



Optimasi *edible film* dari pati singkong dan gelatin tulang ayam dengan penambahan ekstrak andaliman

Annatasya Risqa Erde, Elisa Julianti*, Hotnida Sinaga

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Article history

Diterima:

6 Februari 2022

Diperbaiki:

18 Maret 2022

Disetujui:

29 Maret 2022

Keywords

Andaliman extract;

Cassava starch;

Chicken bone gelatin;

Edible film;

Optimization

ABSTRACT

*Biodegradable and environmentally friendly edible films can maintain product quality, replace the use of plastic packaging, and reduce the environmental pollution. This research utilized cassava starch, chicken bone gelatin, and andaliman extract as the ingredients of edible films. The aim of this research was to optimization the best edible film formulation through the physical (brightness, water vapor transmission rate, and thickness), mechanical (tensile strength and elongation), microbiology (inhibition of *S. aureus* and *E. coli*), and chemical (antioxidant) characteristics of edible film. The method used in this research was the Response Surface Methodology-Box Behnken Design (RSM-BBD) with Design Expert v.12 software. There were 3 factors used a minimum and maximum limit, namely cassava starch (2-4 %), chicken bone gelatin (2-4 %), and andaliman extract (3-6 %). The response variable optimization resulted in a new formula with a percentage of 4 % cassava starch, 3.879 % chicken bone gelatin, and 6% andaliman extract with a desirability level of 0.820.*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email: elizayulianti@yahoo.com

DOI 10.21107/agrointek.v16i4.13580

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai bahan kemasan terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di dunia (Astuti, 2016). Hal ini memicu peningkatan jumlah limbah plastik yang dihasilkan. Berdasarkan data KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) pada tahun 2019 telah tercatat jumlah sampah di Indonesia mencapai 68 juta tons, dengan jumlah sampah plastik sebanyak 9,52 tons atau sekitar 14 % (Mashami, 2021). Penggunaan plastik dalam jumlah yang besar dan jangka waktu yang lama dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan, hal tersebut dikarenakan plastik memiliki sifat yang sangat sulit untuk diuraikan dan tidak semua jenis plastik dapat didaur ulang sehingga menimbulkan kerusakan dan pencemaran lingkungan (Kaewphan dan Gheewala, 2013).

Penggunaan *edible film* sebagai pengganti kemasan produk pangan merupakan salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan plastik. *Edible film* digolongkan sebagai bioplastik dengan bentuk seperti lapisan tipis yang dapat dikonsumsi sehingga dapat meminimalisir limbah yang dihasilkan dari kemasan plastik serta memiliki sifat yang mudah terurai (*biodegradable*) (Han *et al.*, 2018). *Edible film* dapat dibuat dari berbagai polimer alam seperti pati singkong (Merisiyanto dan Mawarani, 2013). Kelebihan pati singkong adalah mudah diperoleh, aman untuk dikonsumsi (*edible*) dan mudah diserap oleh tubuh (Saleh *et al.*, 2017). Tetapi, *edible film* berbasis pati juga memiliki kelemahan yaitu resistensinya terhadap air masih rendah sehingga sifat hidrofilik pati dapat memengaruhi sifat mekanis dan stabilitasnya (Garcia *et al.*, 2011).

Karakteristik sifat fisik dan fungsional pati dapat ditingkatkan dengan penambahan biopolimer atau bahan lainnya yang bersifat hidrofobik seperti gelatin. Gelatin merupakan golongan protein yang memiliki kemampuan membentuk lapisan dengan sifat fisik yang kuat (Asmoro *et al.*, 2018). Kadar protein yang tinggi pada tulang ayam akan menghasilkan gelatin dengan kadar yang tinggi (Chakka *et al.*, 2016). Kadar gelatin tulang kaki ayam bisa mencapai sebesar 6,15 % (Huda *et al.*, 2013). *Edible film* juga dapat dikombinasikan dengan komponen lainnya dengan tujuan untuk menambah nilai fungsional seperti zat antimikroba dan antioksidan (Windyasmara *et al.*, 2019).

Andaliman merupakan jenis tanaman yang sering digunakan sebagai bumbu pada masakan khas Batak di Sumatera Utara, tetapi masih jarang diaplikasikan dalam cakupan yang cukup luas (Napitupulu, 2018). Kandungan senyawa bioaktif pada buah andaliman seperti alkaloid, fenolik, flavonoid, saponin, tanin, steroid, dan glikosida merupakan zat antimikroba dan antioksidan yang berpotensi sebagai pengawet dan dapat diaplikasikan pada pangan seperti filet ikan (A. Muzafri *et al.*, 2018), dan nugget tempe (Daniela, 2020).

Kombinasi antara pati singkong, gelatin tulang ayam, dan ekstrak andaliman dalam proses pembuatan *edible film* diharapkan mampu meningkatkan karakteristik fisik, mekanis, mikrobiologis, dan kimia dari *edible film* yang dihasilkan sehingga dapat menciptakan suatu inovasi kemasan *edible film* yang dapat melindungi dan memperpanjang masa simpan dari produk yang dikemas. Pada penelitian dilakukan optimasi formula *edible film* dengan bahan baku pati singkong, gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman, melalui pengujian karakteristik sifat fisik, mekanis, mikrobiologi, dan kimia dari *edible film*

METODE

Bahan utama yang digunakan adalah pati singkong (tapioka) komersial “Cap Pak Tani Gunung”, tulang ceke ayam yang diperoleh dari pedagang ayam potong, dan buah andaliman dari pedagang di pasar tradisional di kota Medan. Bahan lain adalah HCL, etanol 96% *food grade*, sorbitol, akuades. Bahan kimia untuk analisis mutu mikrobiologi dan kimia *edible film* adalah media MRS (*de Mann Rogosa Sharpe*) agar, media PCA (*Plate Count Agar*), NaCl, DPPH (*2,2-difenil-1-pikrihidrazil*), metanol (*p.a.*), dan akuades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ayakan *mesh* 40, plat kaca sebagai pencetak *edible film* berukuran 20x20 cm, *oven* pengering, *rotary evaporator*, *autoclave*, laminar, inkubator, *colony counter*, mikrometer digital Krisbow, jangka caliper sorong digital, mikropipet, *chroma meter* Konica Minolta CR-400, *universal testing machine*, *Scanning Electron Microscope* (SEM) Zeiss Gemini, dan spektrofotometer UV-Vis Thermo Scientific.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Response Surface Methodology* (RSM) *Box Behnken Design* (BBD) menggunakan program *Design Expert v. 12*. Batas minimum dan maksimum konsentrasi pati singkong dan gelatin yang digunakan adalah 2 % dan 4 %, sesuai dengan penelitian Saleh *et al.* (2017) yang menunjukkan konsentrasi optimum hidrokoloid dalam pembuatan *edible film* adalah 3,5 %. Konsentrasi minimum dan maksimum ekstrak andaliman adalah 3 % dan 6 %, yang didasarkan pada penelitian Amaliya *et al.* (2014) yang menggunakan konsentrasi filtrat kunyit putih sebagai antibakteri pada kisaran nilai 1 %, 4 %, dan 7 %. Berdasarkan rancangan dengan metode RSM-BBD diperoleh 17 formulasi *edible film* yang disajikan pada Tabel 1.

Pembuatan Gelatin dari Tulang Ceker Ayam

Pembuatan gelatin tulang ayam mengacu pada metode Huda *et al.*, (2013), terdiri dari 3 tahapan yaitu *degreasing*, demineralisasi dan pengeringan. Proses *degreasing* dilakukan dengan memanaskan tulang ceker ayam (yang sudah bebas kulit, daging, dan lemak) di dalam air mendidih (perbandingan tulang dan air 1:5) selama 30 menit. Proses demineralisasi dilakukan dengan merendam tulang ayam yang sudah *didegreasing* dalam larutan HCl 6 % dengan perbandingan tulang ayam dan HCl 1:4 (b/v) selama 12 jam hingga diperoleh *ossein* (tulang lunak), yang dilanjutkan dengan penambahan akuades (perbandingan *ossein* dan akuades 1:2 b/v), dan dilakukan ekstraksi dalam *waterbath* pada suhu 70 °C selama 5 jam, setelah itu disaring dengan kertas saring. Cairan pekat gelatin yang diperoleh dikeringkan dalam *oven* pengering suhu 70 °C selama 24 jam, kemudian dihaluskan hingga diperoleh bubuk gelatin.

Tabel 1 Desain rancangan formulasi *edible film*

Run/Formulasi	Variabel Bebas / Faktor (%)		
	Pati Singkong	Gelatin Tulang Ayam	Ekstrak Andaliman
1	3	2	3
2	3	4	6
3	4	3	3
4	3	3	4,5
5	4	2	4,5
6	4	3	6
7	2	4	4,5
8	3	3	4,5
9	3	2	6
10	4	4	4,5
11	2	3	3
12	3	3	4,5
13	3	3	4,5
14	2	3	6
15	3	3	4,5
16	3	4	3
17	2	2	4,5

Keterangan: Run/formulasi didapatkan dari *software Design Expert v.12* dengan metode *Response Surface Methodology-Box Behnken Design*

Pembuatan Ekstrak Andaliman

Pembuatan ekstrak andaliman berdasarkan metode (Rienoviar *et al.*, 2019) Buah andaliman segar yang sudah dikeringkan dengan oven suhu 50 °C selama 5 jam dihaluskan dan diayak dengan ayakan 40 mesh. 250 g bubuk buah andaliman kering diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96 % (perbandingan bubuk andaliman dan pelarut 1:3 b/v) selama 24 jam. Filtrat dipisahkan dengan rotary evaporator pada suhu 50 °C hingga diperoleh ekstrak kental andaliman.

Pembuatan Edible Film

Pembuatan *edible film* berdasarkan metode (Kusumawati dan Putri, 2013) dengan modifikasi pada suhu pemanasan suspensi *edible film* dan lama pengeringan. Suspensi *edible film* dibuat dari pati singkong, gelatin tulang ayam dengan formulasi seperti pada Tabel 1, dan penambahan *plasticizer* sorbitol sebanyak 3 % (Sitompul dan Zubaidah, 2017). Pada setiap formula ditambahkan 100 ml akuades kemudian dipanaskan pada suhu 70 °C selama ± 15 menit. Setelah itu suspensi didinginkan hingga suhu 40 °C dan kemudian ditambahkan ekstrak andaliman sesuai dengan desain formula pada Tabel 1. Suspensi dihomogenkan dengan batang pengaduk dan dituang dalam alat pencetak berukuran 20 x 20 cm, dikeringkan dengan oven suhu ± 50 °C selama 24 jam. *Edible film* yang diperoleh dianalisis karakteristik fisik, mekanis aktivitas antimikroba, serta aktivitas antioksidannya.

Karakteristik Fisik Edible Film

Warna

Warna *edible film* ditentukan dengan alat *chroma* yang menghasilkan nilai L (kecerahan), a (kemerahan), dan b (kekuningan) (Akesowan, 2010). Nilai kecerahan (ΔE), indeks keputihan (WI), dan indeks kekuningan (YI) diperoleh dengan persamaan:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{0,5}$$

$$WI = 100 - [(100-L)^2 + a^2 + b^2]^{0,5}$$

$$YI = 142,86 \text{ b/L}$$

Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Edible film dipotong membentuk lingkaran berdiameter 2,8 cm, diletakkan pada permukaan gelas yang diisi dengan 3 g *silica gel*. Gelas yang telah berisi sampel ditimbang dan disimpan dalam desikator dengan kelembaban ± 55 % selama 10

jam. Penimbangan dilakukan setiap jam (Zuwanna dan Meilina, 2017). Nilai WVTR dihitung dengan rumus:

$$WVTR = \frac{[G/t]}{A}$$

dimana: G/t = Selisih pertambahan berat air yang diserap oleh gelas (g)
A = Luas area *edible film* (mm²)

Ketebalan

Ketebalan *edible film* diukur dengan menggunakan mikrometer digital pada 5 tempat yang berbeda dan dirata-ratakan (Bourtoom, 2008).

Karakteristik Mekanis Edible Film

Kekuatan Tarik (Tensile Strength) dan Kemuluran (Elongasi)

Edible film berukuran 8 cm x 3 cm dikaitkan secara horizontal pada penjepit digital gauge HF 500. Nilai kekuatan tarik maksimal *edible film* diukur saat film menjelang putus. Kemuluran pada *edible film* diartikan sebagai kemampuan rentang yang dihasilkan (Bourtoom, 2008). Nilai kemuluran dihitung dengan rumus:

$$E = 100 \times (d_{\text{sesudah}} - d_{\text{sebelum}}) / d_{\text{sebelum}}$$

dimana: d = jarak antara penjepit pemegang sampel sebelum atau setelah ditarik

Aktivitas Antimikroba Edible Film

Aktivitas antimikroba dari *edible film* diuji melalui daya hambatnya terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi agar berdasarkan metode Miksusanti *et al.*, (2013).

Aktivitas Antioksidan Edible Film

Analisis aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode penghambatan radikal bebas DPPH (Salazar *et al.*, 2009). *Edible film* sebanyak 10 mg ditambahkan metanol p.a. sebanyak 10 ml dan dihomogenkan. DPPH sebanyak 4,7 mg dilarutkan dengan metanol p.a. pada labu ukur 100 ml dan dihomogenkan. Larutan kontrol berupa 4 ml metanol p.a. dimasukkan ke dalam labu ukur 5 ml yang telah diisi dengan 1 ml larutan DPPH kemudian dihomogenkan dan ditentukan absorbansi penyerapan pada panjang gelombang maksimum 517 nm dengan spektrofotometer UV-Vis. Labu ukur 5 ml sebanyak 5 buah masing-masing diisi dengan 1 ml DPPH dan larutan sampel dengan 5 konsentrasi berbeda yaitu 50, 100, 150, 200, dan

250 µg/ml, dan ditambahkan metanol p.a. sampai batas labu ukur 5 ml. Larutan yang telah homogen diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit dan diukur absorbansi pada panjang gelombang 517 nm. Persentase inhibisi dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{absorbansi kontrol} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \times 100\%$$

Nilai persentase inhibisi dan konsentrasi sampel diplot dan nilai aktivitas antioksidan sampel yang dinyatakan dengan IC₅₀ diperoleh berdasarkan persamaan regresi yang dihasilkan.

Optimasi Formula Edible Film

Formula *edible film* terbaik dipilih berdasarkan tingkat *desirability* tertinggi pada hasil optimasi dengan *Response Surface Methodology* (RSM) *Box Behnken Design* (BBD), dan 4 parameter utama dengan nilai terbaik yaitu laju transmisi uap air, kekuatan tarik, daya hambat terhadap bakteri, dan aktivitas antioksidan. *Edible film* yang terbaik kemudian diuji struktur permukaannya dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik

Respon Warna

Respon warna *edible film* dapat dilihat pada Tabel 2. Kecerahan (ΔE) menunjukkan warna dari *edible film*. Semakin tinggi nilai kecerahan maka mutu *edible film* akan semakin baik. Hasil uji kecerahan (Tabel 2) menunjukkan bahwa pada *run* 8 dengan konsentrasi pati singkong dan gelatin 3 % serta ekstrak andaliman 4,5 % memiliki tingkat kecerahan yang paling besar. Grafik plot kontur pengaruh interaksi pati singkong dan ekstrak andaliman serta kombinasi gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman disajikan pada Gambar 1.

Plot kontur pada Gambar 1(a) menunjukkan hasil bahwa pati singkong memberikan pengaruh yang meningkat pada respon kecerahan, sedangkan ekstrak andaliman juga memberikan efek peningkatan pada respon kecerahan namun tidak terlalu signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada warna yang disajikan pada grafik plot kontur dengan warna kontur biru menunjukkan nilai respon kecerahan yang rendah (*low shading*) dan hijau menunjukkan nilai respon kecerahan yang sedang (*middle shading*). Berdasarkan penelitian Setiani *et al.*, (2013) semakin tinggi derajat kecerahan pati akan menghasilkan *edible film* yang semakin transparan yang ditandai dengan

meningkatnya nilai kecerahan. Jika dilihat dari plot kontur Gambar 1(b) menunjukkan hasil bahwa gelatin tulang ayam memberikan pengaruh yang lebih signifikan karena memiliki warna plot kontur yang terdiri atas warna biru dan hijau sehingga lebih variatif jika dibandingkan ekstrak andaliman (sumbu y) yang cenderung hanya terdiri atas satu warna saja. Hal ini sejalan dengan penelitian Miskiyah *et al.*, (2015) bahwa kandungan pigmen warna karotenoid yang memberikan warna kuning pada gelatin tulang ayam mampu meningkatkan nilai kecerahan pada *edible film*.

Respon Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Laju transmisi uap air (WVTR) *edible film* menunjukkan banyaknya uap air yang dapat melewati *film* pada luas tertentu per satuan waktu. Hasil pengujian WVTR didapatkan kisaran hasil sebesar 9,987 g/m²/jam hingga 22,420 g/m²/jam. Hasil dari 17 *run* atau perlakuan terhadap respon WVTR yang terdapat pada Tabel 2 dituangkan dalam grafik plot kontur yang menggambarkan hasil *run* secara keseluruhan (Gambar 2).

Gambar 2(a) menunjukkan bahwa sumbu x atau pati singkong memberikan pengaruh berbanding terbalik terhadap nilai laju transmisi uap air, sedangkan sumbu y atau gelatin tulang ayam memberikan pengaruh berbanding lurus terhadap respon laju transmisi uap air. Nilai laju transmisi uap air yang semakin kecil menunjukkan kemampuan *edible film* dalam mencegah masuknya uap air semakin tinggi. *Edible film* yang terbuat dari polimer yang memiliki polaritas yang tinggi (protein dan polisakarida) cenderung memiliki nilai permeabilitas yang tinggi terhadap uap air namun rendah terhadap oksigen. Hal tersebut dikarenakan besarnya ikatan hidrogen pada polimer (Dewi *et al.*, 2021).

Gambar 2(b) menunjukkan bahwa ekstrak andaliman dan gelatin tulang ayam memberikan pengaruh yang fluktuatif terhadap laju transmisi uap air hal tersebut dapat dilihat dari warna yang dihasilkan pada plot kontur yang tidak konstan dengan pola yang cenderung naik turun atau fluktuatif. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Mulyadi *et al.*, (2016) yang menggunakan ekstrak daun beluntas pada *edible film*. Nilai laju transmisi uap air dipengaruhi oleh mobilitas ikatan polimer, perbandingan hidrofilik dan hidrofobik, serta rasio kristalin dan daerah amorf (Souza *et al.*, 2010).

Respon Ketebalan

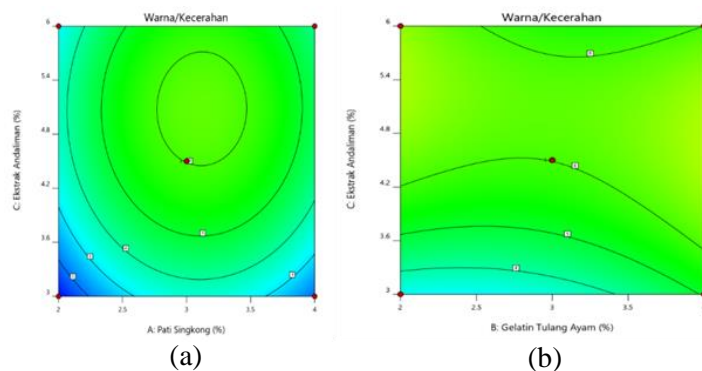
Nilai rerata ketebalan *edible film* antara 0,153 mm hingga 0,263 mm. Nilai ketebalan ini lebih besar dibandingkan ketebalan plastik LDPE (*low density polyethylene*) yaitu 0,04-0,07 mm (Saputro et al., 2017). Gambar 3(a) menunjukkan bahwa semakin tinggi ekstrak andaliman maka ketebalan *edible film* akan semakin meningkat. Gambar plot kontur 3(b) menunjukkan semakin

tinggi konsentrasi ekstrak andaliman dan gelatin tulang ayam maka ketebalan yang dihasilkan juga semakin bertambah. Hal ini berkaitan dengan jumlah padatan terlarut yang semakin meningkat dengan bertambahnya ekstrak andaliman dan gelatin. Peningkatan padatan terlarut menyebabkan polimer penyusun matriks *edible film* juga semakin bertambah sehingga ketebalan yang dihasilkan ikut meningkat (Nugroho et al., 2013).

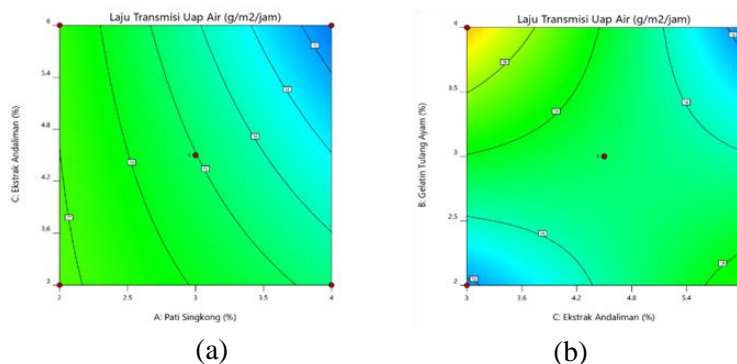
Tabel 2 Karakteristik sifat fisik *edible film*

Run	Variabel Bebas (%)				Warna		WVTR (g/m ² /jam)	Ketebalan (mm)
	Ps	Gt	Ea	ΔE	YI	WI		
1	3	2	3	2,126	10,662	79,724	15,083	0,153
2	3	4	6	7,137	9,562	77,995	10,395	0,179
3	4	3	3	3,571	6,360	81,055	14,064	0,176
4	3	3	4,5	9,036	9,160	78,833	10,803	0,190
5	4	2	4,5	4,481	5,232	79,722	11,006	0,157
6	4	3	6	3,285	12,230	78,218	9,987	0,183
7	2	4	4,5	5,175	7,533	78,708	22,420	0,249
8	3	3	4,5	9,864	10,925	76,276	16,713	0,167
9	3	2	6	8,106	7,656	80,409	20,790	0,204
10	4	4	4,5	4,935	10,418	76,954	16,306	0,174
11	2	3	3	1,944	5,600	80,347	16,102	0,176
12	3	3	4,5	4,534	9,623	77,218	15,490	0,263
13	3	3	4,5	5,658	14,664	47,473	14,471	0,220
14	2	3	6	1,487	12,082	52,505	14,879	0,252
15	3	3	4,5	0,960	12,507	54,688	14,879	0,224
16	3	4	3	3,653	11,578	54,297	18,140	0,223
17	2	2	4,5	3,944	12,373	53,377	13,860	0,214

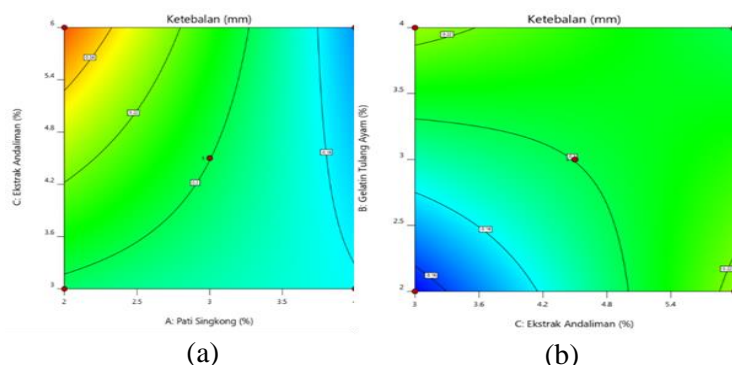
Keterangan: Ps= Pati Singkong; Gt= Gelatin tulang ayam; Ea= Ekstrak andaliman
 ΔE= Perbedaan kecerahan; YI= Indeks kuning; WI= Indeks putih
 ΔE (+) lebih cerah dan (-) gelap dari standar
 YI (+) berwarna lebih kuning dan (-) warna lebih biru dari standar
 WI (+) berwarna lebih putih dan (-) warna lebih hitam dari standar



Gambar 1 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap respon kecerahan
 (b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap respon kecerahan



Gambar 2 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap respon laju transmisi uap air
(b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap respon laju transmisi uap air



Gambar 3 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap respon ketebalan
(b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap respon ketebalan

Karakteristik Sifat Mekanis

Respon Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik *edible film* erat kaitannya dengan komposisi penyusun *edible film*. Kuat tarik *edible film* yang didapat pada penelitian ini berkisar antara 0,03 kgf/mm² hingga 2,05 kgf/mm² (Tabel 3). Nilai kuat tarik menunjukkan kekuatan tegangan maksimum bahan ketika diberikan beban atau gaya (Pratiwi *et al.*, 2016).

Gambar 4(a) menunjukkan hasil plot kontur pati singkong dan gelatin tulang ayam terhadap nilai kuat tarik. Faktor pati singkong dan ekstrak andaliman cenderung memberikan pengaruh yang berbanding terbalik terhadap nilai respon kuat tarik. Hal tersebut dikarenakan pati singkong menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen dengan *plasticizer* sehingga interaksi antara rantai ikatan biopolimer semakin menurun (Saleh *et al.*, 2017). Sari *et al.*, (2013) yang menggunakan ekstrak bawang putih pada *edible film* pati ganyong juga menunjukkan nilai kuat tarik yang semakin menurun seiring bertambahnya ekstrak bawang putih yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan penambahan ekstrak bawang putih dapat mengurangi ikatan hidrogen pada ikatan intermolekuler matriks *edible film* sehingga

menyebabkan terputusnya ikatan antar amilosa yang menurunkan kuat tarik *edible film*. Gambar plot kontur 4(b) menunjukkan hasil kuat tarik yang meningkat seiring bertambahnya gelatin tulang ayam yang digunakan, hal tersebut dapat dilihat dari warna plot kontur yang dihasilkan di mana plot kontur mengalami perubahan warna dari biru (*low shading*) menjadi hijau (*middle shading*). Hal ini sesuai dengan pernyataan (Fera dan Nurkholik, 2018) bahwa peningkatan gelatin tulang ayam pada *edible film* menghasilkan kuat tarik yang semakin tinggi, hal tersebut dikarenakan sifat kekuatan gel yang ada pada gelatin tulang ayam.

Respon Kemuluran (*Elongasi*)

Nilai kemuluran pada *edible film* yang didapatkan berkisar antara 27,625 % hingga 180,537 % (Tabel 3). Semakin tinggi nilai dari kemuluran maka *edible film* yang dihasilkan semakin elastis dan fleksibel (Nuansa *et al.*, 2017). Nilai ini mendekati nilai elongasi plastik polipropilen (PP) yaitu 21 % hingga 220 % (Setiani *et al.*, 2013). *Edible film* dengan nilai elongasi yang rendah mengindikasikan *edible film* tersebut bersifat kaku dan mudah patah (Pangesti *et al.*, 2014).

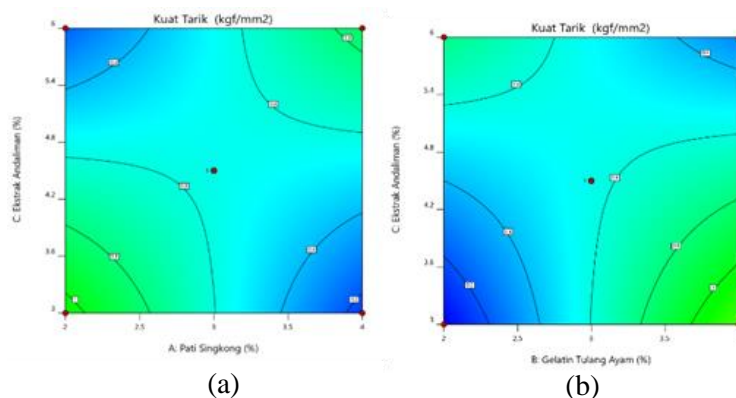
Gambar 5(a) menunjukkan bahwa respon kemuluran menurun dengan bertambahnya ekstrak andaliman dan meningkat seiring bertambahnya pati singkong. Hal tersebut dikarenakan semakin banyaknya cairan ekstrak andaliman yang digunakan maka viskositas *edible film* semakin menurun. Menurut Yulianti dan Ginting (2012) kadar amilosa pati singkong mencapai 32,3 % sehingga dapat menghasilkan *edible film* dengan sifat yang lentur dan kuat (Putra, 2013). Plot kontur pada Gambar 5(b)

menunjukkan nilai kemuluran yang dihasilkan cenderung konstan dengan meningkatnya konsentrasi gelatin, sedangkan peningkatan ekstrak andaliman akan menyebabkan penurunan nilai kemuluran. Penggunaan gelatin dan *plasticizer* seperti sorbitol dapat mempertahankan dan meningkatkan peregangan struktur intermolekul pada matriks *edible film* sehingga meningkatkan fleksibilitas dan kemuluran (Asmudrono *et al.*, 2019).

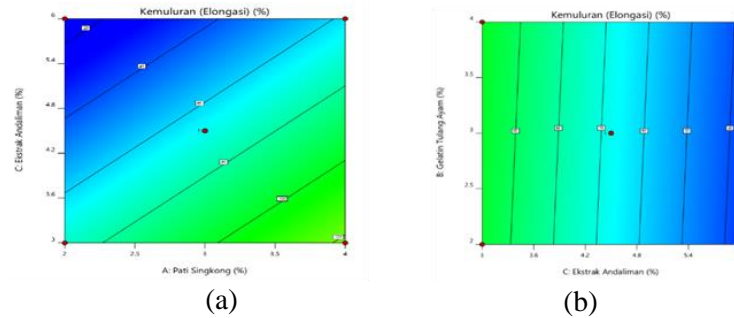
Tabel 3 Karakteristik sifat mekanik edible film

Run	Variabel Bebas (%)			Kuat Tarik (kgf/mm ²)	Kemuluran (%)
	Ps	Gt	Ea		
1	3	2	3	0,11	91,70
2	3	4	6	0,06	76,34
3	4	3	3	0,10	180,54
4	3	3	4,5	0,12	109,42
5	4	2	4,5	0,17	97,40
6	4	3	6	0,03	27,63
7	2	4	4,5	1,08	52,36
8	3	3	4,5	0,80	39,35
9	3	2	6	1,65	48,52
10	4	4	4,5	2,05	79,91
11	2	3	3	1,69	71,43
12	3	3	4,5	1,33	51,41
13	3	3	4,5	0,10	29,09
14	2	3	6	0,07	27,65
15	3	3	4,5	0,15	52,05
16	3	4	3	0,17	77,26
17	2	2	4,5	0,05	38,95

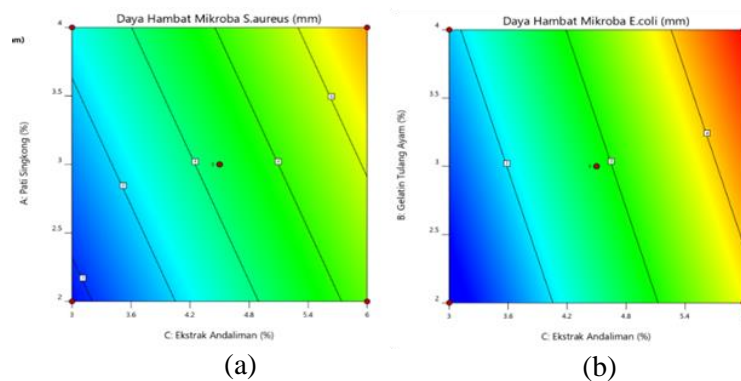
Keterangan: Ps= Pati Singkong; Gt= Gelatin tulang ayam; Ea= Ekstrak andaliman



Gambar 4 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap respon kuat Tarik
(b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap respon kuat tarik



Gambar 5 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap respon kemuluran (b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap respon kemuluran



Gambar 6 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap daya hambat *S.aureus*, (b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap daya hambat *E.coli*

Respon Aktivitas Antimikroba

Pengujian aktivitas antimikroba dilakukan dengan menguji daya hambat *edible film* terhadap bakteri uji yaitu *S. aureus* dan *E. coli*. Kedua bakteri tersebut umumnya sering dijumpai pada produk pangan. Aktivitas antimikroba yang terdapat pada ekstrak andaliman (Al Muzafri, 2016) akan berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba dari *edible film*. Ekstrak andaliman mengandung flavonoid dan senyawa terpenoid yang memiliki fungsi sebagai anti mikroba sehingga dapat dijadikan sebagai pengawet pada bahan pangan (Purba dan Sinaga, 2017). Tabel 4 menunjukkan peningkatan persentase ekstrak andaliman akan meningkatkan diameter zona hambat terhadap mikroba.

Gambar 6(a) menunjukkan bahwa peningkatan ekstrak andaliman menyebabkan daya hambat terhadap *S.aureus* yang dihasilkan semakin besar. Peningkatan pati singkong cenderung meningkatkan respon daya hambat terhadap *S.aureus* tetapi tidak signifikan karena hanya berada pada satu warna *shading* saja yaitu biru. Pati singkong memiliki sifat hidrofilik dan lebih polar dibandingkan ekstrak etanol andaliman (Intandiana *et al.*, 2019).

Daya hambat terhadap bakteri *E.coli* lebih dipengaruhi oleh gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman yang memiliki nilai yang signifikan ($p < 0,05$) (Gambar 6b). Perbedaan respon daya hambat *S.aureus* dan *E.coli* disebabkan perbedaan antara bakteri *S.aureus* yang merupakan bakteri gram positif dan *E.coli* yang termasuk bakteri gram negatif. Beberapa strain *E.coli* umumnya bersifat tidak tahan terhadap asam (Rahayu *et al.*, 2018), sedangkan pada penelitian ini gelatin tulang ayam yang dihasilkan cenderung memiliki pH antara 3,5 hingga 5,5 sehingga memiliki sifat yang asam, hal ini yang menyebabkan daya hambat mikroba memiliki nilai yang cenderung naik seiring bertambahnya gelatin tulang ayam.

Respon Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan sampel dinyatakan dengan nilai IC_{50} . Penurunan nilai IC_{50} menunjukkan bahwa *edible film* memiliki kemampuan yang semakin kuat dalam menangkal radikal bebas. Hasil pengujian aktivitas antioksidan ekstrak etanol andaliman sebesar 55,46 ppm (tergolong kuat). Berdasarkan hasil analisis yang didapat (Tabel 4) maka *run 2* dengan konsentrasi pati singkong 3 %, gelatin 4 % dan ekstrak andaliman 6 % memiliki nilai IC_{50} yang paling rendah yaitu sebesar 127,689 ppm. Nilai

IC₅₀ tersebut tergolong dalam aktivitas dengan kategori sedang (Effendi, 2020).

Gambar 7(a) menunjukkan ekstrak andaliman memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap respon antioksidan karena memiliki nilai taraf lebih kecil dari 0,05 (P<0,05). Adanya kandungan metabolit sekunder pada ekstrak etanol andaliman diyakini sebagai sumber antioksidan *edible film*. Kandungan metabolit sekunder yang ada pada andaliman sangat beragam, namun flavonoid merupakan metabolit sekunder yang sangat ampuh sebagai antioksidan

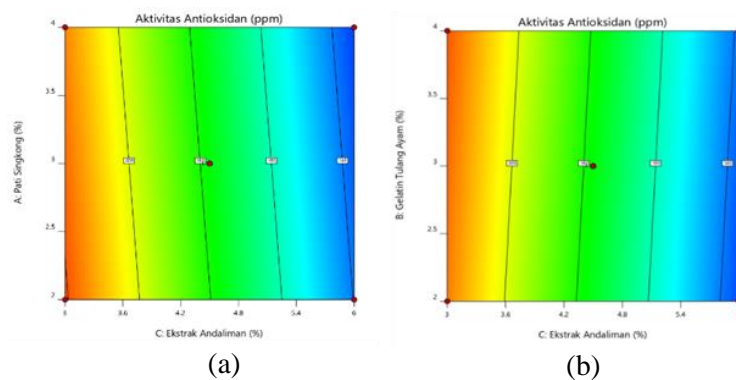
(Effendi, 2020). Pati singkong pada plot kontur Gambar 7(a) cenderung memberikan pengaruh yang stabil terhadap respon antioksidan.

Gambar 7(b) juga menunjukkan bahwa ekstrak andaliman memberikan pengaruh yang lebih signifikan terhadap respon antioksidan dibandingkan faktor gelatin tulang ayam yang cenderung memberikan pengaruh yang konstan. Nilai IC₅₀ yang semakin menurun menunjukkan aktivitas antioksidan yang semakin besar (Masri, 2017).

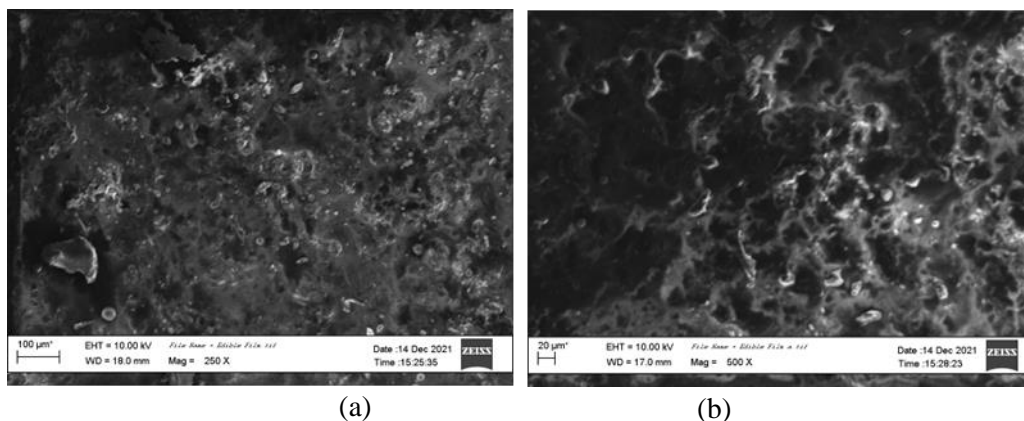
Tabel 4 Karakteristik sifat mikrobiologi dan kimia *edible film*

Run	Variabel Bebas (%)			Daya Hambat Mikroba (mm)		Aktivitas Antioksidan (ppm)
	Ps	Gt	Ea	(<i>S.aureus</i>)	(<i>E.coli</i>)	
1	3	2	3	2,1	1,2	201,604
2	3	4	6	5,8	4,6	127,689
3	4	3	3	2,4	1,3	203,199
4	3	3	4,5	6,7	2,8	170,472
5	4	2	4,5	5,7	2,6	180,814
6	4	3	6	6,8	4,7	130,953
7	2	4	4,5	0,9	3,4	179,167
8	3	3	4,5	1,8	2,6	174,786
9	3	2	6	2,7	4	139,715
10	4	4	4,5	1,1	3,9	189,064
11	2	3	3	0,7	2,3	228,473
12	3	3	4,5	2	3,1	165,951
13	3	3	4,5	3,8	1,7	190,142
14	2	3	6	5,1	4,2	136,242
15	3	3	4,5	4,2	2,5	186,855
16	3	4	3	1	1,5	226,092
17	2	2	4,5	3,2	2,1	183,882

Keterangan: Ps= Pati Singkong; Gt= Gelatin tulang ayam; Ea= Ekstrak andaliman



Gambar 7 (a) Plot kontur pati singkong dan ekstrak andaliman terhadap respon antioksidan
(b) Plot kontur gelatin tulang ayam dan ekstrak andaliman terhadap respon antioksidan



Gambar 8 Struktur permukaan edible film perbesaran 250x (a) dan 500x (b)

Optimasi Edible Film

Optimasi *edible film* dilakukan untuk mendapatkan hasil respon dengan nilai yang lebih optimal berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan serta memperoleh formula atau faktor baru yang lebih optimal berdasarkan batas yang telah ditetapkan. Hasil optimasi yang telah dilakukan menghasilkan formula baru dengan nilai pati singkong 4 % (b/v), gelatin tulang ayam 3,879 % (b/v), dan ekstrak andaliman sebesar 6 % (b/v) dengan nilai *desirability* 0,820.

Analisis Struktur Permukaan Edible Film dengan SEM

Analisis terhadap struktur permukaan *edible film* dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menghasilkan struktur permukaan yang cukup kompak dan tidak dijumpai adanya retakan atau robekan. Perbesaran struktur permukaan *edible film* dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan struktur permukaan *edible film* pada perbesaran 250x dan 500x. Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa tidak terdapat adanya robekan atau retakan pada *edible film*. Perbesaran 250x menampilkan permukaan *edible film* yang lebih merata namun pada perbesaran 500x tampak permukaan *edible film* yang kurang merata, hal tersebut dapat disebabkan karena ketebalan *edible film* yang tidak sama. Penggunaan pati dalam jumlah yang besar menghasilkan *edible film* dengan permukaan yang lebih halus sebab pori-pori yang membentuk saluran akan tertutupi (Warkoyo *et al.*, 2014).

KESIMPULAN

Hasil optimasi variabel respon menghasilkan formula baru dengan persentase pati singkong sebanyak 4 %, gelatin tulang ayam 3,879 %, dan

ekstrak andaliman 6 %. Formula baru didapatkan dengan tingkat *desirability* sebesar 0,820 berdasarkan karakteristik fisik, mekanis, mikrobiologi, dan kimia *edible film* yang telah diuji dan divalidasi dengan *Response Surface Methodology-Box Behnken Design* (RSM-BBD).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT Indofood Sukses Makmur Tbk. yang telah mendanai penelitian ini melalui program Indofood Riset Nugruga (IRN) 2020/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Akesowan, A. 2010. Quality Characteristics Of Light Pork Burgers Fortified With Soy Protein Isolate. *Food Science and Biotechnology*, 19(5), 1143–1149.
- Amaliya, R.R., Putri, W.D.R. 2014. Karakterisasi Edible Film Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Filtrat Kunyit Putih Sebagai Antibakteri. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3), 43–53.
- Asmoro, N.W., Handayani, C.B., Afriyanti, Hanggara, B., Nugroho, B. 2018. Karakteristik Fisik Edible Film Dari Gelatin Limbah Tulang Ayam Dengan Perbedaan Konsentrasi Plasticizer. *Prosiding Seminar Nasional 5th FP*, 146–153.
- Asmudrono, S.W., Sompie, M., Siswosubroto, S.E., Kalele, J.A.D. 2019. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Gelatin Ceker Ayam Kampung Terhadap Karakteristik Fisik Edible Film. *Zootec*, 39(1), 64–70.
- Astuti, A.D. 2016. Penerapan Kantong Plastik Berbayar Sebagai Upaya Mereduksi Penggunaan Kantong Plastik. *Jurnal Litbang*, XII(1), 32–40.

- Bourtoom, T. 2008. Edible Films And Coatings: Characteristics And Properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 1–12.
- Chakka, A.K., Muhammed, A., Sakhare, P.Z., Bhaskar, N. 2017. Poultry processing waste as an alternative source for mammalian gelatin: extraction and characterization of gelatin from chicken feet using food grade acids. *Waste and Biomass Valorization*, 8(8), pp.2583-2593.
- Daniela, C. 2020. Pengaruh Penambahan Ekstrak Andaliman Terhadap Masa Simpan Nugget Tempe. *Jurnal Riset Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 1, 16–21.
- 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*, 8(1), 61. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i1.4177>
- Effendi, M. 2020. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) Dengan Metode DPPH. *Herbal Medicine Journal*, 3(2), 30–36.
- Fera, M., Nurkholik. 2018. Kualitas Fisik Edible Film Yang Diproduksi Dari Kombinasi Gelatin Kulit Domba Dan Agar (*Gracilaria* sp). *Journal of Food and Life Sciences*, 2(1), 45–56. <https://jfls.ub.ac.id/index.php/jfls/article/view/47>
- Garcia, P.S., Eiras Grossmann, M. V., Yamashita, F., Mali, S., Dall'Antonia, L. H., Barreto, W.J. 2011. Citric Acid As Multifunctional Agent In Blowing Films Of Starch/PBAT. *Quimica Nova*, 34(9), 1507–1510. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000900005>
- Han, J.W., Ruiz-Garcia, L., Qian, J.P., Yang, X.T. 2018. Food Packaging: A Comprehensive Review and Future Trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 1–18. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12343>
- Huda, W.N., Atmaka, W., Nurhartadi, E. 2013. Kajian Karakteristik Fisik Dan Kimia Gelatin Ekstrak Tulang Kaki Ayam (*Gallus Gallus Bankiva*) Dengan Variasi Lama Perendaman Dan Konsentrasi Asam. *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(3), 70-75.
- Intandiana, S., Dawam, A.H., Denny, Y.R., Firman, R. 2019. Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong Dan Selulosa Mikrokrystalin Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(2), 185–194. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v4i2.5953>
- Kaewphan, N., Gheewala, S.H. 2013. Greenhouse Gas Evaluation And Market Opportunity Of Bioplastic Bags From Cassava In Thailand. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 4, 15–19.
- Kusumawati, D.H., Putri, W.D.R. 2013. Karakteristik Fisik Dan Kimia Edible Film Pati Jagung Yang Diinkorporasi Dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 1(1), 90–100. <http://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/9>
- Mashami, R.A. 2021. Pelatihan Pengolahan Sampah Anorganik di Kelurahan Sasake. *Intan Cendekia: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 48–54.
- Masri, P. 2017. Uji Aktivitas Antioksidan Senyawa Alkaloid dari Ekstrak Etanol Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) Dengan Metode DPPH. Universitas Sumatera Utara.
- Merisiyanto, G., Mawarani, J. 2013. Pengembangan Plastik Photobiodegradable Berbahan Dasar Umbi Ubi Jalar. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 107–111.
- Miksusanti, Herlina, Masril, K.I. 2013. Antibacterial and Antioxidant of Uwi (*Dioscorea Alata* L) Starch Edible Film Incorporated with Ginger Essential Oil. *International Journal of Bioscience, Biochemistry, and Bioinformatics*, 3(4), 354–356. <https://doi.org/10.7763/IJBBB.2013.V3.230>
- Miskiyah, Juniawati, Iriani, E.S. 2015. Potensi Edible Film Antimikroba Sebagai Pengawet Daging. *Buletin Peternakan*, 39(2), 129–141.
- Mulyadi, A.F., Pulungan, M.H., Qayyum, N. 2016. Pembuatan Edible Film Maizena Dan Uji Aktifitas Antibakteri (Kajian Konsentrasi Gliserol Dan Ekstrak Daun

- Beluntas (*Pluchea Indica L.*). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 149–158. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12868>
- Muzafri, A., Julianti, E., Rusmarilin, H. 2018. The Extraction Of Antimicrobials Component Of Andaliman (*Zanthoxylum Acanthopodium* DC.) And Its Application On Catfish (*Pangasius Sutchi*) Fillet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012089>
- Muzafri, Al. 2016. Ekstraksi Komponen Antimikroba Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) dan Aplikasinya pada Fillet Ikan Patin (*Pangasius sutchi*). Universitas Sumatera Utara.
- Napitupulu, R.F. 2018. *Analisis Usahatani Dan Pemasaran Andaliman (Zanthoxylum Acanthopodium DC.) (Kasus: Hasil Produksi Nagori Raya Huluan, Kec. Dolok Masagal, Kab. Simalungun)*.
- Nuansa, M., Agustini, T., Susanto, E. 2017. Karakteristik Dan Aktivitas Antioksidan Edible Film Dari Refined Karaginan Dengan Penambahan Minyak Atsiri. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 54–62.
- Nugroho, A., Basito, Baskara, K. 2013. Kajian Pembuatan Edible Film Tapioka Dengan Pengaruh Penambahan Pektin Beberapa Jenis Kulit Pisang Terhadap Karakteristik Fisik Dan Mekanik. *J. Teknosains Pangan*, 2(1), 73–79. www.ilmupangan.fp.uns.ac.id
- Pangesti, A.D., Rahim, A., Hutomo, G.S. 2014. Karakteristik Fisik, Mekanik Dan Sensoris Edible Film Dari Pati Talas Pada Berbagai Konsentrasi Asam Palmitat. *E-J. Agrotekbis*, 2(6), 604–610.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., Barliana, M.I. 2016. Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 83. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i3.9406>
- Purba, S.T., Sinaga, D.P. 2017. Evaluasi Potensi Ekstrak Tumbuhan Andaliman (*Zanthoxylum Acanthopodium*) Sebagai Potensi Immunostimulan Pada Tikus (*Rattus Norvegicus L.*). *Prosiding Seminar Nasional III Biologi Dan Pembelajarannya, September*, 221–227.
- Putra, D.R.M. 2013. Formulasi Edible Film Sebagai Antibacterial Active Packaging Dengan Penambahan Ekstrak Daun Jati (*Tectona Grandis*) (Kajian Proporsi Pati Tapioka Dan Suhu Pengeringan Edible Film). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Rahayu, W.P., Nurjanah, S., Komalasari, E. 2018. *Escherichia coli: Patogenitas, Analisis, dan Kajian Risiko*. IPB Press.
- Rienoviar, Heliawati, L., Khoiriyah, A. 2019. Aktivitas Antioksidan Dan Identifikasi Senyawa Aktif Dalam Ekstrak Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). *Journal of Agro-Based Industry*, 36(2), 124–130.
- Salazar, M., Vongsangnak, W., Panagiotou, G., Andersen, M.R., Nielsen, J. 2009. Uncovering Transcriptional Regulation Of Glycerol Metabolism In Aspergilli Through Genome-Wide Gene Expression Data Analysis. *Mol Genet Genomics*, 282(6), 571–586.
- Saleh, F.H., Nugroho, A.Y., Juliantama, M.R. 2017. Pembuatan Edible Film Dari Pati Singkong Sebagai Pengemas Makanan. *Teknoin*, 23(1), 43–48. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol23.iss1.art5>
- Saputro, B.W., Dewi, E.N., Susanto, E. 2017. Karakteristik Edible Film Dari Campuran Tepung Semirefined Karaginan Dengan Penambahan Tepung Tapioka Dan Gliserol. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 6(2), 1–6.
- Sari, R.P., Wulandari, S.T., Wardhani, D.H. 2013. Pengaruh Penambahan Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum*) Terhadap Karakteristik Edible Film Pati Ganyong (*Canna Edulis Kerr.*). *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(3), 82–87.
- Setiani, W., Sudiarti, T., Rahmidar, L. 2013. Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(2). <https://doi.org/10.15408/jkv.v3i2.506>
- Sitompul, A.J.W.S., Zubaidah, E. 2017. Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling

- (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(1), 13–25.
- Souza, B.W.S., Cerquiera, M.A., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. 2010. The Use Of Electric Fields For Edible Coatings And Films Development And Production: A Review. *Food Engineering Reviews*, 2(4), 244–255.
- 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.
- Windyasmara, L., Pertiwiningrum, A., Erwanto, Y., Asmoro, N.W., Afriyanti. 2019. Kualitas Fisik Antimicrobial Edible Film (AmEF) dengan Ekstrak Daun Teh (*Camellia sinensis*) dari Gelatin Limbah Tulang Ayam. *Jurnal Ilmu Peternakan Dan Veteriner Tropis (Journal of Tropical Animal and Veterinary Science)*, 9(1), 6–11.
- Yulianti, R., Ginting, E. 2012. Perbedaan Karakteristik Fisik Edible Film Dari Umbi-Umbian Yang Dibuat Dengan Penambahan Plasticizer. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 31(2), 131–136.
- Zuwanna, I., Fitriani, Meilina, H. 2017. Pengemas Makanan Ramah Lingkungan , Berbasis Limbah Cair Tahu (Whey) Sebagai Edible Film. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana (SNP) Unsyiah*, 77–87.