

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 10, No. 1, April 2022



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



## DAFTAR ISI

### *Technical Paper*

1

**Limbah Padat Kelapa Sawit sebagai Alternatif Energi Pembangkit Listrik di Barat Selatan Aceh**  
*Palm Oil Solid Waste as an Alternative Energy Source of Electricity generation in The Southwest of Aceh*  
Agustiar, Tajuddin Bantacut, Bambang Pramudya

11

**Pengaruh Proses Torefaksi terhadap Kualitas Serbuk Kayu**  
*The Torrefaction Effect on The Sawdust Quality*  
Ismail, Erlanda Augupta Pane, I Gede Eka Lesmana, Rovida Camalia Hartantrie, Deni Rifki.

21

**Penerapan Metode Ekstraksi Microwave Untuk Meningkatkan Rendemen dan Mutu Oleoresin Lada Putih (*Piper nigrum L*)**  
*Application of Microwave-Assisted Extraction Method to Improve Yield and Quality of White Pepper (*Piper nigrum L*) Oleoresin.*  
Annisa Purnamasari Damanik, Edy Hartulistiyoso\*, Rokhani Hasbullah.

29

**Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film K-karagenan**  
*The Effect of Heating Time, Type and Plasticizer Concentration on Characteristics of Edible Film K-carrageenan*  
Desi Juliani\*, Nugraha Edhi Suyatma, Fahim Muchammad Taqi.

41

**Pemanfaatan Water Power Generator di Saluran Irigasi Tersier untuk Penanganan Hama Padi**  
*Utilization of Water Power Generator in The Tertiary Irrigation Canal for Paddy's Pest Handling*  
Lilis Dwi Saputri, Elsa Wulandari, Febri Nur Azra, Afik Hardanto\*.

49

**Sistem Monitoring dan Kontrol Iklim Mikro pada Plant Factory Berbasis Internet of Things**  
*Microclimate Monitoring and Control System in a Plant Factory Using the Internet of Things*  
Ardiansyah\*, Ikhsan Nur Rahmaan, Eni Sumarni, Afik Hardanto.

59

**Portable/Handheld NIR sebagai Teknologi Evaluasi Mutu Bahan Pertanian secara Non-Destruktif**  
*Portable/Handheld NIR as a Non-Destructive Technology for Quality Evaluation of Agricultural Materials*  
Widyaningrum\*, Y Aris Purwanto, Slamet Widodo, Supijatno, Evi Savitri Iriani.

69

**Detection of Chilling Injury Symptoms of Salak Pondoh Fruit during Cold Storage with Near Infrared Spectroscopy (NIRS)**  
Sutrisno Suro Mardjan\* and Jerry Indriantoro.

77

**Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan Program Qual2Kw**  
*Determination of Total Pollution Load Capacity at the Bedadung River, Jember Regency Using Qual2Kw Program*  
Elida Novita, Rodzika Diah Mauvi, Hendra Andianata Pradana\*.

85

**Analisis Orifice pada Reaktor Biodiesel Sistem Kavitasi Hidrodinamik dengan Computational Fluid Dynamics**  
*Orifice Analysis in Biodiesel Reactor with Hydrodynamic Cavitation System using Computational Fluid Dynamics*  
Yayan Heryana\*, Dyah Wulandani, Supriyanto.

---

#### Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor d/a Jurnal Keteknik Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)  
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)  
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)  
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)  
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)  
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)  
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)  
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)  
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)  
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)  
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)  
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)  
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)  
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)  
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)  
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)  
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irlandia)  
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)  
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)  
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)  
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)  
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)  
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)  
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)  
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

---

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)  
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)  
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)  
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)  
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)  
I Dewa Made Subrata (Scopus ID: 55977057500, IPB University)  
Administrasi : Khania Tria Tifani (IPB University)

**Penerbit:** Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor bekerjasama dengan Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA).

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,  
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@apps.ipb.ac.id](mailto:jtep@apps.ipb.ac.id)  
Website: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah naskah pada penerbitan Vol. 10, No. 1 April 2022. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Eng. Obie Farobie, S.Si, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Lilis Sucahyo, S.TP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr.Agr.Sc., Diding Suhandy, S.TP., M.Agr (Universitas Negeri Lampung), Yusuf Hendrawan, STP, M.App.Life Sc., PhD (Universitas Brawijaya), Dr.Ir. I Ketut Budaraga, M.Si (Universitas Ekasakti), Ir. Sri Endah Agustina, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Asri Widyasanti, S.TP., M.Eng (Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Christina Winarti, MA (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M. Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr. Supriyanto, S.TP, M.Kom (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Bayu Dwi Apri Nugroho, S.T.P., M.Agr., Ph.D (Universitas Gadjah Mada), Ansita Gupitakingkin Pradipta, ST, M.Eng (Universitas Gadjah Mada), Dr. Andasuryani, S.TP, M.Si (Universitas Andalas), Dr.Ir. Lady Lengkey, M.Si (Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M. Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Prof.Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University).

---



*Technical Paper*

**Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer* Terhadap Karakteristik *Edible Film K-karagenan***

*The Effect of Heating Time, Type and Plasticizer Concentration on Characteristics of Edible Film K-carrageenan*

**Desi Juliani\***, Department of Food Science and Technology, Faculty of *Agricultural Technology*, IPB University, Indonesia

Email: [desijuliani1512@gmail.com](mailto:desijuliani1512@gmail.com)

**Nugraha Edhi Suyatma**, Department of Food Science and Technology, IPB University, Indonesia  
**Fahim Muchammad Taqi**, Department of Food Science and Technology, IPB University, Indonesia

**Abstract**

*The main objective of this research was to develop a biodegradable thermoplastic packaging made from kappa-carrageenan by adding plasticizer. This research was divided into 2 stages: the first stage was heating time treatment for preparing carrageenan solution and the second stage was plasticization by using two type of plasticizer, namely glycerol and sorbitol with 4 different concentration of plasticizer (0, 20, 35 and 50% by weight, w/w). The parameter of edible film at each stages were tested for thickness characteristics, water vapor transmission rate, tensile strength, percent elongation, transparency and heat-sealability. The data were analyzed using ANOVA and Syntax then followed by Duncan multiple range test ( $\alpha$  0.05) using SPSS 25. From the first stage, it is found that the best carrageenan film was obtained by heating 30 minutes at the temperature of 70 °C. The obtained film has the thickness of 0.051 mm, the tensile strength of 60,16 N/mm<sup>2</sup>, the elongation of 6,81% and the water vapor transmission rate (WVTR) of 357.63 g/m<sup>2</sup>/day. From the second stage, it was found that the best plasticization method was achieved by using sorbitol with the concentration of 35% (w/w). This treatment could produce plasticized carrageenan film with the highest elasticity (percent elongation of 15.33%) and the highest heat-sealability (peel-strength of 334.83 N/m).*

**Keywords:** *carrageenan, edible film, glycerol, sorbitol, plasticizer*

**Abstrak**

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan kemasan termoplastik *biodegradable* yang terbuat dari kappa-*k-karagenan* dengan menambahkan *plasticizer*. Penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu tahap pertama perlakuan waktu pemanasan untuk pembuatan larutan *k-karagenan* dan tahap kedua penambahan *plasticizer* dengan menggunakan dua jenis *plasticizer* yaitu gliserol dan sorbitol dengan 4 konsentrasi yang berbeda (0, 20, 35 dan 50% b/b). *Edible film* yang dihasilkan dari tiap perlakuan pada setiap tahapan diuji karakteristik ketebalan, laju transmisi uap air, kuat tarik, persen elongasi, transparansi dan *heat-sealability*. Data yang dihasilkan diuji menggunakan ANOVA dan Syntax kemudian dilanjutkan dengan Duncan multiple range test ( $\alpha$  0.05) menggunakan SPSS 25. Dari tahap pertama didapatkan film *k-karagenan* terbaik dengan pemanasan selama 30 menit pada suhu 70°C. *Edible film* yang diperoleh memiliki ketebalan 0.051 mm, kuat tarik 60.16 N/mm<sup>2</sup>, elongasi 6.81% dan laju transmisi uap air (WVTR) 357.63 g/m<sup>2</sup>/hari. Dari tahap kedua, ditemukan bahwa metode plastisisasi terbaik dicapai dengan menggunakan sorbitol dengan konsentrasi 35% (b/b). Perlakuan ini dapat menghasilkan film *k-karagenan* terplastis dengan elastisitas tertinggi (persen elongasi 15.33%) dan *heat-sealability* tertinggi (*peel-strength* 334.83 N/m).

**Kata kunci :** *Edible Film, Gliserol, Karagenan, Sorbitol, Plasticizer*

*Diterima: 06 September 2021; Disetujui: 14 Februari 2022*



## Latar Belakang

Plastik merupakan kemasan yang paling banyak digunakan dan berkembang saat ini karena merupakan kemasan yang ringan, kuat dan memiliki harga yang terjangkau (Mahalik dan Nambiar 2010). Data badan pusat statistik (BPS) 2021 menyebutkan limbah plastik Indonesia mencapai 66 juta ton per tahun. Studi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di tahun 2018 memperkirakan sekitar 0.26 juta-0.59 juta ton plastik ini mengalir ke laut. Indonesia pun dinobatkan sebagai negara penghasil sampah plastik laut terbesar ke dua di dunia berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jambeck pada tahun 2018. Penumpukkan sampah plastik menimbulkan dampak negatif baik terhadap lingkungan ataupun kesehatan manusia sehingga perlunya upaya untuk mengurangi dan menggantinya dengan kemasan ramah lingkungan (*biodegradable*).

Saat ini sudah banyak yang mengembangkan kemasan ramah lingkungan berbasis hidrokoloid. Menurut Skurtys *et al.* (2011) *k*-karagenan adalah jenis hidrokoloid yang larut dalam air yang memiliki potensi tinggi sebagai pembentuk *film* bioplastik. Terdapat beberapa penelitian yang menggunakan *k*-karagenan sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Penelitian serupa dilakukan oleh Balqis *et al.* (2017) menggunakan bahan dasar karagenan dengan konsentrasi 1% - 3% yang diberi penambahan *plasticizer* gliserol, sorbitol, dan polietilen glikol 10%-60% dan menunjukkan hasil bahwa penambahan *plasticizer* sorbitol dan gliserol memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanis *edible film* seperti kuat tarik, elongasi, dan WVP (*Water vapor permeability*). Sedangkan Indriani *et al.* (2021) menyatakan bahwa *edible film* dengan penambahan gliserol 10% memberikan hasil terbaik dengan nilai kuat tarik 22.81 MPa dan elongasi 4.01%.

Keuntungan dalam pemanfaatan karagenan adalah ketersediaan bahan baku yang melimpah, mudah didapat, umumnya aman dari paparan bahan kimia. Proses pemanasan larutan *k*-karagenan merupakan hal yang harus diperhatikan karena jenis *k*-karagenan sulit larut dalam air sehingga proses pelarutannya perlu diperhatikan dengan waktu dan suhu pelarut yang tepat (Rajendran *et al.* 2012).

Menurut Sun *et al.* (2015), *k*-karagenan komersial pada umumnya memiliki berat molekul yang besar dan memiliki daya larut yang rendah dan tidak dapat larut dalam air dingin. Sehingga perlu adanya pemanasan untuk membantu pelarutan *k*-karagenan dan penentuan waktu yang tepat dalam pelarutannya. Pada penelitian Rusli *et al.* (2017) menyebutkan pelarutan *k*-karagenan minimal 30 menit akan menghasilkan *edible film* yang memiliki kuat tarik yang sudah memenuhi standar minimal nilai kuat tarik *edible film* berdasarkan *Japanese*

*industrial standar* yaitu 3.92 N/mm<sup>2</sup>. Tetapi *film* ini memiliki kelemahan dimana tidak memiliki sifat termoplastis, hal tersebut akan membatasi penggunaan sehingga sulit diaplikasikan.

Menurut Nafchi *et al.* (2011) *edible film* berbahan dasar pati sagu dengan penambahan 50% (b/b) *plasticizer* sorbitol memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan gliserol. Penambahan *plasticizer* sangat menentukan sifat *heat sealability* suatu *film* dan memiliki peran penting terhadap kekuatan *sealing* dari *film*. Penambahan jenis *plasticizer* pada konsentrasi *plasticizer* yang tepat, maka kemungkinan *film* berbahan *k*-karagenan dapat diperbaiki sifat mekanik dan sifat fungsionalnya.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan kemasan termoplastik *biodegradable* berbahan dasar *kappa*-karagenan yang memiliki karakteristik termoplastik yang baik bahkan mendekati plastik konvensional dan dapat diaplikasikan menjadi kemasan primer.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah aquades, *Kappa*-karagenan (*refined carrageenan*, Indonesia), NaCl (*Technical Grade*, Indonesia), *silica gel*, gliserol 98% (*Technical Grade*, Indonesia), dan sorbitol (*Technical Grade*, Indonesia).

### Penentuan Waktu Pelarutan *K*-karagenan

Pembuatan *film* mengacu pada metode yang digunakan dalam Ganesan *et al.* (2018) yang dimodifikasi pada konsentrasi *k*-karagenan dan cara homogenisasi larutan. *K*-karagenan ditimbang sebanyak 3% (b/v), dilarutkan dalam akuades yang telah dipanaskan hingga suhu 70°C. Larutan dipanaskan dengan 3 perlakuan waktu sebanyak 3 kali ulangan yaitu 15 menit, 30 menit dan 60 menit dengan bantuan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm. Larutan dituang pada cetakan akrilik 20x20 cm hingga mencapai tinggi larutan ± 3 mm. larutan dibiarkan pada suhu ruang selama ±15 menit dan dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam. *Edible film* yang telah dikeringkan disimpan dalam kotak kedap udara yang berisi silika gel sebelum dilakukan pengujian. *Edible film* diukur ketebalan, kuat tarik, elongasi dan water vapor transmission rate (WVTR). Diagram alir pembuatan *edible film* *k*-karagenan dapat dilihat pada Gambar 1a.

### Penentuan Jenis dan Konsentrasi *Plasticizer*

Pembuatan *film* mengacu pada metode yang digunakan dalam Ganesan *et al.* (2018) yang dimodifikasi pada konsentrasi *k*-karagenan dan cara homogenisasi larutan. *K*-karagenan dilarutkan dalam akuades yang telah dipanaskan hingga



suhu 70°C, kemudian dipanaskan selama 30 menit (berdasarkan hasil terbaik tahap 1) dengan bantuan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm. Setelah 15 menit pertama, *plasticizer* (gliserol; sorbitol) ditambahkan masing-masingnya sebanyak 20%, 35% dan 50% (b/b). Pemanasan dilanjutkan selama 15 menit lalu larutan dituang pada cetakan akrilik 20x20 cm hingga mencapai tinggi larutan  $\pm 3$  mm lalu biarkan pada suhu ruang  $\pm 15$  menit. *Edible film* dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam. *Edible film* yang telah dikeringkan disimpan dalam kotak kedap udara yang berisi silika gel sebelum dilakukan pengujian. Diagram alir pembuatan *edible film* k-karagenan dapat dilihat pada Gambar 1b.

### Ketebalan

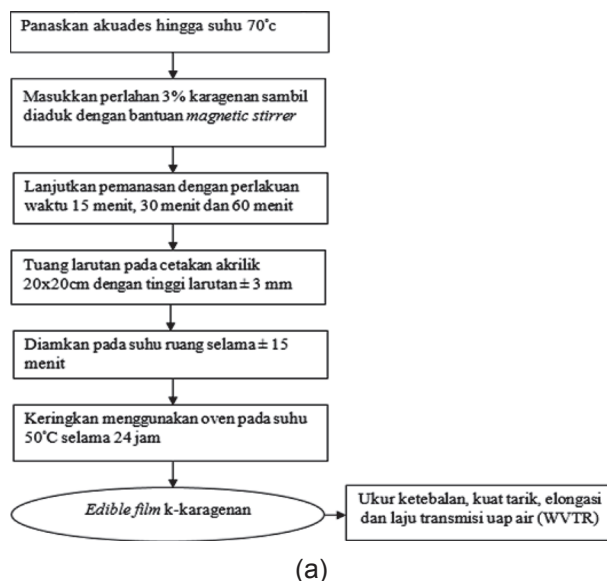
Ketebalan *film* diukur menggunakan mikrometer digital dengan ketelitian 1  $\mu\text{m}$  pada sembilan tempat berbeda yang dilakukan secara acak. Nilai ketebalan *film* ditentukan dari rata-rata sembilan tempat pengukuran (Rusli *et al.* 2017)

### Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan/Elongasi

Sampel diukur sesuai dengan standar ASTM D638 menggunakan *Tensile strength instrument*. *Film* digunting menjadi potongan berukuran 2 x 8 cm. Potongan *film* dipasang pada pegangan alat, dimana terdapat pegangan tetap dan bergerak. Pegangan digerakkan ke bawah secara perlahan sampai *film* sobek dengan kecepatan 50mm/menit (Setiani *et al.* (2013) dengan modifikasi pada ukuran *edible film* yang digunakan pada saat pengujian). Kuat tarik dihitung menggunakan formula:

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} \quad (1)$$

Keterangan :  $\tau$  = Kekuatan Tarik (MPa),  $F_{max}$  = tegangan maksimum (N),  $A$  = Luas penampang



melintang ( $\text{mm}^2$ )

Pemanjangan dihitung dengan membagi pertambahan panjang potongan *film* saat sobek ( $b$ ) dan panjang awal *film* sebelum ditarik ( $a$ ). Dihitung menggunakan formula:

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{\text{regangan saat putus (mm)}}{\text{panjang awal (mm)}} \times 100\% \quad (2)$$

### Water Vapor Transmission Rate (WVTR)

Pengujian WVTR dilakukan dengan memotong sampel *film* yang telah diketahui tebalnya dengan diameter 6 cm, kemudian direkatkan dengan *double tape* di atas cawan alumunium yang berisi 20 gram *silica gel* dengan berat konstan. Cawan disimpan dalam desikator berisi larutan NaCl jenuh. Cawan ditimbang setiap jam selama 5 jam. Penambahan berat *silica gel* menjadi data untuk perhitungan WVTR *edible film* (Sulistyo F.T. *et al.* (2018) dan Larotonda *et al.* (2016)). Dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{WVTR} = \frac{n}{t \cdot A} \quad (3)$$

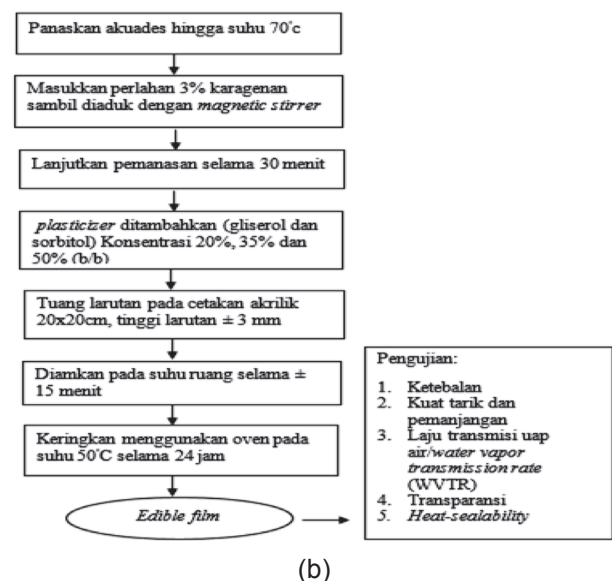
Keterangan:  $N$  = Perubahan berat (gram),  $t$  = waktu (jam),  $A$  = luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

### Transparansi

Pengujian transparansi dianalisa dengan menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang visible ( $\lambda$ ) 585 nm (Bao *et al.* 2009). Transparansi ( $T$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$T = \frac{A_{585}}{x} \quad (4)$$

Keterangan:  $T$  = transparansi (Abs),  $A_{585}$  = absorbansi pada 585 nm,  $x$  = ketebalan film (mm)



Gambar 1. Diagram alir pembuatan *edible film* k-karagenan penentuan waktu pelarutan (a) dan penentuan jenis dan konsentrasi *plasticizer* (b)

**Penentuan Sifat Heat-sealability**

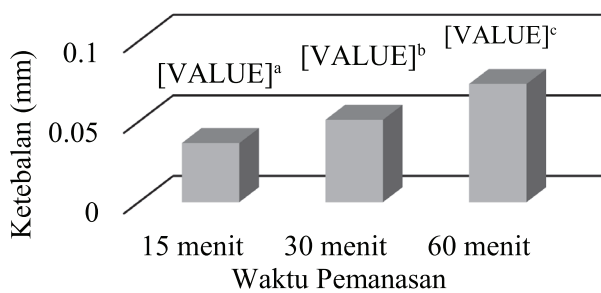
Ditentukan dengan mengacu pada standar ASTM F88 / F88M-09 (Nafchi et al. 2011). Dua lembar *edible film* berukuran 8 × 2 cm diseal menggunakan *hot sealer* pada suhu 120 ± 5°C selama 4 detik. Kekuatan *seal film* ditentukan dengan menggunakan *Tensile strength instrument* dengan kecepatan 50 mm/menit. Kekuatan *seal* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan seal} = \frac{\text{kekuatan puncak}}{\text{lebar film}} \quad (5)$$

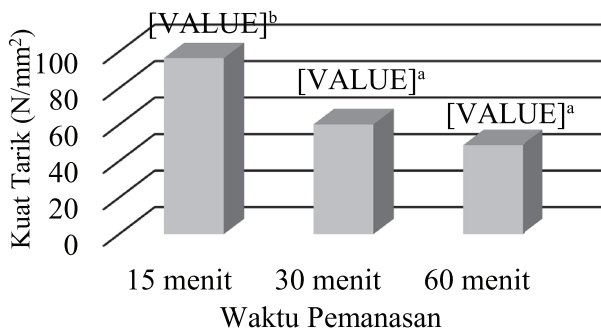
Keterangan: Kekuatan *seal* (N/m), Kekuatan puncak (N), Lebar film (m)

**Analisis statistik**

Rancangan percobaan yang digunakan pada tahap pendahuluan untuk menentukan lama waktu pemanasan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 taraf yaitu 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Rancangan acak lengkap (RALF) faktorial untuk tahap plastifikasi k-karagenan dengan 2 faktor yaitu jenis *plasticizer* terdiri dari 2 taraf (sorbitol; gliserol) dan konsentrasi *plasticizer* terdiri dari 4 taraf (0%; 20%; 35%; 50% b/b). Data hasil pengamatan dianalisa menggunakan analysis of variance (AVOVA) dan Syntax pada program SPSS statistic 25 kemudian diuji lanjut menggunakan DMRT (Duncan Multiple Range Test) pada taraf kepercayaan 95% (α 0.05)



Gambar 2. Ketebalan *edible film* k-karagenan perlakuan waktu.



Gambar 3. Kuat tarik *edible film* k-karagenan perlakuan waktu.

**Hasil dan Pembahasan**

**Penentuan Waktu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Edible Film K-karagenan**

**Ketebalan**

Ketebalan merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan bioplastik. Berdasarkan data hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 2, terlihat bahwa telah terjadi peningkatan ketebalan yang signifikan seiring dengan peningkatan waktu lama pemanasan larutan, semakin lama pemanasan yang dilakukan maka film yang dihasilkan memiliki tebal yang semakin meningkat.

Berdasarkan Japanese Industrial Standart (1975) standar ketebalan *edible film* yaitu maksimal .25 mm. *Edible film* yang dihasilkan memiliki ketebalan antara 0.037 mm – 0.073 mm, sehingga telah memenuhi standar dari JIS. Menurut Mawarni et al. (2018) semakin lama waktu pemanasan maka semakin menurunnya kadar air pada larutan, ketika zat pelarut menguap maka larutan akan semakin mengental dan film yang dihasilkan akan semakin tebal. Perbedaan ketebalanpun terjadi karena perbedaan viskositas larutan yang berbeda saat dituang pada cetakan, walaupun dalam jumlah yang sama. Larutan yang dipanaskan selama 15 menit memiliki viskositas yang lebih rendah dan belum terjadinya pelarutan sempurna yang ditandai dari karagenan yang menggumpal dan belum larut seluruhnya. Sehingga perlu adanya waktu lebih lama untuk melarutkan karagenan yaitu 30 menit.

**Kuat Tarik dan Elongasi**

Kuat tarik menjadi salah satu faktor penentu kualitas *edible film* dan menentukan pengaplikasian *edible film* tersebut. Gambar 4 menunjukkan bahwa lama waktu pemanasan berpengaruh terhadap kekuatan tarik dari *edible film* k-karagenan dan nilai kuat tarik dari masing masing *edible film* sudah memenuhi SNI yaitu sebesar 24.7 – 302 N/mm<sup>2</sup> (Melani et al. 2017). Dapat dilihat pada Gambar 3, bahwa nilai kuat tarik *edible film* k-karagenan yang dilarutkan selama 15 menit berbeda nyata jika dibandingkan dengan nilai kuat tarik *edible film* yang dipanaskan selama 30 menit dan 60 menit. Semakin lama waktu pemanasan yang diberikan menghasilkan *edible film* kuat tarik yang semakin rendah. Hasil ini berbanding terbalik dengan penelitian Warkoyo et al. (2014) yang menyatakan bahwa semakin tinggi jumlah bahan penyusun film maka akan semakin kokoh dan kuat *edible film* yang terbentuk sehingga gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan film akan semakin besar.

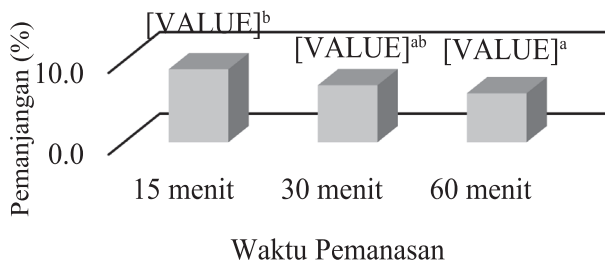
Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap hasil pengujian kuat tarik *edible film* yang semakin menurun dan tidak sesuai dengan literatur adalah adalah ketebalan sampel dan mesin yang digunakan saat pengujian. Pada saat pengujian

terdapat beberapa *edible film* yang tidak putus setelah dilakukan pengujian karena gaya yang diberikan tidak cukup kuat untuk memutuskan *edible film*. Ketebalan pun menjadi faktor lain yang menyebabkan kuat tarik yang terbacsa semakin kecil. karena *edible film* yang tidak putus akan tetap dibandingkan dengan ketebalan yang sebenarnya. Sehingga semakin besar nilai pembagi pada perhitungan maka nilai kuat tarik yang dihasilkan akan semakin kecil.

Persen pemanjangan atau elongasi dapat menunjukkan tingkat elastisitas suatu *edible film*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pemanjangan dari tiap *edible film* belum memenuhi SNI yaitu sebesar 21 - 220% (Melani *et al.* 2017). Pada umumnya nilai pemanjangan akan berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik, tetapi pada hasil pengujian (Gambar 4) ini nilai pemanjangan mengalami penurunan yang sama seperti hasil pada pengujian kuat tarik. Menurut Bourtoom (2008), semakin lama waktu pemanasan dan semakin tinggi suhu yang diberikan maka akan dapat menurunkan nilai pemanjangan dari film tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Supeni (2012) dan Sitompul dan Zubaidah (2017), hal ini dipengaruhi oleh ketebalan *edible film*. Dimana semakin tebal *edible film* yang dihasilkan maka akan berpengaruh terhadap elastisitasnya.

**Laju Transmisi Uap Air/WVTR (Water Vapor Transmission Rate)**

Pengujian laju transmisi uap air/WVTR (*Water Vapor Transmission Rate*) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar uap air yang dapat menembus lapisan *edible film k-karagenan*.



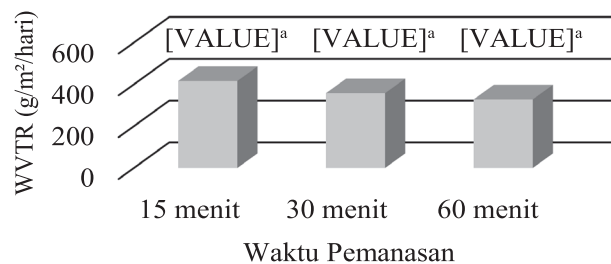
Gambar 4. Pemanjangan *edible film k-karagenan* perlakuan waktu.

Pengukurannya dilakukan dengan cara menghitung pertambahan berat dari silika gel dalam cawan yang telah ditutup oleh *edible film k-karagenan*, dan hasilnya dinyatakan dalam berat per luas permukaan film per 24 jam ( $g/m^2/24 \text{ jam}$ ).

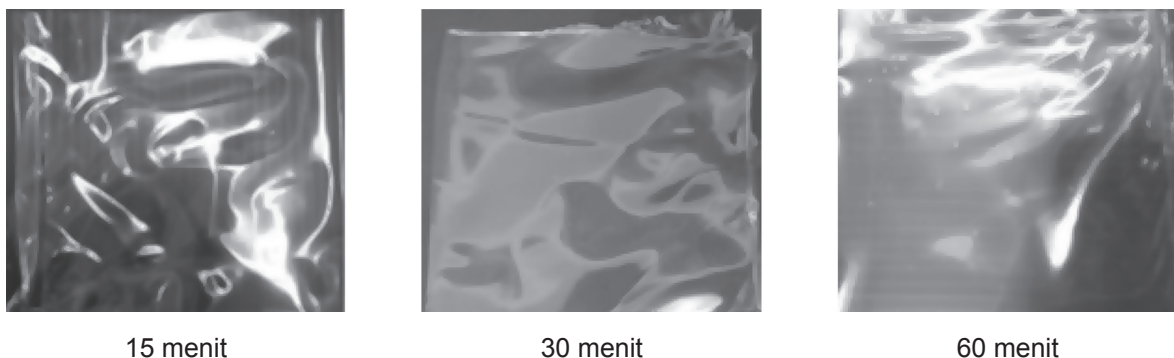
Berdasarkan analisa sidik ragam (ANOVA), menunjukkan bahwa waktu pemanasan yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kemampuan film menahan uap air yang masuk. Hasil pengujian yang tertera pada Gambar 5 terlihat bahwa semakin lama pemanasan maka semakin rendah nilai yang dihasilkan, menurut Bourtoom (2008) permeabilitas uap air akan cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu pemanasan. Semakin lama pemanasan dilakukan, maka akan meningkat pula suhu pemanasan karena sulit mengontrol suhu pemanasan jika dilakukan dengan pemanas manual.

Menurut Jacob *et al.* (2014), faktor lain yang mempengaruhi laju transmisi uap air adalah ketebalan *edible film*. Semakin tinggi nilai ketebalan maka akan semakin kaku dan keras *edible film* tersebut, sehingga kemampuan menahan uap air dan gas akan semakin meningkat. Hasil *edible film* dengan perlakuan waktu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil skoring (Lampiran 1) keseluruhan pengujian karakteristik *edible film* dengan perlakuan waktu pemanasan, didapatkan hasil terbaik adalah *edible film* dengan waktu pemanasan 30 menit dengan nilai ketebalan 0.051 mm, kuat tarik 60.16 N/mm<sup>2</sup>, elongasi 6.98%, dan nilai laju transmisi uap air sebesar 357.63 g/m<sup>2</sup>/hari. Pemanasan 30 menit digunakan pada pembuatan *edible film* pada tahap 2. Pengujian skoring



Gambar 5. Laju transmisi uap air *edible film k-karagenan* perlakuan waktu.



Gambar 6. Kenampakan *edible film k-karagenan* dengan perlakuan lama waktu pemanasan.

dilakukan dengan memberikan bobot nilai masing – masing pengujian yang diurutkan berdasarkan rangking.

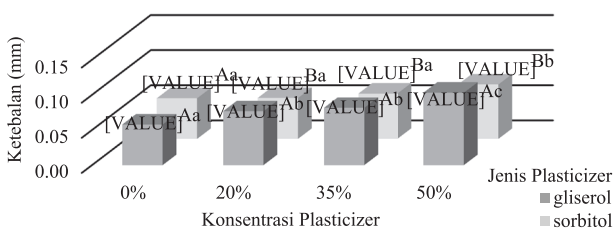
**Penentuan Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Sifat Mekanis Edible Film K-Karagenan**

**Ketebalan**

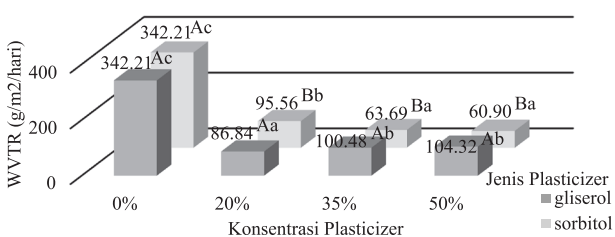
Ketebalan film dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti ketebalan larutan saat dituang pada cetakan, total padatan terlarut, yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan tersebut, dan juga banyaknya larutan yang dituang pada cetakan. Rekapitulasi ketebalan film yang dihasilkan dari berbagai formula dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil pengamatan yang tertera pada Gambar 7 terlihat bahwa semakin meningkatnya konsentrasi plasticizer yang digunakan maka semakin meningkat pula ketebalan film yang dihasilkan. Sudaryati, Mulyani dan Hansyah (2010) menyatakan bahwa peningkatan tersebut terjadi karena molekul plasticizer akan membentuk matriks dengan komponen utama film yang menyebabkan jarak antar polimer semakin dekat, sehingga ketebalan film pun meningkat. Film yang memiliki ketebalan tertinggi adalah formula film dengan penambahan plasticizer gliserol sebanyak 50% (v/b), dimana rata – rata yang dihasilkan dari 3 ulangan pengujian adalah 0.103 mm.

Menurut Putra, Johan dan Efendi (2017), penambahan plasticizer dengan konsentrasi tertentu akan meningkatkan polimer penyusun matriks film. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka akan semakin tinggi pula total padatan terlarut dalam larutan tersebut. Pendapat lainnya dari Sudaryati, Mulyani dan Hansyah, (2010) menyatakan hal lain yang dapat mempengaruhi ketebalan film yaitu



Gambar 7. Ketebalan edible film perlakuan jenis dan konsentrasi plasticizer.



Gambar 8. Laju transmisi uap air (WVTR) edible film k-karagenan perlakuan plasticizer.

luas cetakan yang digunakan, volume larutan yang dituang dan total padatan dalam larutan.

**Laju Transmisi Uap Air (WVTR)**

Water vapor transmission rate (WVTR) merupakan laju transmisi uap air yang konstan melalui sejumlah satuan luas pada kondisi suhu dan kelembaban tertentu. Dari nilai WVTR yang dihasilkan dapat diperkirakan jumlah uap air yang terserap ataupun yang keluar dari suatu produk yang terkemas selama masa penyimpanan. Nilai transmisi uap air yang tinggi menunjukkan semakin mudahnya film dilewati oleh uap air (Latriyanto et al. 1992). Hasil pengujian laju transmisi uap air pada film berbahan dasar k-karagenan dapat dilihat pada Gambar 8.

Data pada Gambar diatas menunjukkan penggunaan plasticizer yang berbeda dengan konsentrasi tertentu memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai laju transmisi uap air edible film k-karagenan. Semakin tinggi konsentrasi plasticizer gliserol yang digunakan maka nilai laju transmisinya semakin meningkat. Hasil tersebut berbanding terbalik dengan nilai transmisi uap air pada edible film dengan penambahan plasticizer sorbitol. Dimana semakin meningkat konsentrasinya maka menurunkan nilai laju transmisi uap air dari edible film tersebut.

Hal ini didukung oleh pernyataan Mchugh, Aujard dan Krochta, (1994) yang menyatakan bahwa sorbitol memiliki kemampuan yang lebih rendah untuk mengikat air dibandingkan dengan plasticizer lain seperti PEG dan gliserol. Menurut Donhowe and Fennema, (1993) sorbitol memiliki ukuran molekul yang lebih besar dibanding gliserol, ukuran tersebut akan memperbesar volume bebas antar rantai sehingga mempengaruhi transfer molekul air.

Menurut Cicilia (2017), gliserol memiliki sifat yang hidrofilik sehingga akan terjadi peningkatan laju transmisi uap air seiring bertambahnya konsentrasi gliserol yang digunakan. Hal ini dikarenakan gliserol memiliki kemampuan untuk mengikat air sehingga dapat meningkatkan kelembaban film dan juga laju transmisi uap airnya. Hal tersebut terjadi karena ukuran molekul yang kecil dari gliserol yang dapat memperkecil volume bebas antar polimer sehingga mempermudah terjadinya perpindahan molekul air.

**Kuat Tarik dan Elongasi**

Kekuatan tarik dan metode pengujian mengacu pada ASTM D638 (2016). Edible film yang diuji berukuran 8 cm dengan lebar 2 cm dan diuji menggunakan Tensile Strength Instrument. Hasil uji kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 9.

Hasil penelitian yang terangkum dalam Gambar 9 menunjukkan bahwa penambahan plasticizer memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tarik. Terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi plasticizer yang digunakan, menyebabkan semakin menurunnya nilai kuat tarik pada edible film.



Menurut Rodríguez *et al.* (2006) dan Wang *et al.* (2015), dikarenakan *plasticizer* memiliki peran untuk mengurangi daya tarik intermolekul yang kuat antara rantai polisakarida, kemudian akan membentuk ikatan hydrogen antarmolekul *plasticizer* dengan polisakarida yang menyebabkan menurunnya kemampuan tarik dengan cara menurunkan ikatan hydrogen antar rantai polisakarida.

*Edible film* dengan menggunakan *plasticizer* sorbitol memberikan nilai kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan *edible film* yang diberi penambahakan gliserol. Menurut Bourtoom (2008), nilai kuat tarik *edible film* dengan penambahan *plasticizer* sorbitol memiliki kuat tarik lebih baik dibandingkan dengan penambahan *plasticizer* lain seperti gliserol dan PEG. Hal ini dikarenakan adanya struktur cincin sorbitol yang dapat menghalangi penyisipan antar rantai yang dapat mengurangi efektifitas film dalam menghambat interaksi antar molekul polimer. Hal tersebut berkaitan pula dengan rendahnya kemampuan sorbitol dalam mengikat air sehingga membatasi kemampuannya dalam menurunkan ikatan hydrogen rantai polimer dibandingkan dengan *plasticizer* gliserol. Menurut Yang and Paulson (2000) hal yang dapat mempengaruhi interaksi antara *plasticizer* dan polimer adalah ukuran molekul, konfigurasi dan jumlah kelompok fungsional hidroksida *plasticizer* serta kompatibilitas dengan polimer.

Elongasi atau pemanjangan merupakan rasio pertambahan bioplastik terhadap panjang awal. Hasil pengujian nilai elongasi atau pemanjangan dari *edible film k-karagenan* dengan penambahan berbagai jenis dan konsentrasi *plasticizer* dapat dilihat pada Gambar 10.

Hasil pemanjangan *edible film k-karagenan* berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik. Menurut Nuriyah *et al.* (2018) penambahan gliserol dapat meningkatkan jumlah percabangan pada ikatan *edible film* sehingga semakin banyak ikatan bercabang pada polimer dan fleksibilitas akan meningkat. Penggunaan *plasticizer* dapat menurunkan kekuatan intermolekul pada *edible film* diantara rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas.

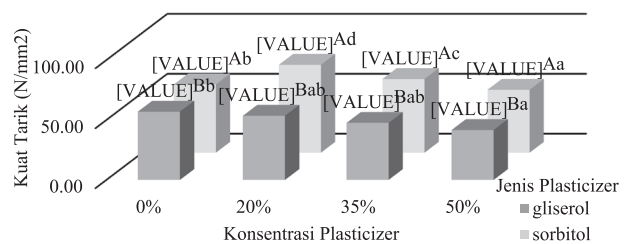
Selain itu menurut Zavareze *et al.* (2012) persen pemanjangan dari suatu *edible film* bergantung pada mobilitas dari rantai molekul polimer. Hal ini dapat menjelaskan nilai elongasi sorbitol yang lebih rendah dibandingkan dengan gliserol, dikarenakan mobilitas dari sorbitol lebih rendah dibandingkan *plasticizer* gliserol sehingga persen pemanjangan film yang ditambahkan *plasticizer* sorbitol memiliki nilai yang lebih rendah dibanding gliserol.

### Transparansi

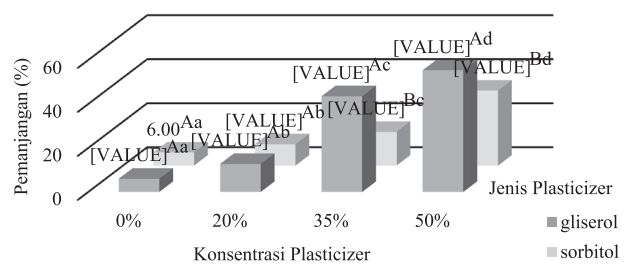
Transparansi dapat menggambarkan tingkat kejernihan dari suatu bahan, yang dapat dipengaruhi oleh sifat fisik ataupun kimia dari bahan tersebut (Forughi *et al.* 2017). Hasil pengujian

transparansi *edible film k-karagenan* pada Gambar 11 menunjukkan bahwa penambahan *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap menurunnya nilai transparansi. Semakin meningkat konsentrasi *plasticizer* yang diberikan maka transparansi *edible film* semakin menurun. Menurut Al-Hassan dan Norziah (2012) dengan menurunnya nilai transparansi dapat diartikan bahwa derajat kejernihan film semakin meningkat.

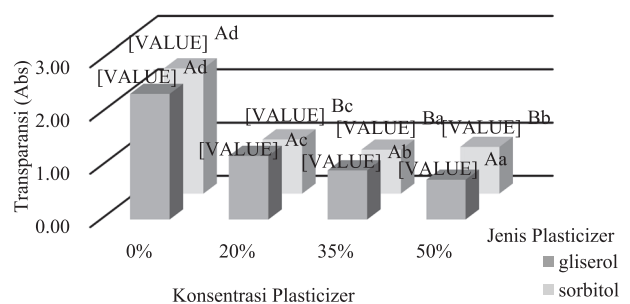
Menurut Kaewprachu *et al.* (2018) transparansi *edible film* dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis *plasticizer*, karakteristik bahan aktif yang ditambahkan, ukuran molekul, berat molekul, sumber bahan dan komposisi yang ditambahkan pada formula *edible film*. Leerahawong *et al.* (2011) menyatakan bahwa penambahan *plasticizer* gliserol menghasilkan *edible film* dengan transparansi yang rendah dibandingkan dengan penambahan *plasticizer* lain seperti sorbitol, glukosa dan fruktosa. Hal ini diakibatkan oleh molaritas gliserol yang lebih tinggi dibandingkan dengan lainnya. Perbedaan transparansi dipengaruhi pula oleh karakteristik *plasticizer* yang berbeda.



Gambar 9. Kuat tarik *edible film k-karagenan* perlakuan *plasticizer*.



Gambar 10. Pemanjangan *edible film k-karagenan* perlakuan *plasticizer*.

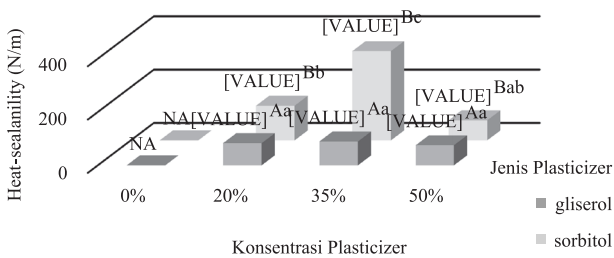


Gambar 11. Transparansi *edible film k-karagenan* perlakuan *plasticizer*.

**Heat-sealability**

Menurut Das dan Chowdhury (2016) kemampuan *heat-sealability* merupakan salah satu kriteria terpenting untuk suatu *edible film* dapat diaplikasikan dan dapat diproduksi luas sebagai kemasan fleksibel. Kekuatan dari heatselable menunjukkan gaya maksimum per satuan lebar film yang diperlukan unyuk memisahkan secara progresif bahan fleksibel yang telah merekat antara satu dengan lainnya dengan mengacu pada metode ASTM F88 (2013). Hasil dari pengujian *heat-sealability* dari *edible film k-karagenan* dapat dilihat pada Gambar 12.

*Heat-sealability* terbaik dihasilkan dari formula film yang menggunakan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 35% dengan nilai *heat-sealability* sebesar 334.83 N/m. Berdasarkan hasil analisa menggunakan ANOVA penambahan *plasticizer* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *heat-sealability edible film k-karagenan*. Penambahan *plasticizer* pada formula *edible film k-karagenan* dapat memperbaiki sifat *heat-sealability* dari *edible film k-karagenan*. terlihat pada Gambar 12 bahwa *edible film* tanpa *plasticizer* tidak dapat di-seal

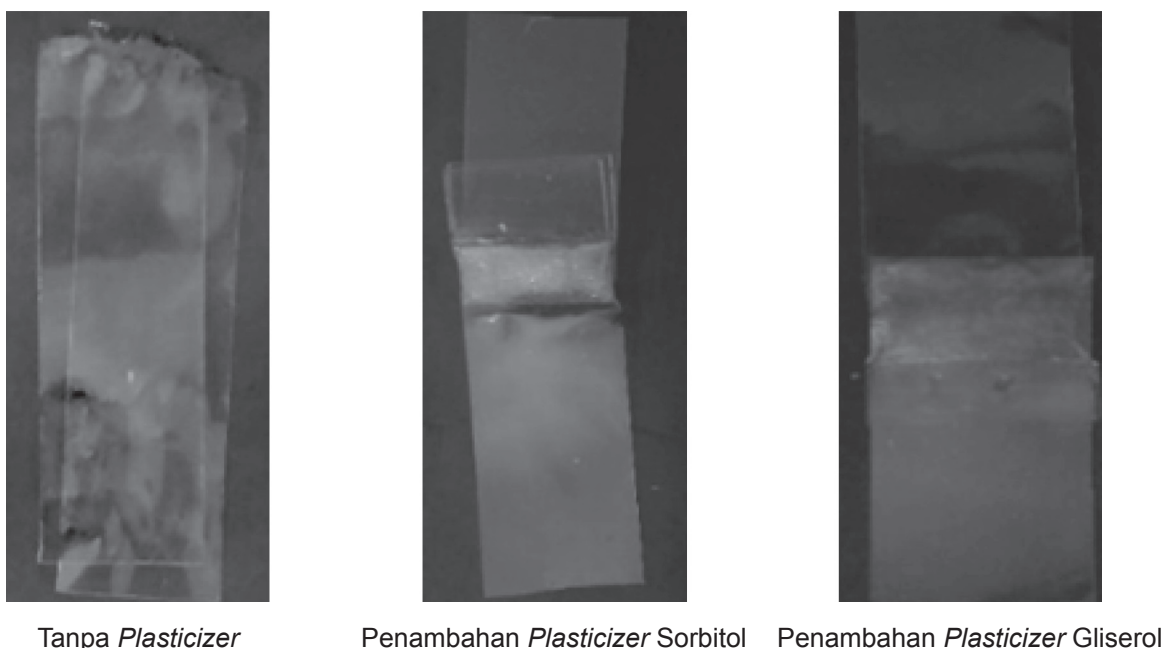


Gambar 12. *Heat-sealability edible film k-karagenan* perlakuan jenis dan konsentrasi *plasticizer*.

sama sekali. Menurut Mittal et al. (2017) *edible film* tanpa *plasticizer* tidak dapat di-seal karena sifatnya yang kaku dan terjadinya ikatan hidrogen untra-molekul yang kuat, sehingga terbatasnya mobilitas rantai polimer selama degradasi termal dan menghasilkan interdifusi molekul yang rendah pada permukaan film. Galdeano et al. (2009) menambahkan bahwa *plasticizer* seperti gliserol dan sorbitol dapat menembus jaringan dari polimer dengan cepat dan mudah untuk membentuk film yang kuat dan tebal dibandingkan dengan *edible film* tanpa penambahan *plasticizer*

Hasil pengujian (Gambar 12) menunjukkan *heat-sealability edible film* dengan penambahan sorbitol memiliki kekuatan seal yang lebih tinggi dibandingkan dengan *edible film* gliserol. *Edible film* dengan penambahan sorbitol menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan gliserol. Kekuatan seal film semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi. Berbanding terbalik dengan *edible film* gliserol, kekuatan seal film semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Nafchi et al. (2011), yang menyatakan hal serupa dan menambahkan bahwa konsentrasi sorbitol yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan kristalisasi sorbitol dalam film sehingga perlu dilakukannya kombinasi antara kedua *plasticizer*.

Menurut Muller et al. (2008) air memiliki peran yang penting dalam *plasticizing*, pada konsentrasi dan suhu yang sama *plasticizer* gliserol akan menyerap uap air lebih banyak dibandingkan dengan gliserol. Sehingga ketebalan film dengan penambahan gliserol cenderung lebih tinggi dibanding dengan sorbitol. Menurut hukum perpindahan panas fourier, ketebalan film berpengaruh terhadap menurunnya perpindahan panas. Semakin tebal *edible film* yang



Gambar 13. Hasil pengujian *heat-sealability edible film k-karagenan*.

dihasilkan maka suhu permukaan sambungan film semakin menurun, hal ini mengakibatkan penurunan kekuatan *seal*.

Menurut Kim dan Ustunol (2001) faktor lain yang berpengaruh adalah gugus hidroksil dalam *plasticizer*. Hasil analisis kimia (ESCA) menggunakan spektroskopi elektron, film isolat protein whey mengalami peningkatan ikatan hidrogen dan kovalen yang melibatkan C-O-H dan N-C, yang mungkin menjadi penanggungjawab terjadinya penyegelan pada *edible film*. Menurut Galdeano *et al.* (2009) gliserol memiliki tiga C-O-Hs dan sorbitol memiliki 6 gugus C-O-H.

Menurut Lim (2011), kekuatan *seal* bergantung dari beberapa faktor seperti temperature *seal*, tekanan yang diterapkan, waktu diam, dan waktu film diberi panas. Menurut Kim dan Ustunol (2001), kekuatan *seal* dari film dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya suhu yang digunakan dan jenis *plasticizer*. Suhu optimum untuk menyegel film yang berasal dari *whey protein isolate* dengan penambahan *plasticizer* sorbitol sebesar 130°C dan memiliki *heat-sealability* sebesar 105 hingga 301 N/m sedangkan suhu optimum untuk menyegel film dengan penambahan gliserol sebesar 110°C dengan *heat-sealability* sebesar 141 hingga 323 N/m. Das and Chowdhury (2016) melakukan pengujian *heat-sealability* terhadap LDPE dan LLDPE, hasilnya menyatakan bahwa waktu diam dan suhu yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan segel dibandingkan dengan tekanan. *Edible film* yang telah diseling dapat dilihat pada Gambar 13.

Berdasarkan hasil skoring (Lampiran 1) keseluruhan uji karakteristik *edible film* k-karagenan, didapatkan hasil terbaik berasal dari formula *edible film* dengan penambahan *plasticizer* sorbitol dengan konsentrasi 35%. Dengan nilai *heat-sealability* sebesar 334.83 N/m. Pengujian skoring dilakukan dengan memberikan bobot nilai masing – masing pengujian yang diurutkan berdasarkan rangking.

### Simpulan

*Edible film* berbahan dasar k-karagenan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif kemasan ramah lingkungan. Kelemahan *edible film* k-karagenan yang tidak bersifat *heat-sealable* dapat diatasi dengan penambahan *plasticizer* dengan jenis dan konsentrasi yang tepat walaupun hasilnya masih belum cukup kuat jika dibandingkan dengan kemasan konvensional. *Edible film* dengan penambahan *plasticizer* sorbitol sebanyak 35% (b/b) menghasilkan kekuatan *sealing* tertinggi yaitu sebesar 334.83 N/m.

### Daftar Pustaka

- Al-Hassan, A.A., and M.H. Norziah. 2012. Starch-gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food Hydrocoll.* 26(1):108–117. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.04.015
- ASTM. 2013. Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Materials. *ASTM Int.* (F88):1–11. doi:10.1520/F0088.
- ASTM. 2016. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. *ASTM Int.* 82(C):1–15. doi:10.1520/D0638-14.1.
- Bao, S., S. Xu, Z. Wang. 2009. Antioxidant activity and properties of gelatin films incorporated with tea polyphenol-loaded chitosan nanoparticles. *J. Sci. Food Agric.* 89(15):2692–2700. doi:10.1002/jsfa.3775.
- Bourtoom, T. 2008. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend from rice starch-chitosan. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30(SUPPL. 1):149–155.
- Das, M., and T. Chowdhury. 2016. Heat sealing property of starch based self-supporting edible films. *Food Packag. Shelf Life.* 9:64–68. doi:10.1016/j.fpsl.2016.05.002.
- Donhowe, G., and O. Fennema. 1993. Water vapor and oxygen permeability of wax films. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 70(9):867–873. doi:10.1007/BF02545345.
- Forughi, A.F., B. Stoeber, S.I. Green. 2017. Transparency measurement of thin films with one-sided optical access using fluorescence imaging. *Appl. Opt.* 56(12):3359. doi:10.1364/ao.56.003359.
- Galdeano, M.C., S. Mali, M.V.E Grossmann, F. Yamashita, M.A. Garcia. 2009. Effects of plasticizers on the properties of oat starch films. *Mater. Sci. Eng. C.* 29(2):532–538. doi:10.1016/j.msec.2008.09.034.
- Balqis, A.M.I., M.A.R.N. Khaizura, A.R. Russly, Z.A.N. Hanani. 2017. Effects of plasticizers on the physicochemical properties of kappa-carrageenan films extracted from *Eucheuma cottonii*. *Int. J. Biol. Macromol.* 103:721–732. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.05.105.
- Indriani, D.R., A.N. Asikin, I. Zuraida. 2021. Karakteristik edible film dari kappa karagenan kappaphycus alvarezii dengan jenis plasticizer berbeda (Characteristics of Edible film From Kappa Carrageenan Kappaphycus alvarezii With Different Plasticizers). *Sainstek Perikan. Indones. J. Fish. Sci. Technol.* Vol 17, No 1 SAINTEK PERIKANANDO - 10.14710/ijfst.17.1.%p . 17(1):1–6.
- Jacob, A.M., R. Nugraha, S.P.S.D. Utari. 2014. Pembuatan Edible Film Dari Pati Buah Lindur Dengan Penambahan Gliserol Dan Karaginan. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.* 17(1):14–21. doi:10.17844/jphpi.v17i1.8132.



- Kaewprachu, P., K. Osako, S. Rawdkuen. 2018. Effects of plasticizers on the properties of fish myofibrillar protein film. *J. Food Sci. Technol.* 55(8):3046–3055. doi:10.1007/s13197-018-3226-7.
- Kim, S.J., and Z. Ustunol. 2001. Thermal properties, heat sealability and seal attributes of whey protein isolate/lipid emulsion edible films. *J. Food Sci.* 66(7):985–990. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb08223.x. [diunduh 2021 Mar 26]. Tersedia pada: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2001.tb08223.x>
- Larotonda, F.D.S., M.D. Torres, M.P. Gonçalves, A.M. Sereno, L. Hilliou. 2016. Hybrid carrageenan-based formulations for edible film preparation: Benchmarking with kappa carrageenan. *J. Appl. Polym. Sci.* 133(2):1–10. doi:10.1002/app.42263.
- Lastriyanto, A., B.D. Argo, H.S. Sumarlan, N. Komar, L.C. Hawa, M.B. Hermanto, Teknik J, Fakultas P, Pertanian T, Brawijaya U. 1992. Koefisien permeabilitas film edibel terhadap transmisi uap air, gas O<sub>2</sub>, dan gas CO<sub>2</sub> Determination of Edible Film Permeability Coefficients to Water Vapor, Oxygen, Oxygen, and Carbon Dioxide Transmission. :182–187.
- Leerahawong, A., M. Tanaka, E. Okazaki, K. Osako. 2011. Effects of plasticizer type and concentration on the physicochemical properties of edible film from squid *Todarodes pacificus* mantle muscle. *Fish. Sci.* 77(6):1061–1068. doi:10.1007/s12562-011-0398-8.
- Lim, B.S.M. and L-T. 2011. Paper presented at iapri world conference 2012 Effects of Private and Public Label Packaging on Consumer Purchase Patterns. *Packag. Technol. Sci.* 29(JULY):399–412. doi:10.1002/pts.
- Mahalik, N.P., and A.N. Nambiar. 2010. Trends in food packaging and manufacturing systems and technology. *Trends Food Sci. Technol.* 21(3):117–128. doi:10.1016/j.tifs.2009.12.006.
- Mawarni, S.A., dan S.S. Yuwono. 2018. Pengaruh Lama Pemasakan Dan Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Organoleptik Selai Lembaran Mix Fruit (Belimbing Dan Apel). *J. Pangan dan Agroindustri.* 6(2):33–41. doi:10.21776/ub.jp.a.2018.006.02.4.
- McHugh, T.H., J.-F. Aujard, J.M. Krochta. 1994. Plasticized Whey Protein Edible Films: Water Vapor Permeability Properties. *J. Food Sci.* 59(2):416–419. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb06980.x.
- Melani, A., N. Herawati, A.F. Kurniawan. 2017. Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis Plasticiezer). *Distilasi.* 2(2):53–67.
- Mittal, G., K.Y. Rhee, S.J. Park, D. Hui. 2017. Generation of the pores on graphene surface and their reinforcement effects on the thermal and mechanical properties of chitosan-based composites. *Compos. Part B Eng.* 114:348–355. doi:10.1016/j.compositesb.2017.02.018.
- Nafchi, A.M., L.H. Cheng, A.A. Karim. 2011. Effects of plasticizers on thermal properties and heat sealability of sago starch films. *Food Hydrocoll.* 25(1):56–60. doi:10.1016/j.foodhyd.2010.05.005.
- Müller, C.M.O., F. Yamashita, J.B. Laurindo. 2008. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. *Carbohydr. Polym.* 72(1):82–87. doi:10.1016/j.carbpol.2007.07.026.
- Nuriyah, L., G. Saroja, M. Ghufron, A. Razanata, N.F. Rosid. 2018. Karakteristik Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar Cilembu dengan Variasi Jenis Pemplastis. *Nat. B.* 4(4):177–182.
- Putra, A.D., V.S. Johan, R. Efendi. 2017. Pembuatan Edible Film Pati Sukun the Addition of Sorbitol As a Plasticizer in the Production Edible Films Based Breadfruit Starch. *Jom Fak. Pertan.* 4(2):1–15.
- Rajendran, N., S. Puppala, M.S. Raj, B.R. Angeeleena, C. Rajam. 2012. Seaweeds Can Be A New Source For Bioplastics. *J. Pharm. Res.* 5(3):1476–1479.
- Ganesan, A.R., M. Shanmugam, R. Bhat. 2018. Producing novel edible films from semi refined carrageenan (SRC) and ulvan polysaccharides for potential food applications. *Int. J. Biol. Macromol.* 112:1164–1170. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.02.089.
- Rodriguez, M., J. Osés, K. Ziani, J.I. Maté. 2006. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Res. Int.* 39(8):840–846. doi:10.1016/j.foodres.2006.04.002.
- Rusli, A., M. Metusalach, M.M. Tahir. 2017. Characterization of Carrageenan Edible films Plasticized with Glycerol. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.* 20(2):219. doi:10.17844/jphpi.v20i2.17499.
- Setiani, W., T. Sudiarti, L. Rahmidar. 2013. Preparation and Characterization of Edible Films from Polunlend Pati Sukun-Kitosan. *Valensi.* 3(2):100–109.
- Sitompul, A.J.W.S., dan E. Zubaidah. 2017. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Plasticizer terhadap Sifat Fisik Edible Kolong-Kaling (*Arenga pinnata*). *J. Pangan dan Agroindustri.* 5(1):13–25.
- Skurtys, O., C. Acevedo, F. Pedreschi, J. Enronoe, F. Osorio, J.M. Aguilera. 2011. Food hydrocolloid edible films and coatings. *Food Hydrocolloid Edible Film. Coatings.*:1–66.
- Sudaryati, T. Mulyani, E.R. Hansyah. 2010. Sifat fisik dan mekanis edible film dari tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dan karboksimetil selulosa. *J. Teknol. Pertan.*

- 11(3):196201.
- Sulistyo F.T., Utomo A.R., Erni S. 2018. Karakteristik fisikokimia edible film berbasis gelatin ( Effects of Carrageenan Concentration towards Physicochemical Characteristic of Gelatin Based Edible Film ). *J. Food Technol. Nutr.* 17(2):75–80.
- Sun, Y., B. Yang, Y. Wu, Y. Liu, X. Gu, H. Zhang, C. Wang, H. Cao, L. Huang, Z. Wang. 2015. Structural characterization and antioxidant activities of κ-carrageenan oligosaccharides degraded by different methods. *Food Chem.* 178:311–318. doi:10.1016/j.foodchem.2015.01.105.
- Supeni, G. 2012. Pengaruh Formulasi Edible Film dari Karagenan Terhadap Sifat Mekanik dan Barrier. *J. Kim. dan Kemasan.* 34(2):282. doi:10.24817/jkk.v34i2.1864.
- Wang, Q., W. Wei, F. Chang, J. Sun, Q. Zhu. 2015. Individualized Cellulose Nanofibrils Prepared by Combined Enzymatic Pretreatment and High Pressure Microfluidization. *Polymers (Basel)*. 7(May):1. doi:10.3390/polym70x000x.
- Warkoyo, Budi Rahardjo, Djagal Wiseso Marseno JNWK. 2014. Sifat fisik, mekanik dan barrier edible film berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang diinkorporasi dengan kalium sorbat. *Agritech.* 34(01):72–81. doi:10.22146/agritech.9525.
- Yang, L., and A.T. Paulson. 2000. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. *Food Res. Int.* 33(7):571–578. doi:10.1016/S0963-9969(00)00093-4.
- Zavareze, E.D.R., V.Z. Pinto, B. Klein, S.L.M. El Halal, M.C. Elias, C. Prentice-Hernández, A.R.G. Dias. 2012. Development of oxidised and heat-moisture treated potato starch film. *Food Chem.* 132(1):344–350. doi:10.1016/j.foodchem.2011.10.090.

**Lampiran**

Hasil skoring setiap tahapan

**Tahap 1**

Perlakuan	Ketebalan	Kuat Tarik	Elongasi	Wvtr	Total
15 menit	0.03	0.10	0.20	0.40	0.73
30 menit	0.06	0.05	0.20	0.40	0.71
60 menit	0.10	0.05	0.40	0.40	0.95

**Tahap 2**

Perlakuan	Ketebalan	Kuat Tarik	Elongasi	WVTR	Transparansi <i>Heat-Sealability</i>	Total		
Gliserol	0%	0.03	0.10	0.10	0.10	0.50	0.93	
	20%	0.06	0.10	0.08	0.33	0.07	0.16	0.82
	35%	0.06	0.10	0.05	0.06	0.05	0.16	0.50
	50%	0.10	0.05	0.03	0.06	0.02	0.33	0.60
Sorbitol	0%	0.05	0.05	0.10	0.10	0.10	0.50	0.90
	20%	0.05	0.10	0.08	0.06	0.07	0.25	0.62
	35%	0.05	0.08	0.05	0.03	0.02	0.12	0.36
	50%	0.10	0.03	0.03	0.03	0.05	0.37	0.61