b^* 17,65. Nilai L^* yang tidak terlalu tinggi menunjukkan warna yang sedikit gelap, diduga berasal dari

senyawa fenolik dalam biji alpukat yang mengalami reaksi Maillard selama proses pemanasan atau pengeringan. Nilai a^* dan b^* mengindikasikan adanya kecenderungan warna kearah merah dan kuning yang khas dari film berbahan dasar bahan alami *non-bleached* seperti biji alpukat (Ali et al., 2019).

KESIMPULAN

Konsentrasi pati biji alpukat 3,93 persen dan kitosan 0,41 persen merupakan perlakuan optimum untuk menghasilkan *edible film* dengan sifat *barrier* terbaik dengan laju transmisi uap air yaitu sebesar 36,81 g/m².hari serta daya serap air sebesar 38,72 persen. *Edible film* dengan sifat *barrier* terbaik menghasilkan *edible film* dengan karakteristik fisik dengan kuat tarik sebesar 3,90 mPa, pemanjangan sebesar 32 persen dengan ketebalan 0,15 mm, dan berwarna coklat muda kemerahan dengan nilai L^* =68,91, nilai a^* =7,94, dan b^* =17,65. Hasil penelitian ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk menanggulangi keterbatasan penelitian ini, yaitu warna gelap pada *edible film* yang dapat dilakukan dengan memaksimalkan penggunaan agen *anti browning* serta memperbaiki kuat tarik pada *edible film* yang dapat dilakukan dengan memaksimalkan konsentrasi gliserol sebagai *plasticizer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, E. S., Susilowati, E., Lestari, A. E., & Bilung, L. M. (2019). Preparation and characterization of chitosan-avocado seed starch (Kit-PBA) edible film. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JKPK)*, 4(3), 197–206.
- Badan Pusat Statistik. (2025). Produksi Tanaman Buah-Buahan, 2023-2024. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>. (Diakses pada 25 Juni 2025)
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International food research journal*, 15(3), 237-248.
- Branca, C., D'Angelo, G., Crupi, C., Khouzami, K., Rifici, S., Ruello, G., & Wanderlingh, U. (2016). Role of the OH and NH vibrational groups in polysaccharide-nanocomposite interactions: A FTIR-ATR study on chitosan and chitosan/clay films. *Polymer*, 99, 614-622. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2016.07.086>
- Daza, L. D., Eim, V. S., & Váquiro, H. A. (2021). Influence of ulluco starch concentration on the physicochemical properties of starch–chitosan biocomposite films. *Polymers*, 13(23), 4232. <https://doi.org/10.3390/polym13234232>
- Cazón, P., Velazquez, G., Ramírez, J. A., & Vázquez, M. (2017). Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food hydrocolloids*, 68, 136-148. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009>
- Chen, Y. F., Singh, J., Midgley, J., & Archer, R. (2022). Sous vide processed potatoes: Starch retrogradation in tuber and oral-gastro-small intestinal starch digestion in vitro. *Food Hydrocolloids*, 124, 107163. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107163>
- Deden, M., Rahim, A., & Asrawaty, A. (2020). Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Pati Umbi Gadung pada Berbagai Konsentrasi. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 5(1), 26-33.
- Dewi, S. R., Widyasanti, A., & Putri, S. H. (2023). Pengaruh Konsentrasi Pati Singkong Terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Pati Singkong dengan Penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 11(2), 158-167. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.02.05>
- Dewi, R., Rahmi, R., & Nasrun, N. (2021). Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air edible film bioplastik menggunakan minyak sawit dan plasticizer gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), 61-77.
- Ekariski, D. (2017). Studi Karakteristik Fisik Dan Mekanik Edible Film Pati Ubi Jalar Ungu Dengan Penambahan Kitosan.
- Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials science and engineering: C*, 33(4), 1819-1841. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>
- HPS, A. K., Saurabh, C. K., Fazita, M. N., Syakir, M. I., Davoudpour, Y., Rafatullah, M., ... & Dungani, R. (2016). A review on chitosan-cellulose blends and nanocellulose reinforced chitosan biocomposites: Properties and their applications. *Carbohydrate polymers*, 150, 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.028>
- Ikhsan, M. H., Dewata, I., Nizar, U. K., & Azhar, M. (2021). Pengaruh penambahan kitosan terhadap kuat tarik dan biodegradasi edible film dari pati bonggol pisang. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 2(1), 44-50.

- Kasmawati. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Jagung (*Zea mays* L.) Dengan Penambahan Gliserol Dan Ekstrak Temu Putih (*Curcuma zedoaria*). Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar. 88 hal.
- Liu, H., Du, Y., Wang, X., & Sun, L. (2004). Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *International journal of food microbiology*, 95(2), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.022>
- Mitantsoa, J. T., Ravelonandro, P. H., Andrianony, F. A., & Andrianaivoravelona, R. R. (2023). *Elaboration and characterization of bioplastic films based on bitter cassava starch (Manihot esculenta) reinforced by chitosan extracted from crab (Shylla serrata) shells.* arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.15172>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & sons
- Muhammad, M., Ridara, R., & Masrullita, M. (2020). Sintesis bioplastik dari pati biji alpukat dengan bahan pengisi kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3340>
- Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Mokarram, R. R., & Hashemi, M. (2017). Novel active packaging based on carboxymethyl cellulose-chitosan-ZnO NPs nanocomposite for increasing the shelf life of bread. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 106-114. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.01.010>
- Nurmiah, S., Syarief, R., Sukarno, S., Peranginangin, R., & Nurmata, B. (2013). Aplikasi response surface methodology pada optimalisasi kondisi proses pengolahan alkali treated cottonii (ATC). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 8(1), 9-22.
- Putra, A. D., Johan, V. S., & Efendi, R. (2017). *Penambahan sorbitol sebagai plasticizer dalam pembuatan edible film pati sukun* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Pramesta, D. N., & Dewata, I. (2022). Optimization of chitosan concentration in the making of edible film from corn (*Zea mays* L.). *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*, 3(1), 8-14.
- Rizkyati, M. D., & Winarti, S. (2022). Pengaruh konsentrasi pati garut dan filtrat kunyit putih sebagai antimikroba terhadap karakteristik dan organoleptik edible film. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(2), 208-220.
- Safitri, E. L. D., Warkoyo, W., & Anggriani, R. (2020). Kajian Karakteristik Fisik dan Mekanik Edible Film Berbasis Pati Umbi Suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*) dengan Variasi Konsentrasi Lilin Lebah. *Food Technology and Halal Science Journal*, 3(1), 57-70. <http://dx.doi.org/10.22219/fths.v3i1.13061>
- Shechtman, O. (2000). Using the coefficient of variation to detect sincerity of effort of grip strength. *Journal of Hand Therapy*, 13(3), 239-242. [https://doi.org/10.1016/S0894-1130\(00\)80006-1](https://doi.org/10.1016/S0894-1130(00)80006-1)
- Souripet, A. (2015). Composition, Physical Properties and Preference Level of Purple Rice. *AGRITEKNO: Journal of Agricultural Technology*, 4(1), 25-32.
- Susilowati, E., & Lestari, A. E. (2019, December). Preparation of chitosan-avocado seed starch (CASS) edible film as jenang dodol packaging. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2194, No. 1). AIP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1063/1.5139855>
- Wicakso, D. R., Fortuna, D., Hernadin, I. A., Nuryoto, N., Rumbino, Y., & Damayanti, A. Characterization of corn starch edible films by the addition of chitosan as a vegetable oil packaging material. *Konversi*, 12(2).

- <http://dx.doi.org/10.20527/k.v12i2.15959>
- Widodo, L. U., Wati, S. N., & Vivi, N. M. (2019). Pembuatan edible film dari labu kuning dan kitosan dengan gliserol sebagai plasticizer. *Jurnal Teknologi Pangan*, 13(1), 59-65.
- Winarti, S. & Y. Purnomo. 2006. Olahan Biji Buah. Surabaya: Trubus Agrisarana
- Wulandari, R., Kahar, A., Heryadi, E., Huda, H., Prihatiningtyas, I., Danijubal, M. V., ... & Stevani, J. (2021). Pembuatan edible film dari pati eceng gondok dan kitosan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*): Karakterisasi fisikokimia. *Jurnal Chemurgy*, 15(2), 122–130.
- Yudiandani, A., Efendi, R., & Ibrahim, A. (2016). *Pemanfaatan Biji Alpukat (Persea Americana Mill.) Untuk Pembuatan Edible Film* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Zhang, L., Xue, L., & Wang, C. (2019). *The effects of chitosan and nano filler on starch-based edible films: A Review. Academia Journal of Agricultural Research*, 7(12), 307–327. <https://doi.org/10.15413/ajar.2019.0169>