

Formulasi *Edible Coating* Berbasis Limbah Pertanian untuk Menjaga Kualitas Nanas

Inggit Kresna Maharsih^{1,2*}, Memik Dian Pusfitasari¹, Lusi Ernawati¹, Citra Ayu Saraswati Putri¹, Muhammad Taufiq Hidayat¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

²Program Studi Teknologi Bioproses, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*e-mail: ikmaharsih@lecturer.itk.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 24 Juni 2022

Diterima: 25 Agustus 2022

Diterbitkan: 31 Agustus 2022

Keyword:

acetic acid; cassava peels;
chitosan; citric acid; pineapple

Kata Kunci:

asam asetat; asam sitrat; nanas;
kitosan; kulit singkong

Abstract

Pineapple (*Ananas comosus*) is one of the leading fruit commodities in Indonesia. However, pineapple is very sensitive and easily deteriorate. An alternative to prevent the phenomenon is by using an edible coating on minimally processed pineapple. In this study, edible coating is made from cassava peels starch, chitosan, and glycerol. Chitosan cannot dissolve directly into water, hence it must be dissolved in variations of acids, namely citric acid and acetic acid. In addition, citric acid and acetic acid are antioxidant agents. The purpose of this study is to obtain the best edible coating composition to protect minimally processed pineapple from decaying. Edible coating is made by varying the three concentrations of cassava peels starch as well as glycerol, and two types of acids for dissolving chitosan. Pineapple with the highest quality was shown by applying variable M coating that contained 5% w/v of starch, 0.6 mL/gr of glycerol, 1% w/v of chitosan with addition of 2% w/v of citric acid. Browning occurred on day 14 when the pineapple coated with Variable M stored at 12.4°C with the percentage of vitamin C loss was 1.11%. These results were also in accordance with the sensory test data, that pineapples with variable M coating obtained the highest average preference value for the parameters of aroma, texture, color, taste, and total acceptance.

Abstrak

Nanas (*Ananas comosus*) adalah salah satu komoditas buah unggulan di Indonesia. Namun, buah nanas termasuk sangat sensitif dan mudah mengalami penurunan kualitas. Salah satu cara untuk mencegah atau memperlambat fenomena tersebut adalah dengan melapisi nanas terolah minimal menggunakan edible coating. Pada penelitian ini, edible coating dibuat dari pati kulit singkong, kitosan, dan gliserol. Kitosan tidak dapat larut dalam air, sehingga harus menggunakan asam asetat dan asam sitrat untuk melarutkannya. Selain sebagai pelarut, asam asetat dan asam sitrat juga berperan sebagai antioksidan. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh komposisi edible coating terbaik untuk melindungi nanas terolah minimal dari pembusukan. Pembuatan edible coating dilakukan dengan memvariasikan tiga konsentrasi pati beserta gliserol, serta dua jenis asam untuk melarutkan kitosan. Buah nanas potong menunjukkan kualitas terbaik pada pelapisan dengan variabel M yang terdiri dari pati 5% b/v, gliserol 0.6 mL/gr, kitosan 1% b/v dengan pelarut asam sitrat 2% b/v. Browning muncul pada hari ke-14 pada nanas terlapisi edible coating variabel M yang disimpan pada suhu 12.4°C dengan persen penurunan kadar vitamin C adalah 1.11%. Hasil ini juga sesuai dengan data uji sensori, dimana nanas dengan pelapis variabel M memperoleh nilai rata-rata kesukaan tertinggi untuk parameter aroma, tekstur, warna, rasa, dan total penerimaan

1. Latar Belakang

Buah nanas (*Ananas comosus*) merupakan salah satu produk buah terbesar di Indonesia. Menurut data BPS (2021), produksi buah nanas di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahun dari tahun 2016 hingga 2019. Kenaikan produksi buah nanas pada rentang tahun 2016-2019 mencapai 57%. Sebagai salah satu jenis buah tropis, nanas sering dikonsumsi dalam keadaan segar dengan pengolahan minimal. Namun, masa simpan buah segar potong hanya sekitar 7 – 8 hari (Garcia dan Barrett 2005).

Beberapa teknik telah dikembangkan untuk memperpanjang umur simpan makanan tanpa merusak kandungan gizinya, salah satunya adalah teknik *hurdle*. Teknik ini merupakan kombinasi dari teknik-teknik yang sudah ada maupun yang baru dikembangkan, dengan tujuan untuk menanggulangi mikroorganisme patogen pada makanan (Leistner dan Gorris 1995). Menurut Alakomi *et al.* (2002), metode ini dirumuskan sebagai respon dari permintaan konsumen terhadap makanan sehat dengan kandungan nutrisi yang masih lengkap, serta makanan yang *ready-to-eat* dan mengandung sedikit bahan pengawet kimia. Pada aplikasinya, teknik ini sering digunakan sebagai proses pengawetan pada sayuran dan buah segar, contohnya adalah melapisi buah atau sayur segar dengan *edible coating*. Proses pengupasan dan pemotongan mengakibatkan berkurangnya umur simpan pada buah dan sayur. Oleh sebab itu, beberapa penelitian telah dilakukan untuk memperoleh formulasi *edible coating* yang sesuai dengan jenis buah dan sayur agar mampu memperpanjang umur simpan bahan makanan tersebut.

Penelitian tentang aplikasi *edible coating* pada buah, khususnya buah nanas, telah dilakukan oleh Sangsuwan *et al.* (2008), Azarakhsh *et al.* (2012 dan 2014), Mantilla *et al.* (2013), dan Prakash *et al.* (2020). Secara umum, kandungan utama dari *edible coating* adalah protein, polisakarida, atau lipida (Tapia *et al.* 2008). Berdasarkan penjabaran tersebut, maka pada penelitian ini, buah nanas yang telah dikupas dan dipotong akan dilapisi dengan *edible coating* berbasis pati dan kitosan.

Sementara itu, pati yang digunakan untuk *edible coating* berasal dari kulit singkong, karena limbah pertanian ini mengandung pati sebesar 44-59% (basis kering) (Richana, 2013). Variasi komposisi pati dikaji untuk memperpanjang masa simpan nanas, karena masa simpan nanas potong pada suhu 4°C hanya 6 hari (Antoniolli *et al.* 2012). Adanya penambahan kitosan diharapkan mampu memperpanjang umur simpan buah nanas potong, karena kitosan memiliki sifat antimikroba (Trevino-Garza *et al.* 2017). Kitosan merupakan biopolimer yang akan berikatan dengan gugus hidroksil pati. Namun, kitosan harus dilarutkan terlebih dahulu di dalam asam organik atau anorganik, seperti asam asetat, asam sitrat, asam klorida, asam fosfat, dan asam formiat (Nascimento *et al.* 2020). Ion hidrogen dari asam ini akan berikatan dengan gugus amino dari kitosan, sehingga dapat membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa hidroksil pada molekul pati (Ashori dan Bahrami 2014). Selain pati, agen *plasticizer* juga ditambahkan ke dalam larutan *edible coating*. Gliserol adalah salah satu jenis *plasticizer* yang memiliki kompatibilitas dengan amilosa yang terdapat pada pati (Vieira *et al.* 2011), sehingga dapat menurunkan gaya intermolekuler antara molekul-molekul pada pati. Akibatnya, *edible coating* berbasis pati lebih fleksibel dan sesuai sebagai aplikasi pengemasan makanan (Nordin *et al.* 2020).

Pada studi ini, terdapat dua jenis penambahan asam, yaitu asam asetat dan asam sitrat, ke dalam larutan *edible coating*. Penambahan kelompok asam karboksilat ke dalam larutan *edible coating* juga

diperlukan sebagai agen antimikroba (Mantilla *et al.* 2013) dan *antibrowning* pada buah (Ibrahim *et al.* 2004), karena kedua asam ini tergolong antioksidan. Pada penelitian terdahulu, kedua jenis asam tersebut telah ditambahkan ke dalam berbagai jenis *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan buah maupun sayur segar potong. Asam asetat atau asam sitrat ditambahkan ke dalam larutan *edible coating* berbahan dasar alginat dan kitosan untuk melapisi buah kiwi potong (Benitez *et al.* 2015). Di samping itu, gabungan antara *edible coating* berbasis polisakarida dengan asam asetat digunakan untuk melapisi buah pepaya segar potong (Brasil *et al.* 2012). Umur simpan buah *Andean blackberry* dikaji dengan adanya pelapisan *edible coating* berbasis pati singkong dengan penambahan asam asetat (Rodriguez *et al.* 2020). Sebagai tambahan, Nascimento *et al.* (2020) mengkaji kualitas buah jambu yang dilapisi oleh *edible coating* berbasis kitosan dengan penambahan asam sitrat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pelapisan *edible coating* dengan berbagai formulasi pada kualitas buah nanas terolah minimal. Secara sederhana, penelitian ini dilakukan dengan melapisi buah nanas terolah minimal menggunakan larutan *edible coating* dengan penambahan berbagai jenis asam lemah. Kualitas nanas potong diobservasi melalui uji kandungan vitamin C selama 14 hari. Hasil dari uji karakteristik ini diperkuat dengan adanya uji sensori untuk memastikan bahwa buah nanas masih layak dikonsumsi. Di samping itu, dilakukan uji karakteristik film *edible coating* melalui analisis gugus fungsi dan uji kelarutan.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Untuk membuat pati, dibutuhkan bagian kulit ari pada singkong. Selain itu, terdapat gliserol (*food grade*), kitosan (*food grade*, derajat deasetilasi sebesar 87.5%), asam asetat (*food grade*), asam sitrat (*food grade*), dan akuades. Sementara itu, buah nanas yang akan dilapisi dengan *edible coating* dikupas, dipotong kotak dengan ukuran 3 cm x 3 cm, kemudian dicuci.

2.2 Pembuatan Larutan *Edible Coating*

Kulit ari singkong dicuci, lalu dikeringkan dengan sinar matahari selama 1 j. Sebanyak 100 g kulit ari ditambah air dengan rasio 1 : 1 terhadap berat kulit singkong. Setelah itu, campuran tersebut dilumatkan, disaring, dan didiamkan selama 30 menit hingga terbentuk endapan yang kemudian disaring. Endapan yang tertahan di penyaring selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 50°C selama 1 jam. Pati berbentuk serbuk lalu dilarutkan dengan akuades pada suhu 70°C selama 45 menit. Komposisi pati dalam larutan adalah 3% b/v, 5% b/v, dan 7% b/v (Siregar dan Irma 2012).

Di samping itu, masing-masing 1 g kitosan dilarutkan ke dalam dua jenis asam yang berbeda. Konsentrasi dan volume asam asetat dan asam sitrat yang digunakan adalah 2% b/v dan 50 mL. Proses pelarutan kitosan ini membutuhkan pengadukan yang dilakukan pada suhu 40°C selama 45 menit. Kemudian, larutan kitosan dicampur dengan larutan pati pada proses pengadukan yang berlangsung pada suhu 70°C selama 30 menit (Bonilla *et al.* 2013). Terdapat penambahan gliserol pada campuran larutan pati dan kitosan sesuai kadar pati yang ditambahkan, yaitu 0.6 mL/g, 0.8 mL/g, dan 1 mL/g, yang bertujuan untuk memperoleh komposisi *edible coating* optimal untuk mempertahankan sifat fisik

dan kimia nanas terolah minimal. Semua variabel ditambah dengan akuades hingga mencapai volume 100 mL. Proses homogenisasi dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 20 menit, kemudian dilanjutkan dengan *ultrasonic bath* pada suhu ruang. Untuk analisis gugus fungsi dan kelarutan, metode *casting* digunakan, yaitu mencetak larutan *edible coating* di atas cawan petri. Film ini dikeringkan di dalam oven pada suhu 50°C selama 8 jam (Huda 2007).

2.3 Pelapisan Nanas Terolah Minimal dengan *Edible Coating*

Nanas berbentuk kotak dengan ukuran 3 x 3 cm dilapisi dengan larutan *edible coating* menggunakan metode *dip coating*. Nanas potong dicelupkan ke dalam larutan selama 2 menit, kemudian dikeringkan pada suhu ruang (Trevino-Garza *et al.* 2017). Setelah kering, nanas disimpan di lemari pendingin dengan suhu 12.4°C (Kader dan Barret 2005) dan diamati perubahan fisik maupun kimia setiap hari. Proses pembuatan larutan *edible coating*, pelapisan serta penyimpanan nanas dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

Terdapat 18 variabel, terdiri dari kombinasi konsentrasi pati, gliserol, dan penambahan asam asetat (variabel A-I), serta variasi konsentrasi pati, gliserol, dan penambahan asam sitrat (variabel J-R). Pengamatan dilakukan secara visual langsung, terutama untuk perubahan warna nanas. Sementara itu, buah nanas ditusuk dengan tusuk gigi untuk mengecek tekstur buah.

2.4 Analisis Gugus Fungsi *Edible Coating*

Serbuk pati dan film *coating* dengan hasil terbaik diuji gugus fungsinya di Universitas Negeri Semarang. Uji ini dilakukan untuk mengetahui gugus ujung suatu senyawa, agar diperoleh informasi ikatan yang terjadi antar senyawa-senyawa penyusun *edible coating*.

2.5 Uji Kelarutan *Edible Coating*

Analisis kelarutan dilakukan menggunakan prosedur dari Gontard (1992). Persentase kelarutan film adalah persentase bagian film yang terlarut dalam air setelah perendaman selama 24 jam (Gontard 1992), sesuai dengan persamaan (1). Film dipotong dengan ukuran 3 cm x 3 cm, lalu dikeringkan ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 30 menit. Berat sampel kering ditimbang sebagai berat kering awal, kemudian sampel direndam dengan akuades sebanyak 30 mL selama 24 jam. Setelah 24 jam, sampel yang tidak terlarut dalam air diangkat dan dikeringkan dalam oven selama 2 jam dengan suhu 100°C. Kemudian berat sampel kering ditimbang sebagai berat sampel setelah perendaman.

$$\% \text{ Kelarutan} = \frac{\text{Berat Awal Sampel} - \text{Berat Akhir Sampel}}{\text{Berat Awal Sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

2.6 Uji Kadar Vitamin C pada Nanas

Penentuan kadar vitamin C menggunakan metode spektrofotometri sangat sensitif dengan deviasi relatif sebesar 0.81%. Bentuk konsentrasi (*ppm*) melalui persamaan garis lurus dengan hasil persamaan garisnya dengan nilai R² sebesar 0,978, seperti persamaan (2) (Putri dan Setiawati 2015).

$$y = 0,062x + 0,020 \quad (2)$$

Untuk uji ini, nanas dihaluskan, disaring, dan diambil cairan filtratnya sebanyak 5 gram, kemudian dilarutkan dengan akuades bebas CO₂ hingga 100 mL. Filtrat diencerkan kembali dengan melarutkan 10 mL larutan awal ke dalam akuades bebas CO₂ hingga mencapai 100 mL. Sampel ini digunakan untuk mengukur kadar vitamin C menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Uji kadar vitamin C dilakukan setiap hari selama 14 hari penyimpanan. Pengujian nilai kelarutan dan kadar vitamin C dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan.

2.7 Uji Sensori Nanas yang Terlapisi *Edible Coating*

Uji sensori dilakukan untuk mengetahui pengaruh pelapisan pada nanas terhadap tingkat penerimaan panelis. Uji ini dilakukan dengan uji penilaian hedonik, berdasarkan metode Meilgaard *et al.* (1999). Panelis diminta untuk memberi penilaian berdasarkan kesukaannya. Parameter uji meliputi warna, aroma, tekstur, rasa dan total penerimaan. Uji ini dilakukan pada hari ketiga waktu penyimpanan nanas. Uji penilaian hedonik menggunakan skala 1-7, yang memiliki kriteria masing-masing berupa (1) sangat tidak suka, (2) tidak suka, (3) agak tidak suka, (4) netral, (5) agak suka, (6) suka, dan (7) sangat suka, terhadap parameter uji yang sudah ditentukan. Uji sensori melibatkan 30 orang panelis tidak terlatih yang berasal dari lingkungan perumahan daerah Sepinggian, Balikpapan.

2.8 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancang acak kelompok dengan tiga faktor, yaitu perbedaan komposisi pati, perbedaan komposisi gliserol, serta komposisi asam yang tetap namun menggunakan jenis asam yang berbeda. Total terdapat 18 sampel nanas yang diuji dan diamati berdasarkan parameter berupa warna, tekstur, aroma, dan masa simpan. Hasil dari penelitian ini akan dibahas dengan metode deskripsi. Menurut Winarno dan Laksmi (1974), buah nanas dikatakan layak makan jika pada masa simpan maksimum belum terjadi *browning*, tekstur masih keras, dan aroma asli nanas masih segar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pelapisan *Edible Coating* pada Nanas

Penelitian ini menghasilkan lapisan *edible coating* dengan ketebalan rata-rata 49.19 μm yang melekat pada permukaan nanas. Lapisan tipis ini dapat diamati menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 10 kali. Hasil pengamatan semua variabel dipaparkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pada Tabel 1, nanas terolah minimal dengan *coating* dapat bertahan lebih lama daripada nanas tanpa *coating*. Berdasarkan hasil penelitian ini, nanas tanpa *coating* yang disimpan di dalam lemari pendingin dengan suhu 12.4°C mengalami kerusakan pada hari ke-4. Ketika *edible coating* diaplikasikan ke permukaan nanas, dapat dihasilkan nanas terolah minimal yang dapat bertahan selama 12 hingga 13 hari. Pada Tabel 1, hasil terbaik kualitas nanas ditunjukkan pada pelapisan *edible coating* dengan komposisi 5% b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, dan kitosan. Terdapat perbedaan waktu ketahanan nanas ketika dilapisi dengan komposisi *edible coating* yang mengandung asam asetat dan asam sitrat. Penambahan asam asetat pada larutan *edible coating* dapat menjaga kualitas nanas hingga 12 hari (variabel D), sementara *edible coating* yang mengandung asam sitrat dapat bertahan hingga 13 hari

(variabel M).

Sementara itu, kandungan pati dan gliserol yang semakin tinggi, yaitu 7% b/v pati dan 1 ml/gr gliserol, menyebabkan nanas mengalami browning lebih cepat, tepatnya pada hari ke-10 (variabel I) dan hari ke-11 (variabel R). Adanya penambahan konsentrasi pati yang terlalu banyak mengakibatkan gugus hidroksil meningkat, sehingga kepolaran *edible coating* terhadap air juga meningkat, karena mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air (Shahbazi et al. 2017, Yusof et al. 2019). Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fakhouri et al. (2015) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi pati pada edible film dan coating, maka permeabilitas uap air juga semakin tinggi.

Tabel 1. Pengamatan Nanas Terolah Minimal yang Dilapisi Edible Coating dengan Variasi Komposisi Pati, Penambahan Kitosan dan Asam Asetat (Variabel A-I) serta Kitosan dan Asam Sitrat (Variabel J-R).

| Variabel | Komposisi | Parameter | | |
|----------|---|------------------------------------|---------------|--------------|
| | | Warna | Tekstur | Aroma |
| A | 3%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-10 | Keras | Segar |
| B | 3%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Keras | Segar |
| C | 3%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Keras | Segar |
| D | 5%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-13 | Keras | Segar |
| E | 5%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-12 | Keras | Segar |
| F | 5%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-12 | Keras | Segar |
| G | 7%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Sedikit Lunak | Sedikit Asam |
| H | 7%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Sedikit Lunak | Asam |
| I | 7%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat | <i>Browning</i> hari ke-10 | Lunak | Asam |
| J | 3%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> hari ke-12 | Keras | Segar |
| K | 3%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> hari ke-12 | Keras | Segar |
| L | 3%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> hari ke-12 | Keras | Segar |
| M | 5%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | Sedikit <i>Browning</i> hari ke-14 | Keras | Segar |

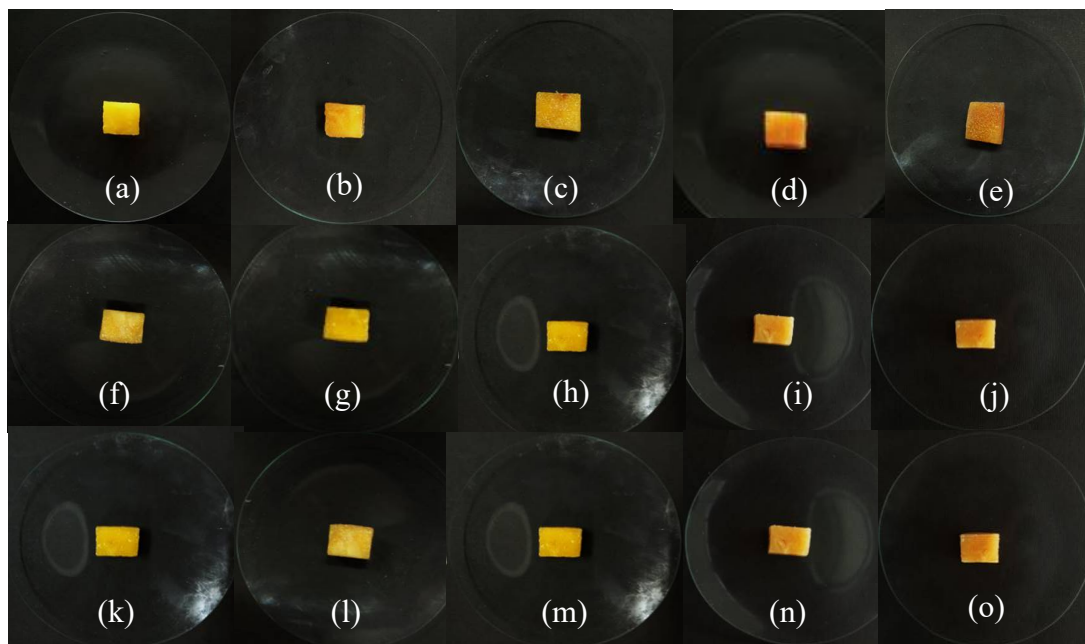
| Variabel | Komposisi | Parameter | | |
|----------|---|---|---------|-------|
| | | Warna | Tekstur | Aroma |
| N | 5%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> Sebagian hari ke-14 | Keras | Segar |
| O | 5%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> Sebagian hari ke-13 | Keras | Segar |
| P | 7%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Keras | Segar |
| Q | 7%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Keras | Segar |
| R | 7%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat | <i>Browning</i> hari ke-11 | Keras | Segar |

Selain itu, penambahan gliserol yang berlebihan juga mempengaruhi performa penyimpanan nanas, sesuai dengan pemaparan Donhowe dan Fennema (1994), dan Lee dan Wan dalam Hui (2006), yang menyatakan bahwa penambahan *plasticizer* yang berlebihan menyebabkan peningkatan pada permeabilitas *edible coating* terhadap uap air. Permeabilitas uap air yang tinggi tidak diharapkan dalam produk makanan, karena akan membuat makanan kehilangan kandungan uap air terlalu banyak selama proses penyimpanan (Park 1999).

Perbedaan warna selama 14 hari antara nanas tanpa *coating*, nanas dengan komposisi *coating* variabel D (penambahan asam asetat), serta nanas dengan komposisi *coating* variabel M (penambahan asam sitrat) ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat bahwa nanas tanpa *coating* sudah mengalami *browning* pada hari ke-4 (Gambar 1(b)), sedangkan nanas dengan perlakuan *coating* masih tetap segar hingga hari ke-11. Pada hari ke-14, nanas yang dilapisi *edible coating* dengan penambahan asam asetat dan asam sitrat mulai mengalami *browning* (Gambar 1(j) dan (o)).

Proses perubahan warna menjadi kecokelatan atau *browning* diakibatkan dari adanya enzim polifenoloksidase (PPO) dan peroksidase (POD) (Goncalves 2000). Enzim ini terdapat di buah-buahan dan sayur-sayuran, termasuk di dalam buah nanas (Antoniolli et al. 2012, Othman 2012). PPO merupakan enzim yang memiliki dua atom tembaga yang berikatan kuat dengan rantai polipeptida (Suttirak dan Manurakchinakorn 2010). Interaksi antara PPO dengan senyawa-senyawa fenol beserta oksigen menyebabkan terbentuknya senyawa kuinon dan turunannya. Kuinon dan turunannya akan mengalami polimerisasi menghasilkan melanin, atau pigmen penghasil warna cokelat (Queiroz et al. 2008). Sementara itu, enzim yang berperan dalam pembentukan senyawa fenol adalah enzim fenilalanin amonia liase (PAL) (Zhou et al. 2003). Adanya pelapisan nanas dengan *edible coating* merupakan metode fisik untuk mengurangi kontak langsung buah nanas dengan oksigen (Moon et al. 2020), sehingga proses *browning* dapat diperlambat. Selain itu, adanya penambahan asam asetat dan asam sitrat juga mampu mempengaruhi perlambatan proses *browning*. Pada dasarnya, efektivitas asam lemah dalam memperlambat *browning* dipengaruhi oleh jenis kultivar dan konsentrasi asam

yang ditambahkan (Suttirak dan Manurakchinakorn 2010). Gambar 1 menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara penambahan asam asetat dan asam sitrat pada *edible coating* terhadap perubahan warna cokelat pada nanas. Asam asetat dan asam sitrat memiliki mekanisme yang mirip dalam mencegah *browning*, yaitu dengan menurunkan nilai pH sistem di luar pH optimum enzim-enzim penyebab *browning*. Asam sitrat menurunkan nilai pH di bawah pH optimum aktifnya enzim PPO. Kinerja enzim PPO bergantung pada pH (Othman 2012), dan nilai pH optimumnya terletak pada rentang 5 hingga 7. Adanya kandungan asam sitrat pada *edible coating* menyebabkan pH nanas berada pada rentang 3.41 – 4.33. Selain itu, pada pH tersebut, asam sitrat akan berperan sebagai agen *chelating* yang mengikat ion tembaga pada bagian aktif PPO, sehingga dapat mengurangi laju *browning* (Ali et al. 2013). Sedikit berbeda dengan asam sitrat, asam asetat cenderung efektif sebagai inhibitor enzim PAL, dan tidak memiliki efek terhadap PPO (Moon et al. 2020; Mumtaz et al. 2020 dalam Nabavi et al. 2020). Meskipun asam asetat dan asam sitrat berasal dari klasifikasi yang sama, namun asam asetat tergolong dalam kelompok inhibitor lemah, sedangkan asam sitrat termasuk golongan inhibitor sedang (Son et al. 2001, Apintanapong et al. 2007). Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian, yaitu nanas terlapis *edible coating* yang mengandung asam asetat lebih cepat mengalami *browning* daripada dengan penambahan asam sitrat.



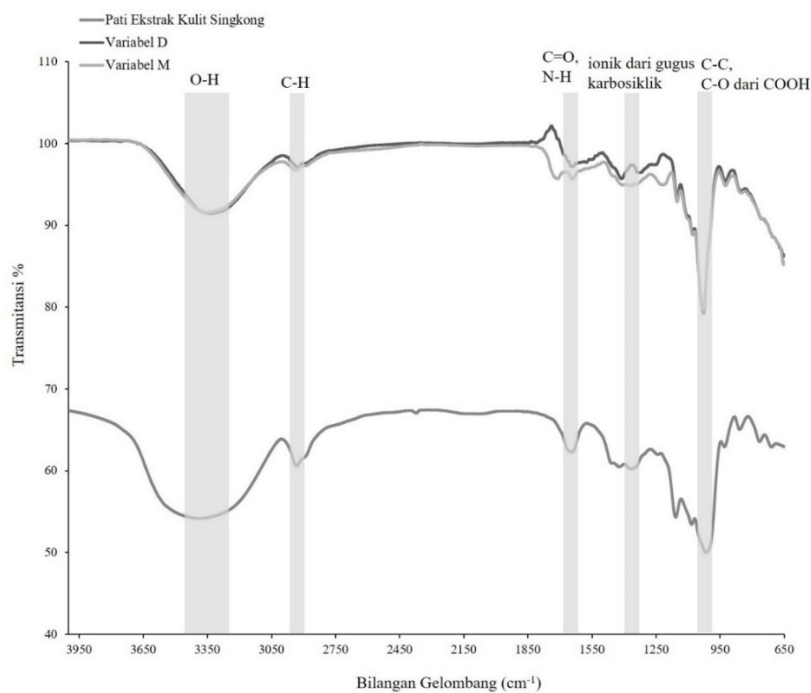
Gambar 1. Warna Nanas Terolah Minimal dengan Perlakuan tanpa *Coating* pada (a) hari ke-1, (b) hari ke-4, (c) hari ke-7, (d) hari ke-11, (e) hari ke-14; Nanas dengan Komposisi *Coating* Variabel D pada (f) hari ke-1, (g) hari ke-4, (h) hari ke-7, (i) hari ke-11, (j) hari ke-14; Nanas dengan Komposisi *Coating* Variabel M pada (k) hari ke-1, (l) hari ke-4, (m) hari ke-7, (n) hari ke-11, (o) hari ke-14.

3.2 Analisis Gugus Fungsi

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis FTIR tentang gugus fungsi yang ada di dalam pati kulit singkong, serta *edible film* dengan komposisi variabel D dan M. Pada pati kulit singkong, diketahui

bahwa terdapat empat gugus fungsi yang memiliki absorbansi kuat. Salah satunya adalah gugus O-H, baik itu gugus hidroksil bebas atau terikat dengan senyawa polimer seperti alkohol, fenol, dan asam karboksilat yang ada di dalam pektin, selulosa, maupun lignin. pada bilangan gelombang 3335.75 cm^{-1} , C-H alkana, N-H, dan C-C. Selain itu, gugus C-H simetris maupun asimetris dari asam alifatik juga terdapat di bilangan gelombang 2929.5 cm^{-1} , gugus C=O yang berikatan dengan gugus OH pada bilangan gelombang 1637.75 cm^{-1} , serta regangan gugus C-O pada bilangan gelombang 1028 cm^{-1} . Sebagai tambahan, terdapat titik puncak di bilangan gelombang 1353.5 yang kemungkinan menunjukkan vibrasi regangan dari gugus karbosiklik ionik dari pektin (Colthup *et al.* 1990, Othman dan Mohd-Asharuddin 2013, Othman *et al.* 2014, Mohd-Asharuddin *et al.* 2017, Abdullah *et al.* 2017). Hasil ini menunjukkan bahwa secara kualitatif, pati telah berhasil diekstrak dari kulit singkong.

Gugus fungsi pada *edible coating* komposisi variabel D dan M tidak menunjukkan perbedaan yang besar dengan gugus fungsi pada pati kulit singkong. Terdapat gugus O-H pada variabel D dan M dengan bilangan gelombang masing-masing adalah 3336 cm^{-1} dan rentang 3336.5-3340.5 cm^{-1} . Gugus hidroksil ini kemungkinan berasal dari pati dan gliserol. Kemudian didapat vibrasi gugus C-H simetris maupun asimetris dari pati dan kitosan pada bilangan gelombang 2929.5 cm^{-1} untuk kedua variabel. Pada bilangan gelombang 1640 cm^{-1} untuk variabel D dan rentang 1643.25-1645 cm^{-1} untuk variabel M, menunjukkan terdapat dua gugus fungsi, yaitu gugus C=O dari pati dan gugus N-H amida primer dari kitosan.



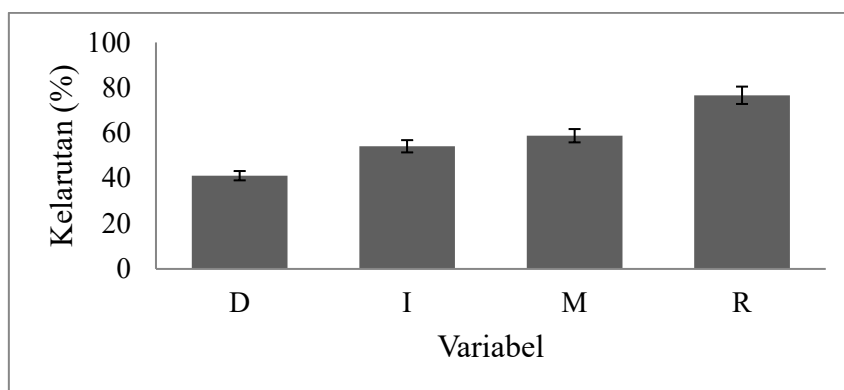
Gambar 2. Grafik Spektrum FTIR Pati Kulit Singkong, *Edible Film* dengan Komposisi Variabel D dan Variabel M.

Gugus karbosiklik ionik juga terdapat pada variabel D dan M, masing-masing pada bilangan gelombang rentang 1367-1368.5 cm^{-1} dan 1359 cm^{-1} . Sementara itu, regangan gugus C-O ditunjukkan

pada bilangan 1025.75 cm^{-1} untuk variabel D dan 1028 cm^{-1} pada variabel M (Colthup *et al.* 1990, Othman dan Mohd-Asharuddin 2013, Othman *et al.* 2014, Mohd-Asharuddin *et al.* 2017). Berdasarkan hasil pengujian menggunakan FTIR, dapat diindikasikan bahwa bahan-bahan penyusun *edible coating* berikatan secara fisik.

3.3 Analisis Kelarutan Film

Hasil dari uji kelarutan *edible film* dengan komposisi 5%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat (variabel D), 5%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat (variabel M), 7%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat (variabel I), dan 7%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat (variabel R) ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil uji kelarutan ini sebanding dengan hasil pada Tabel 1, yaitu semakin tinggi konsentrasi pati dan gliserol, maka kelarutan juga semakin tinggi. Data ini berdasarkan dari jumlah ion hidroksil yang meningkat dengan adanya konsentrasi pati dan gliserol yang tinggi, sehingga *edible film* semakin mudah berikatan dengan molekul air. Secara keseluruhan, nilai kelarutan mengindikasikan bahwa *edible film* dapat dicerna oleh organ tubuh manusia.



Gambar 3. Grafik Persentase Kelarutan pada *film* dengan Komposisi Variabel D, Variabel M, Variabel I, dan Variabel R.

3.4 Hasil Pengukuran Kadar Vitamin C

Kadar vitamin C pada nanas terolah minimal tanpa pelapisan, serta nanas yang dilapisi *edible coating* dengan komposisi variabel D dan M ditunjukkan pada Gambar 4. Pada hari pertama, nanas kontrol memiliki konsentrasi vitamin C sebesar 3.06 ppm, nanas terlapisi *edible coating* dengan komposisi D memiliki konsentrasi vitamin C sebesar 2.83 ppm, sedangkan nanas dengan lapisan komposisi M mengandung vitamin C sebanyak 3.00 ppm. Dapat disimpulkan bahwa adanya pelapisan yang mengandung asam pada nanas tidak mengubah konsentrasi vitamin C. Sejatinya, vitamin C adalah asam askorbat, sehingga adanya penambahan asam asetat dan asam sitrat pada *edible coating* tidak mempengaruhi nilai konsentrasi vitamin C pada nanas.

Adanya perlakuan pelapisan pada nanas lebih berpengaruh pada penurunan kadar hilang vitamin C. Ketiga jenis variabel ini mengalami penurunan kadar vitamin C selama 14 hari penyimpanan, meskipun nilainya kecil. Fenomena ini diakibatkan adanya oksidasi vitamin C oleh oksigen. Persen

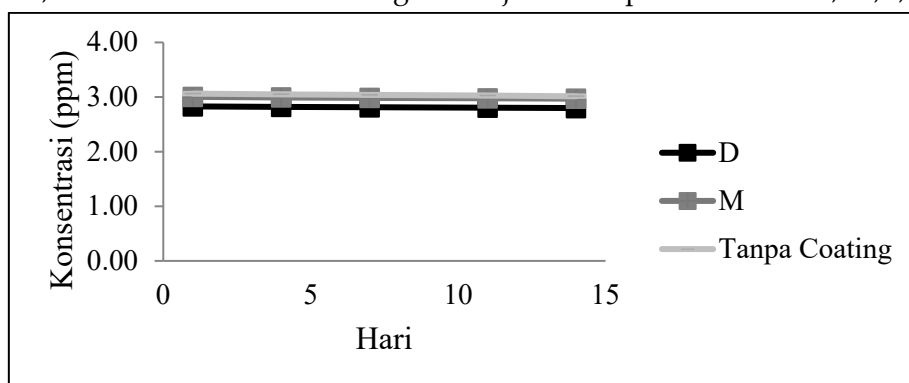
penurunan kandungan vitamin C pada rentang waktu 14 hari untuk variabel nanas tanpa *edible coating*, nanas dengan variabel M, dan nanas dengan variabel D berturut-turut adalah 1.62%, 1.11%, dan 1%.

Secara umum, nanas terlapisi *edible coating* memiliki penurunan kadar vitamin C lebih kecil daripada variabel kontrol. Hal ini disebabkan adanya *edible coating* yang mengandung kitosan dan antioksidan (asam asetat dan asam sitrat) mampu menurunkan permeabilitas oksigen, sehingga reaksi oksidasi vitamin C dapat diperlambat.

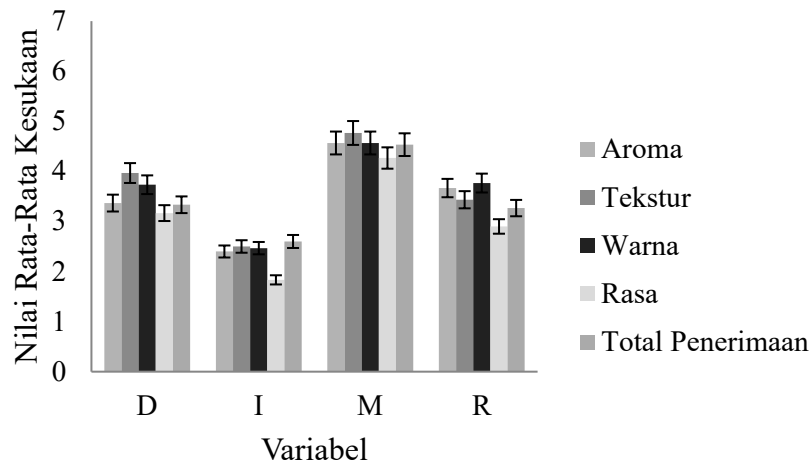
Sementara itu, penambahan kitosan yang menghambat permeabilitas oksigen ke dalam buah juga sesuai dengan hasil penelitian tentang pelapisan pada papaya Eksotika II (Ali *et al.* 2011), cabe merah (Slamet 2011), serta pelapisan kitosan pada jambu dan paprika (Xing *et al.* 2011, Hong *et al.* 2012 dalam Hu dan Ganzle 2018).

3.5 Analisis Uji Sensori

Uji sensori dilakukan untuk membuktikan variabel yang paling disukai oleh panelis. Hasil uji sensori untuk nanas yang dilapisi *edible coating* dengan komposisi variabel D, I, M dan R dipaparkan pada Gambar 5. Berdasarkan parameter aroma, tekstur, warna, rasa, dan total penerimaan, nanas yang dilapisi *edible coating* dengan komposisi variabel M mendapat nilai rata-rata kesukaan tertinggi daripada variabel D, I, dan R. Nilai rata-rata kesukaan aroma, tekstur, warna, rasa, dan total penerimaan untuk nanas variabel M masing-masing adalah 4.6, 4.8, 4.6, 4.3, dan 4.5. Selain itu, terdapat pola yang sama antara *edible coating* yang mengandung asam asetat (variabel D dan I) dan asam sitrat (variabel M dan R), yaitu penambahan konsentrasi pati dan gliserol yang tinggi menghasilkan penurunan nilai rata-rata kesukaan pada parameter aroma, tekstur, warna, rasa, dan total penerimaan. Hasil ini disebabkan oleh mudahnya tekstur nanas menjadi lembut akibat molekul uap air yang diikat oleh ion hidroksil dari konsentrasi pati dan gliserol yang tinggi. Banyaknya molekul uap air yang terserap juga membuat *edible coating* menjadi basah dan tidak mampu menjadi pelindung nanas dari inisiasi kerusakan yang pemicu penurunan nilai aroma, warna, dan rasa. Data yang ditunjukkan pada Tabel 1, Gambar 1, dan Gambar 3 mendukung hasil uji sensori pada variabel D, M, I, dan R.



Gambar 4. Grafik Kadar Vitamin C pada Nanas tanpa Pelapisan, Nanas dengan *Edible Coating* Komposisi Variabel D, dan Nanas dengan *Edible Coating* Komposisi Variabel M.



Gambar 5. Grafik Nilai Rata-rata Kesukaan Uji Sensori pada Nanas Terlapisi *Edible Coating* dengan Komposisi Variabel D, Variabel M, Variabel I, dan Variabel R.

4. Kesimpulan

Pelapisan nanas terolah minimal dengan *edible coating* berbasis pati dari kulit singkong dan kitosan mampu memperlambat kerusakan terhadap karakteristik fisikokimia buah nanas. Berbagai formulasi *edible coating*, berupa variabel A (3%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), B (3%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), C (3%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), D (5%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), E (5%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), F (5%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), G (7%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), H (7%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), I (7%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam asetat), J (3%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), K (3%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), L (3%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), M (5%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), N (5%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), O (5%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), P (7%b/v pati, 0.6 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), Q (7%b/v pati, 0.8 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat), R (7%b/v pati, 1 ml/gr gliserol, kitosan dan asam sitrat). Komposisi *edible coating* yang dapat menyimpan buah nanas hingga 13 hari adalah variabel M, dengan parameter kualitas berupa kelarutan film sebesar 58.82%, kehilangan vitamin C sebanyak 1.11% dalam 14 hari, dan total penerimaan dari hasil uji sensori adalah 4.5 dari 7.

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan terima kasih terhadap Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan atas dana hibah yang diberikan, berdasarkan Surat Keterangan No: 2978/IT10.II/PPM.01/2020.

5. Daftar Pustaka

- Abdullah, A.H.D., S. Chalimah, I. Primadona dan M.H.G. Hanantyo. 2018. Physical and chemical properties of corn, cassava, and potato starchs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Vol. 160: 012003.
- Alakomi, H., E. Skytta, I. Helander dan R. Ahvenainen. 2002. The hurdle concept, in Ohlsson, T. dan N. Bengtsson (Ed.). Minimal Processing Technologies in the Food Industry. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. Pp 175-195.
- Ali, A., M.T.M. Muhammad, K. Sijam dan Y. Siddiqui. 2011. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. Food Chemistry Vol. 124: 620-626.
- Ali, H.M., A. Abo-Shady, H.A. Sharaf Eldeen, H.A. Soror, W.G. Shousha, O.A. Abdel-Barry dan A.M. Saleh. 2013. Structural features, kinetics and SAR study of radical scavenging and antioxidant activities of phenolic and anilinic compounds. Chemistry Central Journal Vol. 7: 53-61.
- Ali, H.M., A.M. El-Gizawy, R.E.I El-Bassiouny dan M.A. Saleh. 2014. Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. Journal of Food Science and Technology Vol. 52: 3651-3659.
- Amorati, R., G.F. Pedulli dan L. Valgimigli. 2011. Kinetic and thermodynamic aspects of the chain-breaking antioxidant activity of ascorbic acid derivatives in non-aqueous media. Organic & Biomolecular Chemistry Vol. 9: 3792-3800.
- Antoniolli, L.R., B.C. Benedetti, M. de Souza Filho, D. dos Santos Garruti dan M. de Fatima Borges. 2012. Shelf life of minimally processed pineapples treated with ascorbic and citric acids. Bragantia Vol. 71 (3): 447-453.
- Apintanapong, M., K. Cheachumluang, P. Suansawan, dan N. Thongprasert. 2007. Effect of antibrowning agents on banana slices and vacuum-fried slices. Journal of Food, Agricultural & Environment Vol. 5 (3&4): 151-157.
- Ashori, A. dan R. Bahrami. 2014. Modification of physico-mechanical properties of chitosan-tapioca starch blend film using nano graphene. Polymer-Plastics Technology and Engineering Vol. 53 (3): 312-318.
- Ayranci, E. dan S. Tunc. 2004. The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry Vol. 87: 339-342.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Produksi Tanaman Buah-buahan 2016-2019. Website <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html> [accessed 6 Maret 2021].
- Bonilla, J., L. Atares, M. Vargas dan A. Chiralt. 2013. Properties of wheat starch film-forming dispersions and films as affected by chitosan addition. Journal of Food Engineering Vol. 114 (3): 303-312.

- Colthup, N.B., H.D. Lawrence dan S.E. Wiberley. 1990. Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy. 3rd ed. Academic Press Inc. San Diego.
- Donhowe, I.G. dan O. Fennema. 1994. Edible Films and Coatings Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods. Academic Press Inc. London.
- Fakhouri, F.M., S.M. Martelli, T. Caon, J.I. Velasco dan L.H.I. Mei. 2015. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated red crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology* Vol. 109: 57-64.
- Felicio, N.T.F, S.M. Ferreira, T.M. de Oliveira, E.R. de Moraes dan D.S.B. Soares. 2021. Effect of biodegradable coatings on the shelf life of *Hancornia speciosa*. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* Vol. 51: 1-8.
- Ferdiaz, S. 1992. Mikrobiologi Pangan 1. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Goncalves, N.B. 2000. Pineapple: Postharvest. Embrapa-SCT. Brasilia. Pp 45.
- Gontard, N., S. Guilbert dan J.L. Cuq. 1992. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science* Vol. 57 (1): 190-195.
- Hong, K., J. Xie, I. Zhang, D. Sun dan D. Gong. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae* Vol. 144: 172-178.
- Huda, T.F. 2007. Karakteristik fisikokimiawi film plastik biodegradable dari komposit pati singkong-ubi jalar. *Jurnal Logika* Vol. 4 (1): 3-10.
- Lee, S.Y. dan V.C.H. Wan. 2006. Edible films and coatings, in Hui, Y.H. (Ed), J.D. Culbertson, S. Duncan, I. Guerrero-Legarreta, E.C.Y. Li-Chan, C.Y. Ma, C.H. Manley, T.A. McMeekin, W.K. Nip, L.M.L. Nollet, M.S. Rahman, F. Toldr, Y.L. Xiong (Associate Eds.). *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering Volume 1*. CRC Press. Boca Raton. Pp (135-1)-(135-9).
- Leistner, L. dan L.G.M. Gorris. 1995. Food preservation by hurdle technology. *Trends in Food Science & Technology* Vol. 6: 41-6.
- Limbo, S. dan L. Piergiovanni. 2006. Shelf life of minimally processed potatoes part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest Biology and Technology* Vol. 39(3): 254-264.
- Mantilla, N., M.E. Castell-Perez, C. Gomes dan R.G. Moreira. 2013. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT – Food Science and Technology* Vol. 51: 37-43.
- Martinez-Romero, D., S. Castillo, F. Guillen, H.M. Diaz-Mula, P.J. Zapata, D. Valero dan M. Serrano. 2013. Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. *Postharvest Biology and Technology* Vol. 86: 107-112.
- Meilgaard, M.C., G.V. Giville dan B.T. Carr. 1999. *Sensory Evaluation of Techniques*. 3rd ed. CRC Press. Boca Raton.
- Mohd-Asharuddin, S., N. Othman, N.S. Mohd Zin dan H.A. Tajarudin. 2017. A chemical and morphological study of cassava peel: A potential waste as coagulant aid. *MATEC Web of Conference* Vol. 103: 06012.

- Moon, K.M., E.B. Kwon, B. Lee dan C.Y. Kim. 2020. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules* Vol. 25 (12).
- Mumtaz, F., F. Khan, dan K. Niaz. 2020. Anti-browning Agents, in Nabavi, S.M., S.F. Nabavi, M.R. Loizzo, R. Tundis, K.P. Devi, A.S. Silva (Eds.). *Food Additives and Human Health*. Bentham Book. Singapore. P 37.
- Nascimento, J.I.G., T.C.M. Stamford, N.F.C.B. Melo, I.S. Nunes, M.A.B. Lima, M.M.E. Pintado, T.M. Stamford-Arnaud, N.P. Stamford, dan T.L.M. Stamford. 2020. Chitosan-citric acid edible coating to control *Colletotrochum gloeosporioides* and maintain quality parameters of fresh-cut guava. *International Journal of Biological Macromolecules* Vol. 163: 1127-1135.
- Nazoori, F., S. Poraziz, S.H. Mirdehghan, M. Esmailizadeh dan E. Z. Bahramabadi. 2020. Improving shelf life of strawberry through application of sodium alginate and ascorbic acid coatings. *International Journal of Horticultural Science and Technology* Vol. 7(3): 279-293.
- Nicholas, J.J., F.C. Richard-Forget, P.M. Goupy, M. Amiot dan S.Y. Aubert. 1994. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* Vol. 32(2): 109-157.
- Nordin, N., S.H. Othman, S.A. Rashid dan R.K. Basha. 2020. Effects of glycerol and thymol on physical, mechanical, and thermal properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids* Vol. 106.
- Nugraheni, M. 2013. *Pengetahuan Bahan Pangan Hewan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny dan O. Martin-Belloso. 2008. Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology* Vol. 50: 87-94.
- Othman, O.C. 2012. Polyphenoloxidase and peroxidase activity during open air ripening storage of pineapple (*Ananas comosus* L.), Mango (*Mangifera indica*) and papaya (*Carica papaya*) fruits grown in Dar Es Salaam, Tanzania. *Tanzania Journal of Science* Vol. 38 (3): 84-94.
- Othman, N. dan S. Mohd-Asharuddin. 2013. *Cucumis melo* rind as biosorbent to remove Fe(II) and Mn(II) from synthetic groundwater solution. *Advanced Materials Research* Vol. 795: 266-271.
- Othman, N., S.Y. Kueh, M.F.H. Azizul Rahman dan R. Hamdan. 2014. Watermelon rind: A potential adsorbent for zinc removal. *Applied Mechanics and Material* Vol. 680: 146-149.
- Park, H.J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology* Vol. 10 (8): 254-260.
- Poppy, T.O, Khabibi dan A.L.N. Aminin. 2016. Pemanfaatan kitosan termodifikasi asam askorbat sebagai bahan antimikroba pada daging ayam karkas boiler. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi* Vol. 19(2): 38-44.

- Putri, M.P. dan Y.H. Setiawati. 2015. Analisis kadar vitamin C pada buah nenas segar (*Ananas comosus* (L.) Merr) dan buah nenas kaleng dengan metode spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Wiyata* Vol 2(1): 34-38.
- Queiroz, C., M.L. Mendes Lopes, E. Fialho, V.L. dan Valente-Mesquita. 2008. Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International* Vol. 24(4): 361-375.
- Richana, N. 2013 Mengenai Potensi Ubi Kayu dan Ubi Jalar. Nuansa Cendekia. Bandung.
- Robles-Sanchez, R.M., M.A. Rojas-Grau, I. Odriozola-Serrano, G. Gonzales-Aguilar dan O. Martin-Belloso. 2013. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *Food Science and Technology* Vol. 50 (1): 240-246.
- Rojas-Grau, M.A., M.S. Tapia, F.J. Rodriguez, A.J. Carmona dan O. Martin-Belloso. 2007. Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids* Vol. 21: 18-27.
- Shahbazi, M., G. Rajabzadeh dan S. Sotoodeh. 2017. Functional characteristics, wettability properties and cytotoxic effect of starch film incorporated with multi-walled and hydroxylated multi-walled carbon nanotubes. *International Journal of Biological Macromolecules* Vol. 104: 597-605.
- Siregar, S.H. dan W. Irma. 2012. Pemanfaatan kulit singkong sebagai alternatif bahan baku edible film. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan* Vol. 3 (1): 15-21.
- Slamet, R. 2011. Pelapisan cabe merah dengan nanopartikel kitosan untuk menghambat kehilangan vitamin C dan susut bobot. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan* Vol. 1: 1-8.
- Son, S.M., K.D. Moon dan C.Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry* Vol. 73: 23-30.
- Suttirak, W. dan S. Manurakchinakorn. 2010. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. *Walailak Journal of Science & Technology* Vol. 7(10): 5-14.
- Tapia, M.S., M.A. Rojas-Grau, A. Carmona, F.J. Rodriguez, R. Solva-Fortuny dan O. Martin-Belloso. 2008. Use of alginate-and gellan- based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* Vol. 22 (8): 1493-1503.
- Trevino-Garza, M.Z., S. Garcia, N. Heredia, M.G. Alanis-Guzman dan K. Arevalo-Nino. 2017. Layer-by-layer edible coatings based on mucilages, pullulan and chitosan and its effect on quality and preservation of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology* Vol. 128: 63-75.
- Vieira, M.G.A., M.A. da Silva, L.O. dos Santos dan M.M. Beppu. 2011. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal* Vol. 47 (3): 254-263.
- Winarno, F.G. dan B.S. Laksmi. 1974. Kerusakan Bahan Pangan dan Cara Pencegahannya. Ghalia Indonesia. Jakarta.

- Xing, Y., X. Li, Q. Xu, J. Yun, Y. Lu dan Y. Tang. 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry Vol. 124: 1443-1450.
- Yusof, N.M., J. Jai, Z.I.M. Sharif, F.A. Mustapha dan S. Pinijsuwan. 2019. Effect of different amount chitosan, starch and glycerol in composite edible coating. Journal of Physics: Conference Series Vol. 1349: 012077.
- Zhou, Y., J.M. Dahler, S.J.R. Underhill, dan R.B.H. Wills. 2003. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. Food Chemistry Vol 80: 565-572