

# Modifikasi Pati Ubi Kelapa Kuning Metode Presipitasi Menggunakan Beberapa Tingkat Suhu Serta Aplikasinya Untuk *Edible Film*

Yellow Yam Starch Modification Using Different Temperatures in Precipitation Method and Its Application for Edible Film

U. Ulyarti<sup>1,2</sup>, Rindo Amnesta<sup>1</sup>, Rahayu Suseno<sup>1</sup>, N. Nazarudin<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jambi, Jalan Raya Jambi-Muara Bulian Jambi, 36361, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Unggulan Ipteks Bio-Geo Material, Universitas Jambi, Jalan Raya Jambi-Muara Bulian Jambi, 36361, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Jambi, Jalan Raya Jambi-Muara Bulian Jambi, 36361, Indonesia  
Email: nazarudin@unja.ac.id

Tanggal submisi: 11 Februari 2020; Tanggal revisi: 16 Juli 2020; Tanggal penerimaan: 8 Januari 2021

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu proses modifikasi pati menggunakan metode presipitasi yang dapat menghasilkan pati ubi kelapa kuning modifikasi dengan ukuran paling kecil serta untuk mengetahui karakteristik *edible film* yang dibuat dengan penambahan pati modifikasi. Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap modifikasi pati ubi kelapa kuning dengan metode presipitasi dan tahap pembuatan 2 jenis *edible film* yaitu *edible film* dari pati alami dan dari gabungan pati alami dan pati modifikasi hasil penelitian tahap pertama. Pada tahap modifikasi pati digunakan 4 taraf suhu yaitu 70 °C, 80 °C, 90 °C dan 100 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemanasan pada suhu 100 °C menghasilkan pati ubi kelapa modifikasi dengan ukuran partikel pati terkecil yakni dari 1,82 sampai 21,93 µm. *Edible film* dengan penambahan pati modifikasi memiliki karakteristik yang berbeda dengan *edible film* pati alami saja dengan karakteristik ketebalan yang lebih tinggi yakni 0,117±0,027 mm, kelarutan lebih rendah (17,36±1,56%), nilai transparansi lebih rendah (10,92±2,27%/mm), nilai WVTR yang lebih rendah (161,9±39,1 g/mm.m<sup>2</sup>.jam) dan nilai kuat tekan lebih tinggi (802,48±2,23 gF) dibandingkan *edible film* berbahan dasar pati alami saja.

**Kata Kunci:** *Edible film*; presipitasi; suhu; pati ubi kelapa kuning

## ABSTRACT

The aims of this research were to obtain a temperature that produced the smallest particle size of modified yellow yam starch and to determine the characteristics of edible film made using native starch only and that using the addition of modified starch. The research was performed in two stages: the modification of yellow yam starch using a precipitation method and the production of edible films using native starch and native starch added with modified starch. Starch modification was carried out using different temperatures: 70°C, 80 °C, 90 °C, and 100 °C. The result showed that heating at 100 °C produced the smallest particle size of the modified yellow yam starch (1.82 to 21.93 µm). Edible film made with addition of modified starch had different characteristics from edible film made of native starch only. The one with modified starch addition had higher thickness (0.117±0.027mm), lower solubility (17.36±1.56%), lower transparency (10.92±2.27%/mm), lower WVTR (161,9±39,1 g/mm.m<sup>2</sup>.hour) and higher compressive strength (802.48±2.23 gF) compared to native starch-based edible films.

**Keywords:** Edible film; precipitation; temperature; yellow yam starch

DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.54150>

ISSN 0216-0455 (Print), ISSN 2527-3825 (Online)

## PENDAHULUAN

Ubi kelapa merupakan jenis tanaman perdu yang merambat. Tanaman ini memiliki umbi berbentuk menjari atau berlekuk. Kulit umbi berwarna cokelat sampai kehitaman dengan daging berwarna putih, kuning atau keunguan (Hapsari, 2014). Ubi kelapa di Indonesia masih belum dimanfaatkan dengan baik, pemanfaatannya masih sebatas diolah sebagai pangan tradisional (Nadia dan Hartari, 2011). Kandungan gizi umbi ubi kelapa didominasi oleh karbohidrat (24,6%), kemudian protein (2,0%), lemak (0,1%), abu (1,0%) dan serat (0,5%) (Njie, 1998). Karbohidrat tersebut berupa pati dengan kadar pati 75,6-84,3% (bk) (Wanasundera dan Ravindran, 1994) dan kadar amilosa tinggi sebesar 26,98-31,02% (Jayakody dkk., 2007). Amilosa yang tinggi pada pati ubi kelapa berpotensi sebagai bahan untuk membuat pengemas yang dapat dimakan (*edible film*).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *edible film* berbahan dasar pati ubi kelapa ungu dan putih yang dibuat dengan perlakuan terbaik berupa konsentrasi pati sebesar 2,67%, menghasilkan ketebalan film 0,124 – 0,132 mm (Ulyarti dkk., 2019). Nilai ini sesuai dengan standar JIS (*Japanese Industrial Standard*) yakni maksimal 0,25 mm, namun laju transmisi uap air sebesar 41,76 g/m<sup>2</sup>jam belum memenuhi standar JIS. Dengan menggunakan plastisizer yang berbeda, Sari (2018) melaporkan yang sama yaitu laju transmisi uap air *edible film* dari pati ubi kelapa putih sebesar 18,16 g/m<sup>2</sup>jam belum memenuhi standar. Menurut JIS nilai laju transmisi uap air maksimal 7 g/m<sup>2</sup>.jam atau 28 g/mm.m<sup>2</sup>jam untuk ketebalan film 0,25 mm. Sifat *edible film* dengan nilai laju transmisi uap air yang tinggi memang merupakan sifat umum *edible film* berbahan dasar pati alami (Farrag dkk., 2018). Salah satu cara untuk menurunkan laju transmisi uap air ini adalah dengan menggunakan partikel dengan ukuran lebih kecil sebagai pengisi matriks *edible film* (Kaewpool, 2010; Xie dkk., 2013; Farrag dkk., 2018). Menurut Orsuwan dkk. (2017) terjadi penurunan permeabilitas uap air pada *edible film* dengan penggunaan pati pisang dan pati pisang berukuran lebih kecil, yaitu diperoleh nilai permeabilitas uap air menurun dari 91,0 menjadi 60,7 g.mm/kPa.hari.m<sup>2</sup>. Hasil serupa dilaporkan oleh Antoniou dkk. (2015) untuk *edible film* dari tara gum dengan laju permeabilitas uap air menurun dari 0,462 menjadi 0,365 g.mm/kPa.hari.m<sup>2</sup>.

Menurut Le Corre dkk. (2010) untuk menghasilkan pati berukuran lebih kecil dapat dihasilkan dengan modifikasi pati melalui metode presipitasi (kombinasi modifikasi fisik dan mekanis). Pada metode ini, pati dilarutkan terlebih dahulu dalam pelarut tertentu, misalnya air (Qin dkk., 2016) atau campuran pelarut

air/urea/NaOH (Farrag dkk., 2018). Apabila digunakan pelarut air, maka diperlukan proses pemanasan sehingga molekul pati dapat terlarut dalam air. Adanya panas dan perlakuan mekanis yang diberikan pada pati selama proses pemanasan di atas suhu gelatinisasinya, mengakibatkan terjadi perusakan ikatan kovalen dan hidrogen pada struktur amilosa dan amilopektin. Perusakan ini menyebabkan runtuhnya struktur granula yang menghasilkan pecahan granula dengan ukuran yang lebih kecil. Pada tahap selanjutnya, molekul pati yang sudah larut kemudian diendapkan menggunakan *non-solvent reagent*. Reagent ini menarik air yang berikatan dengan molekul pati sehingga pati mengendap. Metode modifikasi pati dengan cara presipitasi ini memiliki kelebihan dibandingkan metode modifikasi menggunakan asam atau modifikasi lainnya, karena tidak menggunakan bahan kimia berbahaya seperti asam kuat dan metode ini juga tidak rumit, tidak membutuhkan peralatan canggih, walaupun membutuhkan waktu proses agak sedikit lebih panjang (Winarti dkk., 2011).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel pati yang dimodifikasi dengan metode presipitasi adalah metode pelarutan pati, konsentrasi pati dan rasio volume suspensi pati terhadap volume non-solvent reagent (Saari dkk., 2016). Metode pelarutan pati penting untuk diketahui karena pada tahap inilah terjadi perusakan struktur granula yang kompak sehingga terjadi pelarutan partikel yang lebih kecil. Sementara tahapan setelah pelarutan hanya memastikan bahwa partikel kecil yang terbentuk diawal mengalami presipitasi tanpa mengalami agregasi atau pengikatan kembali molekul-molekul pati. Pada penggunaan air sebagai pelarut pati, suhu merupakan faktor terpenting karena pati tidak larut dalam air dingin. Juna dkk. (2014) melaporkan pengaruh suhu (75 °C, 100 °C, dan 130 °C) mempengaruhi bentuk dan ukuran partikel yang dihasilkan dari pati jagung ketan melalui presipitasi. Ukuran pati dilaporkan menurun dari 600 nm menjadi 238 nm dengan meningkatnya suhu. Pemilihan suhu merupakan hal yang penting dalam proses modifikasi pati menggunakan metode presipitasi karena suhu berkaitan dengan biaya, sehingga diharapkan dapat digunakan suhu yang serendah mungkin untuk menghemat biaya produksi namun tetap menghasilkan perubahan sifat pati yang diinginkan. Qin dkk. (2016) menggunakan suhu 100 °C untuk modifikasi 7 jenis pati yang berbeda dengan suhu gelatinisasi berkisar 57 °C – 88,4 °C, sementara pati ubi kelapa kuning dilaporkan memiliki suhu gelatinisasi 75,5 – 79 °C (Nadia dkk., 2014). Dengan demikian penggunaan suhu 70 °C mungkin telah menggelatinisasi sebagian pati ubi kelapa kuning yang berukuran kecil. Dengan waktu pemanasan selama 30 menit dan konsentrasi pati sangat rendah

yaitu 1% yang digunakan dalam penelitian ini mungkin didapat derajat gelatinisasi pati ubi gelatinisasi yang cukup untuk menghasilkan partikel yang lebih kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu pemanasan yang tepat dalam proses modifikasi pati menggunakan metode presipitasi yang dapat menghasilkan pati modifikasi dengan ukuran paling kecil. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui karakteristik *edible film* yang dibuat dari pati ubi kelapa kuning alami dan *edible film* dari pati ubi kelapa kuning alami ditambah dengan penambahan pati ubi kelapa kuning modifikasi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah umbi ubi kelapa kuning yang dipanen dari kebun di Kota Jambi. Gliserol, etanol absolut,  $Mg(NO_3)_2$ , NaCl dan  $CaCl_2$  merupakan senyawa kimia *analytical grade* yang disuplai dari Merck Millipores. Akuades dan etanol teknis 96% disuplai dari produsen lokal.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, blender, saringan, ayakan 200 dan 60 mesh, baskom, loyang, pisau, talenan, oven listrik, gelas ukur, *hot plate*, termometer, RH meter, tabung reaksi, gelas piala, batang pengaduk, cawan kaca, vorteks, *magnetic stirrer*, sentrifuse, dan plastik klip. Alat analisa berupa *scanning electron microscope* (SEM, model JEOL JSM 6510 LA), *Fourier-Transformed Infrared Spectroscopy* (FTIR shimadzu prestige 21), LFRA *Texture Analyzer* merek *Brookfield*, tabung tertutup, desikator, kertas saring, mikrometer sekrup, dan spektrofotometer.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu tahap modifikasi pati ubi kelapa kuning dengan metode presipitasi perlakuan suhu 70 °C, 80 °C, 90 °C dan 100 °C serta tahap pembuatan *edible film* dari pati alami saja dan *edible film* dari pati alami ditambah dengan pati modifikasi dengan ukuran terkecil hasil penelitian tahap pertama.

### Ekstraksi Pati Ubi kelapa (Ulyarti dkk., 2021)

Ubi kelapa dibersihkan, dicuci, dikupas, dicuci kembali dan selanjutnya diiris setebal 2 mm hingga 3 mm. Lendir dihilangkan dengan cara irisan direndam dalam larutan garam meja 15% selama 30 menit dan dicuci ulang sebanyak 3 kali. Irisan ubi kelapa dihaluskan dengan blender, hingga bubur dapat melewati ayakan

200 mesh. Suspensi yang diperoleh diendapkan selama 6 jam. Endapan selanjutnya dilarutkan dalam akuades kembali untuk memurnikan pati. Pati dihamparkan setinggi 2-3 mm diatas nampan yang dialasi aluminium foil dan dikeringkan di dalam oven pengering pada suhu 50 °C selama 6 jam. Dengan cara seperti ini, kadar air pati mencapai 6,7%. Pati yang telah kering diayak menggunakan ayakan 60 mesh dan dikemas dalam wadah tertutup serta disimpan pada suhu ruang.

### Modifikasi Pati dengan Metode Presipitasi (Qin dkk., 2016 yang Dimodifikasi)

Sebanyak 1 g pati dilarutkan dalam 100 mL akuades. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu sesuai dengan perlakuan (70 °C, 80 °C, 90 °C, atau 100 °C) selama 30 menit dengan pengadukan konstan. Larutan didinginkan segera dan ditambahkan 1000 mL etanol sedikit demi sedikit sambil terus diaduk. Larutan kemudian didiamkan selama 8 jam pada suhu ruang sambil terus diaduk secara konstan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 100 rpm. Larutan kemudian disentrifugasi pada 2500 g selama 15 menit. Endapan dicuci dengan etanol absolut sebanyak 3 kali. Endapan dikeringkan dengan proses pengeringan tanpa panas (kering udara dingin) didalam refrigerator pada suhu 17 °C dan RH 67%. Pati modifikasi yang didapat disimpan dalam plastik kedap udara pada suhu ruang.

### Pembuatan Edible Film (Gonzalez dkk., 2014 yang Dimodifikasi)

Pada penelitian ini terdapat dua jenis *edible film* yakni *edible film* berbahan dasar pati ubi kelapa kuning dan *edible film* dari pati komposit. Pati komposit yang dimaksud adalah pati ubi kelapa kuning yang telah dilakukan proses modifikasi sebelumnya dengan bentuk dan ukuran partikel yang lebih kecil. Kedua jenis *edible film* ini dibuat dengan prosedur kerja yang sama hanya saja yang membedakannya adalah dilakukan penambahan pati ubi kelapa kuning modifikasi pada akhir pembuatan *edible film* dari pati komposit.

### Pembuatan Edible Film dari Pati Alami dan Komposit

Pati ubi kelapa kuning ditimbang sebanyak 2,6% (b/b) dan dilarutkan dengan akuades. Suspensi pati kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk selama 10 menit kemudian dipanaskan di atas *hot plate* menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit sampai suhu 80 °C, dimana pada 10 menit pertama dilakukan penambahan gliserol sebanyak 2% (b/b). Larutan film sebanyak 25 g kemudian dicetak diatas

cawan kaca berukuran 9,2 cm x 1,7 cm dan dikeringkan menggunakan oven pengering pada suhu 50 °C selama 24 jam. Film yang telah kering ditimbang dalam desikator pada suhu kamar dengan kelembaban relatif (RH) 52% menggunakan Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> jenuh selama 2 hari sebelum dianalisis (Manrich dkk., 2017).

Untuk pembuatan pati komposit, setelah tahap penambahan gliserol yaitu pada 15 menit terakhir ditambahkan pati ubi kelapa terbaik hasil modifikasi metode presipitasi sebanyak 15% (persen b/b dari berat pati alami) dan dilakukan penghomogenan dengan vorteks selama 1 menit. Selanjutnya larutan tersebut dipanaskan kembali pada *hot plate* suhu 80 °C selama 5 menit sebelum dicetak.

### Rendemen Pati Ubi kelapa Modifikasi dengan Metode Presipitasi

Rendemen merupakan perbandingan berat kering produk yang dihasilkan dengan berat bahan baku yang digunakan (Yuniarifin dkk., 2006). Pati ubi kelapa modifikasi dilakukan perhitungan untuk mengetahui rendemen pati modifikasi dengan menggunakan rumus sesuai Persamaan 1.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{a}{b} \times 100 \quad (1)$$

Di mana, a = bobot akhir pati ubi kelapa setelah dimodifikasi dan b = bobot awal pati ubi kelapa sebelum dimodifikasi.

### Morfologi Granula Pati

Morfologi pati ubi kelapa alami dan pati ubi kelapa modifikasi yang sebelumnya telah didispersi menggunakan alkohol diamati menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Setelah alkohol menguap, sampel diletakkan pada stab aluminium menggunakan pita perekat dua sisi dan dilapisi dengan bubuk emas dan granula pati diamati pada perbesaran 1000x. Pengukuran dimensi granula pati dilakukan menggunakan aplikasi ImageJ versi 1.5.2 dengan dikalibrasinya skala yang terdapat pada image SEM. Dipilih 3 granula atau partikel dengan ukuran terkecil dan 3 granula atau partikel dengan ukuran terbesar untuk diukur panjangnya dan dirata-ratakan.

### Ketebalan Edible Film

Pengukuran ketebalan *edible film* dilakukan dengan menggunakan mikrometer manual dengan ketelitian 0,01 mm. Nilai ketebalan yang didapat merupakan rata-rata dari pengukuran pada 5 titik posisi acak dalam mm.

### Kelarutan Edible Film

Kertas saring yang sudah dikeringkan ditimbang beratnya. Sampel *film* dipotong 2x2 cm, dimasukkan ke dalam 50 mL akuades dan direndam selama 24 jam sambil diaduk secara periodik. Larutan kemudian disaring dan kertas saring dikeringkan pada suhu 150 °C selama 24 jam. Banyaknya film yang tidak larut kemudian ditimbang. %Kelarutan dapat dihitung menggunakan rumus sesuai Persamaan 2.

$$\% \text{ Kelarutan} = 100\% - \left( \frac{W_1 - W_2}{W_3} \times 100\% \right) \quad (2)$$

Di mana, W<sub>1</sub> = berat kertas saring dan *film* yang tidak larut (g), W<sub>2</sub> = berat kertas saring (g), dan W<sub>3</sub> = berat sampel (g).

### Transparansi Edible Film (Pineroz-Hernandez dkk., 2017)

*Film* dipotong dengan ukuran 7x1 cm kemudian dimasukan dalam kuvet dan ditempatkan dalam sel spektrofotometer. Nilai T dalam persen (% transmittan) diukur dengan UV-Vis spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Transparansi *edible film* dihitung menggunakan rumus sesuai Persamaan 3.

$$\text{Transparansi} = \log T / \text{Ketebalan (\%/mm)} \quad (3)$$

### Laju Transmisi Uap Air (WVTR = Water Vapour Transmission Rate) Edible Film (Pineroz-Hernandez dkk., 2017 yang Dimodifikasi)

Modifikasi analisis dilakukan pada penambahan faktor ketebalan film karena film yang dibandingkan memiliki ketebalan yang berbeda. Sebuah tabung reaksi yang berisi kalsium klorida ditutup menggunakan *film*. Berat tabung kemudian ditimbang. Tabung ditempatkan di dalam desikator yang disaturasi dengan menggunakan sodium klorida jenuh (RH 75%). Perubahan berat tabung kemudian dicatat dan diplot sebagai fungsi dari waktu. Perhitungan WVTR dilakukan menggunakan rumus sesuai Persamaan 4.

$$\text{WVTR} = \frac{\text{slope}}{A \cdot t} \quad (4)$$

Di mana, WVTR= *water vapour transmission rate* (g/ mm.m<sup>2</sup>.jam), Slope= fungsi linear penambahan berat dan waktu (g/jam), A= luas area *film* (m<sup>2</sup>), dan t= ketebalan film (mm).

### Kuat Tekan Edible Film (ASTM, 1997 dalam Santoso dkk., 2018)

Kuat tekan diukur dengan LFRA *Texture Analyzer* dengan cara menentukan jenis *probe* yang akan



digunakan untuk *edible film* yaitu jenis TA 7 60 mm dan digunakan *blade* pada pengujian kuat tekan *edible film*. Alat LFRA *tekxture analyzer* diatur menjadi: *Test (Cycle count)*, *Trigger (2g)*, *Distance (0,2mm)* dan *Speed (2 mm/s)*. Probe dipasang pada tempatnya dan tombol "start" ditekan untuk memulai menekan *edible film*. Sampel *edible film* yang telah dipotong dengan ukuran 5×2 cm ditaruh dibawah *probe* dan *probe* akan menekan *film* sampai besaran gaya *probe* yang digunakan tampil pada layar.

### Analisis Data

Data rendemen yang diperoleh dari penelitian kemudian dianalisis menggunakan ANOVA dan apabila terdapat pengaruh perlakuan, dilakukan uji lanjut menggunakan LSD pada taraf 5%. Untuk hasil modifikasi pati dilakukan analisis dengan mendeskripsikan morfologi granula pati setiap perlakuan yang ditampilkan *image* SEM serta mengukur panjang partikel terkecil dan partikel terbesar yang tampak melalui *image* SEM dan membandingkannya untuk setiap perlakuan. Deskripsi pada *edible film* yang dihasilkan dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata data setiap parameter (ketebalan, kelarutan, transparansi, WVTR dan kuat tekan) kemudian disajikan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen dan Ukuran Pati Ubi kelapa Modifikasi

Pati modifikasi diperoleh dengan metode presipitasi menggunakan perlakuan berbagai suhu gelatinisasi kemudian dilakukan perhitungan rendemen. Rendemen pati modifikasi yang diperoleh dihitung sebagai persentase perbandingan berat pati sebelum dilakukan modifikasi dengan berat pati setelah dilakukan modifikasi. Rendemen dapat dilihat pada (Tabel 1).

Peningkatan suhu pemanasan dari 70 hingga 90 °C tidak merubah rendemen pati. Peningkatan suhu hingga 100 °C meningkatkan rendemen dan merubah ukuran pati modifikasi seperti yang tampak pada (Tabel

1). Rendemen paling tinggi didapat pada perlakuan pemanasan 100°C yaitu sebesar 91%, sehingga didapat sekitar 9% pati hilang selama proses modifikasi pati. Kehilangan ini terjadi karena saat proses gelatinisasi terjadi pemutusan ikatan hidrogen oleh molekul air yang masuk kedalam granula pati (Tako dkk., 2014) kemudian granula pati mengalami pengembangan (*swelling*) dengan meningkatnya suhu pemanasan. Pada saat suhu gelatinisasi telah tercapai, panas akan merusak ikatan antar molekul granula pati yang mengakibatkan molekul amilosa lepas dari granula pati dan keluar. Keluarnya amilosa dari granula pati mengakibatkan rusaknya struktur daerah amorf yang akan merubah baik bentuk dan ukuran granula pati (Jacobs dan Delcour, 1998).

Juna dkk. (2014) melaporkan semakin tinggi suhu pemanasan pada modifikasi pati jagung ketan dengan metode presipitasi semakin rendah rendemen yang didapat, yakni pada suhu 50 °C diperoleh rendemen sebesar 99%, pada suhu 75 °C diperoleh rendemen sebesar 78% dan pada suhu 100 °C diperoleh rendemen sebesar 35%, namun dalam penelitian ini rendemen pati ubi kelapa kuning modifikasi ini meningkat dengan semakin meningkatnya suhu. Menurut Ulyarti (2013) pada proses gelatinisasi pati menjadi pasta diketahui memiliki sisa produk yang tertinggal dan tidak larut. Sisa produk ini diberi nama "ghost" (Carrillo-Navas dkk., 2014). *Ghost* ini biasanya muncul pada pati yang tergelatinisasi sempurna, dimana granula telah pecah dan struktur granula runtuh (Ulyarti, 2013).

Granula pati ubi kelapa kuning alami memiliki ukuran berkisar 14,85-26,09 µm. Nilai ini lebih kecil dari yang pernah dilaporkan oleh Nadia dkk. (2014) yaitu sebesar 21,5-30 µm. Ukuran partikel pati terkecil didapat pada pati ubi kelapa kuning yang dimodifikasi suhu 100 °C yakni berkisar 1,82-21,93 µm (Tabel 1).

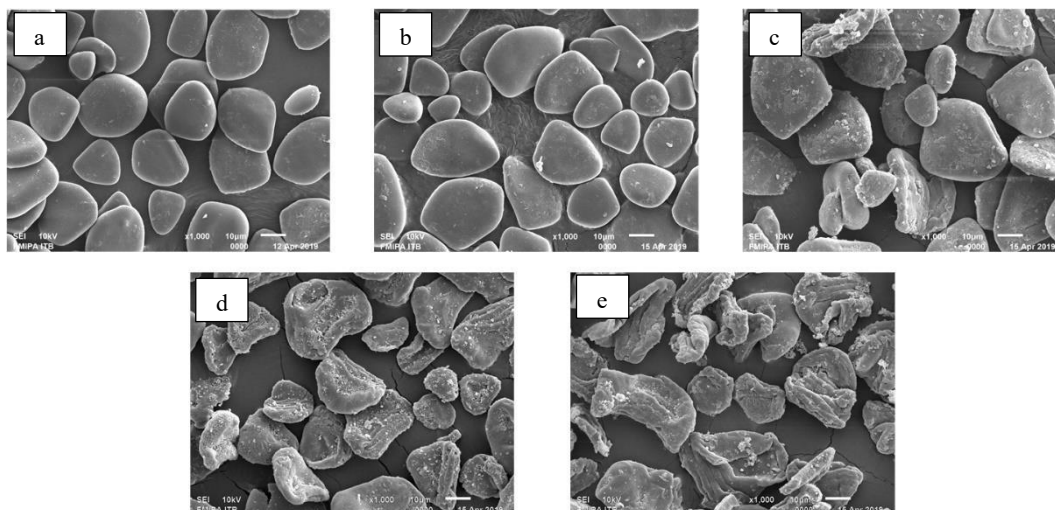
### Morfologi Granula Pati

Granula pati merupakan kumpulan molekul amilosa dan amilopektin yang tersusun dan memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda berdasarkan jenis dan sumber pati. *Dioscore alata* (ubi kelapa) memiliki

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen dan ukuran partikel pati ubi kelapa modifikasi pada berbagai suhu pemanasan

No	Suhu (°C)	Rendemen (%)*	Ukuran partikel pati (µm)
1	70	78 ± 2,8 <sup>a</sup>	7,49-24,95
2	80	78 ± 4,2 <sup>a</sup>	3,84-30,91
3	90	80 ± 2,8 <sup>a</sup>	2,64-22,21
4	100	91 ± 1,4 <sup>b</sup>	1,82-21,93
5	Pati alami	-	14,85-26,09

\* angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji LSD



Gambar 1. Bentuk granula hasil pengujian SEM perbesaran 1000× untuk (a) pati ubi kelapa kuning alami; pati ubi kelapa kuning modifikasi pada suhu (b) 70 °C; (c) 80 °C; (d) 90 °C; (e) 100 °C

bentuk granula pati alami seperti yang dilaporkan oleh (Nadia dkk., 2014) yakni berbentuk oval, elips dan bulat (Gambar 1a).

Granula pati yang diberi perlakuan suhu 70 °C (Gambar 1b) memiliki bentuk masih menyerupai granula pati ubi kelapa kuning alami, tidak terjadi perubahan pada morfologi pati dengan ukuran 7,49-24,95 µm. Hal ini terjadi karena pati ubi kelapa kuning belum mengalami gelatinisasi sempurna pada suhu tersebut. Hal ini sesuai dengan yang disampaikan Winarno (1992) yaitu bila pati dipanaskan bersamaan dengan air pada suhu dibawah suhu gelatinisasinya akan terjadi pembengkakan dan setelahnya granula pati dapat kembali pada bentuk semula.

Pada pati yang diberikan perlakuan suhu 80 °C (Gambar 1c) mulai terjadi perusakan granula oleh panas, baik pada granula berukuran kecil maupun besar. Perusakan granula terjadi pengikisan pada permukaan granula dengan terbentuknya serpihan-serpihan kecil. Hal ini terjadi karena telah berlangsung proses gelatinisasi pada suhu 80 °C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nadia dkk. (2014) bahwa suhu gelatinisasi ubi kelapa kuning berkisar 75-79 °C. Pati yang dimodifikasi pada suhu 80 °C memiliki ukuran 3,84-30,91 µm.

Pada granula pati yang diberi perlakuan suhu 90 °C (Gambar 1d) terjadi perusakan lebih jauh baik pada granula berukuran besar maupun kecil. Namun perusakan granula ukuran besar lebih berdampak pada perubahan struktur granula menjadi seperti terkeruk sebagian dalam dan terlipat. Tampak beberapa serpihan granula masih menempel pada granula yang lebih besar. Pada suhu ini pati berukuran 2,64-22,21 µm. Lalu pada

granula pati yang diberikan perlakuan suhu 100 °C (Gambar 1e) terjadi perusakan lebih lanjut pada granula berukuran besar dengan dampak pada perubahan struktur granula menjadi lebih terkeruk sebagian dalam dan lebih terlipat dengan ukuran pati 1,82-21,93 µm.

Hasil diatas sesuai dengan hasil penelitian Juna dkk. (2014) dimana perbedaan suhu pada modifikasi pati jagung ketan dengan metode presipitasi akan mempengaruhi bentuk dan ukuran partikel pati yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena adanya proses pemanasan diatas suhu gelatinisasi. Saat proses gelatinisasi terjadi pemutusan ikatan hidrogen oleh molekul air yang masuk ke dalam granula pati, kemudian granula pati mengalami pengembangan (*swelling*) dengan meningkatnya suhu pemanasan. Pengembangan ini dampak dari proses difusi air ke dalam granula yang diikuti dengan masuknya air ke daerah amorf. Pada saat suhu gelatinisasi telah tercapai, panas merusak ikatan antar molekul granula pati yang mengakibatkan molekul amilosa lepas dari granula pati dan keluar. Keluarnya amilosa dari granula pati mengakibatkan rusaknya struktur daerah amorf yang merubah baik bentuk dan ukuran granula pati seperti yang disampaikan (Jacobs dan Delcour, 1998). Selama proses presipitasi berlangsung, air yang sebelumnya terikat pada partikel pati akan ditarik keluar granula oleh etanol peristiwa ini disebut dengan retrogradasi serta terjadi pembentukan endapan dengan pengadukan secara cepat akan menyebabkan pati membentuk partikel yang lebih kecil (Sauyana, 2014).

### Spektra FTIR Pati

Seperti yang terlihat pada Gambar 2, perbedaan spektra FTIR pati modifikasi dan pati alami terletak

pada intensitas penyerapan pada bilangan gelombang 3600 – 3400  $\text{cm}^{-1}$  (OH-*stretching*). Pemanasan suhu 70 °C menghasilkan pati modifikasi dengan intensitas (% transmisi) paling rendah. Semakin tinggi suhu gelatinisasi yang digunakan dalam proses modifikasi menghasilkan pati dengan intensitas serapan yang semakin tinggi mendekati intensitas serapan pati alaminya. Sebagaimana diketahui bahwa serapan gugus hidroksil bebas (yang tidak berikatan hidrogen) sangat kuat terjadi pada 3700 -3584  $\text{cm}^{-1}$ , namun dalam penelitian ini serapan OH-*stretching* terjadi pada bilangan gelombang yang lebih rendah (3400  $\text{cm}^{-1}$ ). Hal ini menunjukkan adanya ikatan inter molekuler dan intra molekuler yang terjadi pada molekul pati.

FTIR spektra pati modifikasi memperlihatkan penampakan serapan C-H sp<sup>3</sup> (3000–2800  $\text{cm}^{-1}$ ). Serapan O-H *bending* pada bilangan gelombang 1635  $\text{cm}^{-1}$  yang diamati pada pati alami, tidak mengalami perubahan pada pati modifikasinya.

### Ketebalan Edible Film

Ketebalan film merupakan karakteristik yang penting dalam menentukan kualitas *edible film* yang dihasilkan sebagai kemasan suatu produk pangan. Sebab ketebalan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik *edible film*, seperti permeabilitas uap air, kuat tarik, pemanjangan dan daya larut (Rusli dkk., 2017). Pengujian ketebalan *edible film* menggunakan mikrometer sekrup manual dengan nilai ketebalan diambil dari rata-rata di 5 titik *film* yang berbeda.

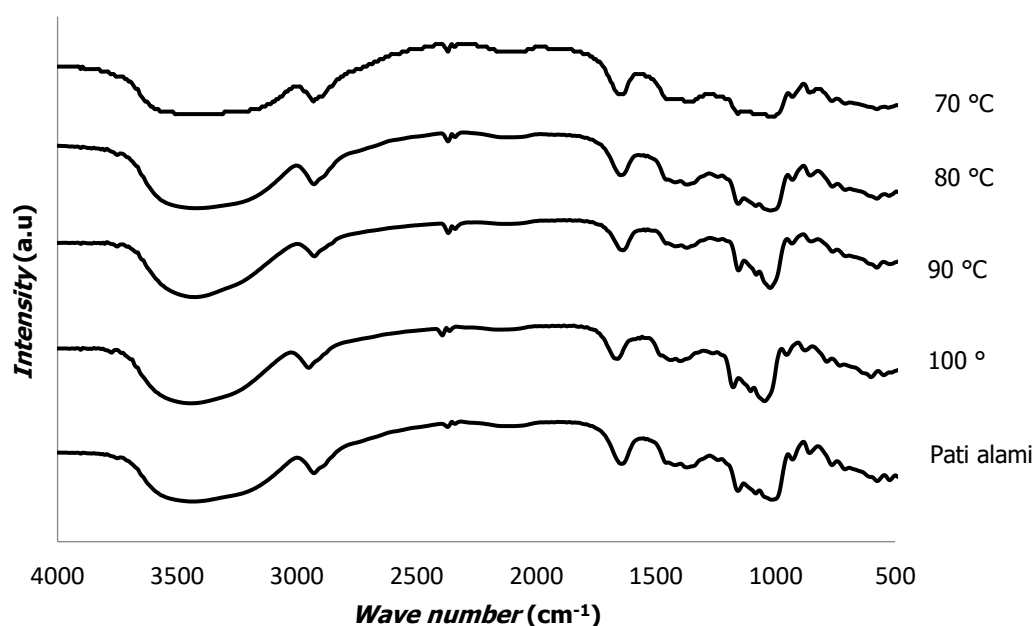
Nilai ketebalan *edible film* yang dihasilkan dapat dilihat pada (Tabel 2) yang menunjukkan ketebalan *edible film* berbahan dasar pati alami memiliki nilai rata-

rata 0,102 mm. Hal ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan Andriyani (2018) yang membuat *edible film* berbahan dasar pati ubi kelapa dan diperoleh nilai ketebalan *edible film* berkisar 0,14-0,16 mm.

Nilai ketebalan *edible film* pati alami yang ditambah pati modifikasi yakni 0,117 mm. Peningkatan nilai ketebalan ini bila dibandingkan dengan *edible film* pati alami saja terjadi karena adanya penambahan pati modifikasi sebanyak 15% dari berat pati alami yang digunakan. Hal ini akan meningkatkan polimer penyusun matriks *edible film* dan total padatan *edible film*. Menurut Togas dkk. (2018) ketebalan *edible film* cenderung mengalami peningkatan dengan meningkatnya konsentrasi komposit karaginan dan lilin lebah yang digunakan dalam pembuatan *edible film*. Park dkk. (1996) dalam Jacob dkk. (2014) juga mengatakan ketebalan *edible film* dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan.

### Kelarutan Edible Film

Kelarutan pada *edible film* merupakan faktor yang menentukan daya urai *film* saat digunakan sebagai pengemas pangan. Kelarutan *edible film* memiliki tujuan dan maksud tertentu tergantung jenis produk yang dikemas. Kelarutan *edible film* dipengaruhi oleh komponen hidrofilik dan hidrofobik (Ulfah dkk., 2018). Berdasarkan hasil uji kelarutan (Tabel 2) diketahui bahwa nilai rata-rata kelarutan *edible film* dengan tambahan pati modifikasi adalah 17,36%, lebih rendah dari *edible film* pati alami yang memiliki nilai kelarutan sebesar 32,56%. Daya larut *edible film* mengalami penurunan karena pati modifikasi memiliki sifat lebih



Gambar 2. Grafik FTIR pati ubi kelapa kuning alami dan yang dimodifikasi pada berbagai suhu

Tabel 2. Nilai rata-rata ketebalan, kelarutan, transparansi kuat tekan, dan wvtr *edible film*

No	Parameter	Pati alami	Pati komposit
1	Ketebalan (mm)	0,102 ± 0,003	0,117 ± 0,027
2	Kelarutan (%)	32,56 ± 1,76	17,36 ± 1,56
3	Transparansi (%/mm)	21,5 ± 1,7	10,9 ± 2,3
4	Kuat Tekan (gF)	632,5 ± 2,5	802,5 ± 2,2
5	WVTR (g/mm.m <sup>2</sup> .jam)	414,0 ± 84,5	161,9 ± 39,1

hidrofobik yang menyebabkan *edible film* lebih tidak mudah larut. Sifat hidrofobik ini disebabkan oleh rusaknya daerah amorf granula pati yang menyisakan struktur kristalin yang hidrofobik. Pati modifikasi ini berfungsi sebagai pengisi matriks *edible film* yang akan menurunkan kemampuan *film* untuk larut. Hal ini sejalan dengan penelitian Orsuwan dkk. (2017) penambahan pati pisang berukuran kecil membuat kelarutan *edible film* pati pisang alami menurun yakni 38,9% menjadi 33,6%.

Selain itu, ketebalan *film* juga mempengaruhi kelarutan suatu *film* (Indrianti dkk. 2018). Peningkatan konsentrasi pati memberikan struktur yang lebih tebal pada matriks *film*, hal ini akan mencegah air masuk ke matriks *film* sehingga *film* tidak mudah larut dalam air. Dalam penelitian ini *edible film* dari pati alami memiliki ketebalan lebih rendah dari ketebalan *edible film* pati komposit sehingga kelarutan *edible film* pati komposit mengalami penurunan.

### Transparansi Edible Film

Transparansi menggambarkan tingkat kejernihan dari *film* yang dihasilkan. Hasil analisis transparansi *edible film* dapat dilihat pada Tabel 2 diperoleh nilai rata-rata transparansi *edible film* berbahan dasar pati alami 21,5%/mm. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai transparansi *edible film* pati ubi kelapa putih dan ungu sebesar 12,51 dan 12,06%/mm (Ulyarti dkk., 2019).

Berdasarkan Tabel 2, nilai transparansi *edible film* mengalami penurunan dengan ditambahkan pati modifikasi pada bahan penyusun *edible film*. Nilai transparansi cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi bahan aktif yang ditambahkan dan berbanding lurus dengan meningkatnya ketebalan *edible film* akan menurunkan derajat transparansi (kejernihan) *edible film* (Warkoyo dkk., 2014).

### Kuat Tekan Edible Film

Kuat tekan menggambarkan gaya tekanan maksimum yang dapat ditahan oleh *edible film*. Seperti

yang terlihat pada Tabel 2 nilai kuat tekan *edible film* dengan penambahan pati modifikasi mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan *edible film* pati alami yaitu dari 632,5 gF meningkat menjadi 802,5 gF. Pati modifikasi memiliki luas permukaan sangat besar karena memiliki ukuran partikel yang lebih kecil. Pati modifikasi ini memiliki peran penting dalam membentuk sifat mekanik *edible film* pati komposit dan interaksi antara *filler* dan matriks pati. Hal ini disebabkan karena pati modifikasi dan *edible film* memiliki struktur kimia yang sama dan interaksi antarpermukaan yang baik (*filler-filler* dan *filler-matrix*) memungkinkan terjadinya ikatan hidrogen. Pati modifikasi ini memiliki efek penguatan yang kuat pada matriks pati (Liu dkk., 2016).

### Laju Transmisi Uap Air (WVTR = Water Vapor Transmission Rate) Edible Film

Laju transmisi uap air (wvtr = *water vapor transmission rate*) merupakan uji yang menggambarkan banyaknya uap air yang melewati permukaan suatu *film* dalam satuan luas dan waktu. Hal utama yang mempengaruhi terjadinya laju transmisi uap air ini adalah ketebalan dan morfologi permukaan *film*. Semakin tinggi uap air yang melewati permukaan *film*, diasumsikan bahwa *film* memiliki pori yang besar dan ketebalan yang relatif kecil (Abdurrahman, 2018).

Seperti yang nampak pada Tabel 2, WVTR *edible film* dengan penambahan pati modifikasi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan *edible film* pati alami. Nilai rata-rata laju transmisi uap air *edible film* pati alami sebesar 414,0 g/mm.m<sup>2</sup>.jam dan *edible film* dengan penambahan pati modifikasi sebesar 161,9 g/mm.m<sup>2</sup>.jam. Penurunan WVTR ini karena adanya penambahan pati modifikasi dengan ukuran kecil yang mengisi matriks *edible film* dan menjadikan film rapat dan kompak sehingga menghalangi uap air melewati film.

Orsuwan dan Sothornvit (2017) melaporkan pada pembuatan *edible film* berbahan dasar pati pisang dengan penambahan pati pisang modifikasi menurunkan permeabilitas uap air, hal ini terjadi karena pati pisang modifikasi memiliki partikel berukuran lebih kecil yang mengisi matriks *edible film* dan meningkatkan



kekompakan. Selain itu, interaksi antara gugus hidroksil dari polimer *edible film* dan partikel pati pisang modifikasi melalui ikatan hidrogen diduga menghasilkan matriks polimer yang lebih padat dan akhirnya mengurangi permeabilitas uap air. Semakin rendah nilai laju transmisi uap air maka *edible film* tersebut akan semakin baik, sehingga kemampuan dalam menghambat laju uap air semakin baik yang pada akhirnya dapat memperpanjang umur simpan produk yang dikemas.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa suhu pemanasan 100 °C pada modifikasi pati ubi kelapa kuning menggunakan metode presipitasi menghasilkan pati modifikasi dengan ukuran partikel paling kecil dengan ukuran 1,82 hingga 21,93 µm dan rendemen sebanyak 91%. Penambahan pati modifikasi dalam pembuatan *edible film* dari pati ubi kelapa kuning berhasil memperbaiki karakteristik *edible film* berupa penurunan laju transmisi uap air dari 414,0 menjadi 161,9 g/mm.m<sup>2</sup>.jam dan peningkatan kuat tekan dari 632,5 menjadi 802,5 gF.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jambi dan Ketua LPPM Universitas Jambi yang telah memberi dukungan dana penelitian melalui skema PNBPN. Terima kasih kepada Laboratorium SEM ITB yang telah melakukan pengambilan image SEM dalam tulisan ini.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Dengan ini penulis menyatakan dengan sebenarnya bahwa tidak ada *conflict of interest* di dalam penulisan artikel ini. Semua data dan pembahasan didalam artikel ini merupakan pemaparan hasil penelitian yang sudah dilakukan dengan kaidah-kaidah ilmiah.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, B. (2018). *Optimasi Sintesis Edible Film dari Protein Sorgum Manis dengan Metode Response Surface Methodology*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Peratnian Bogor. Bogor.

Andriyani, Y. (2018). *Pengaruh Konsentrasi Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Pati Uwi (Dioscorea alata)*. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jambi.

Antoniou, J., Liu, F., Majeed, H., & Zhong, F. (2015). Characterization of tara gum edible films incorporated with bulk chitosan and chitosan nanoparticles: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 44, 309-319. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.09.023>

Carrillo-Navas, H., Avila-de la Rosa, Gomez-luria, D., Meraz, M., Alvarez-Ramirez, J., & Vernon-Carter, E. J. (2014). Impact of ghosts on the viscoelastic response of gelatinized corn starch dispersions subjected to small strain deformations. *Carbohydrate Polymers*, 110, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.03.088>

Farrag, Y., Malmir, S., Montero, B., Rico, M., Rodriguez-Llamazares, S., Barral, L., & Bouza, R. (2018). Starch edible films loaded with donut-shaped starch microparticles. *LWT – Food Science and Technology*, 98, 62-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.020>

Gonzalez, K., Retegi, A., Gonzalez, A., Eceiza, A., & Gabilondo, N. (2014). Starch and cellulose nanocrystals together into thermoplastic starch bionanocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 117, 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.09.055>

Hapsari, R. T. (2014). Prospek uwi sebagai pangan fungsional dan bahan diversifikasi pangan. *Jurnal Buletin Palawija*, 27, 26-38. <http://dx.doi.org/10.21082/bulpa.v0n27.2014.p26-38>

Indrianti, N., Pranoto, Y., & Abbas, A. (2018). Preparation and characterization of edible films made from modified sweet potato starch through heat moisture treatment. *Indonesia Journal Chemistry*, 18(4), 679-687. <http://dx.doi.org/10.22146/ijc.26740>

Jacobs, H. & Delcour, J. A. (1998). Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *Journals of Agriculture and Food Chemistry*, 46(8), 2895-2905. <https://doi.org/10.1021/jf980169k>

Jacob, A. M., Nugraha, R., & Utari, S. P. S. D. (2014). Pembuatan Edible film dari pati buah lindur dengan penambahan gliserol dan karaginan. *JPHPI*, 17 (1), 14-21. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v17i1.8132>

Jayakody, L., Hoover, R., Liu, Q., & Donner, E. (2007). Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* sp.) starches grown in Sri Lanka. *Carbohydrate Polymers*, 69, 148-163. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.09.024>

Juna, S., Hayden, S., Damm, M., Kappe, C., O., & Huber, A. (2014). Microwave mediated preparation of nanoparticles from wx corn starch employing nanoprecipitation. *Starch*, 66, 316-325. <http://dx.doi.org/10.1002/star.201300067>

- Kaewpool, P. (2010). *Preparation and Application of Nanocrystal for Reinforcing in Rice Starch Film*. Thesis. Packaging Technology. Prince of Songkla University.
- Le Corre, D., Bras., J., & Dufresne, A. (2010). Starch nanoparticles: a review. *Biomacromolecules*, 11, 1139-1153. <https://doi.org/10.1021/bm901428y>
- Liu, C., Jiang, S., Zhang, S., Xi, T., Sun, Q., & Xiong, L. (2016). Characterization of edible corn starch nanocomposite films: the effect of self-assembled starch nanoparticles. *Starch*, 68, 239-248. <https://doi.org/10.1002/star.201500252>
- Manrich, A., Moreira F. K. V. Otoni, C. G., Lorevice, M. V., Martins, M. A., & Mattoso, L. H. C. (2017). Hydrophobic edible films made up of tomato cutin and pectin. *Carbohydrate Polymers*, 164, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.075>
- Nadia, L. & Hartati, A. (2011). *Potensi Umbi Uwi Ungu sebagai Bahan Pangan dan Khasiatnya sebagai Bahan Fungsional*. Universitas Terbuka. Jakarta.
- Nadia, L., Wirakartakusumah, M. A., Andarwulan, N., Purnomo, E. H., Koaze, H., & Noda, T. (2014). Characterization of physicochemical and functional properties of starch from five yam (*Dioscorea alata*) cultivars in Indonesia. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(6), 489-496. <http://dx.doi.org/10.7763/IJCEA.2014.V5.434>
- Njie, D. N., Rumsey, T. R., & Singh, R. P. (1998). Thermal properties of cassava, yam and plantain. *Journal of Food Engineering*, 37, 63-76. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00068-5)
- Orsuwan, A. & Sothornvit, R. (2017). Development and characterization of banana flour film incorporated with montmorillonite and banana starch nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 174, 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.06.085>
- Pineroy-Hernandez, D., Medina-Jaramillo, C., Lopez-Cordoba, A., & Goyanes, S. (2017). Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 63, 488-495. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.034>
- Qin, Y., Liu, C., Jiang, S., Xiong, L., & Sun, Q. (2016). Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: influence of amylose content and starch type. *Industrial Crops and Product*, 87, 182-190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.038>
- Rusli, A., Metusalach, Selengke, & Tahir, M. M. (2017). Karakterisasi edible film karagenan dengan pemlastis gliserol. *JPHPI*, 20(2), 219-229.
- Santoso, B., Amilita, D., Priyanto, G., Hermanto, Sugito. (2018). Pengembangan edible film komposit berbasis pati jagung dengan penambahan minyak sawit dan tween 20. *agriTECH*, 38 (2), 119-124. <https://doi.org/10.22146/agritech.30275>
- Sari, R. P. (2018). *Pengaruh Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik Edible Film dari pati Uwi (Dioscorea alata)*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jambi. Jambi.
- Sauyana, Y. (2014). *Produksi Pati Asetat dengan Menggunakan Pati Sagu Nanokristalin*. Skripsi. Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian. Bogor.
- Tako, M., Tamaki, Y., Teruya, T., & Takeda, Y. (2014). The principles of starch gelatinization and retrogradation. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 280-291. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2014.53035>
- Togas, C. Berhimpon, S., Montolalu, R. I., Dien, H. A., & Mentang, F. (2018). Karakteristik fisik edible film komposit karagenan dan lilin lebah menggunakan proses nanoemulsi. *JPHPI*, 20 (3), 468-477.
- Ulyarti, Maryana, E., Rahmayani, I., Nazarudin, N., Susilawati, & Doyan, A. (2019). The characteristic of yam (*Dioscorea alata*) starch edible film. *JPPIPA*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.174>
- Ulyarti, U., Lisani, L., Surhaini, S., Lumbanraja, P., Satrio, B. & Nazarudin, N. (2021). The application of gelatinisation techniques in modification of cassava and yam starches using precipitation method. *J Food Sci Technol*. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-051340>
- Ulyarti (2013). Pengaruh amilosa dan amilopektin terhadap sifat pasta pati jagung. *Jurnal Sainmatika*, 7 (1): 1-6.
- Wanasundera, J. P. D., & Ravindran, G. (1994). Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plants Foods for Human Nutrition*, 46, 33-39. <https://doi.org/10.1007/BF01088459>
- 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. <https://doi.org/10.22146/agritech.9525>
- Winarno, F. G. (1992). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka. Jakarta. 385-392.
- Winarti, C., Sunarti, T. C., & Richana, N. (2011). Produksi dan aplikasi pati nanopartikel. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 7(2), 104-114.
- Xie, F., Pollet, E. J. Halley, P., & Averous, L. (2013). Starch-based nano-biocomposite. *Progress in Polymer Science*, 38, 1590-1628. <http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.002>
- Yuniarifin, H., Bintoro, V. P., & Suwarastuti, A. (2006). Pengaruh berbagai konsentrasi asam fosfat pada proses perendaman tulang sapi terhadap rendemen, kadar abu dan viskositas gelatin. *J. Indo.Trop. Anim. Agric.*, 31 (1), 55-61.