**PENGARUH PENAMBAHAN LILIN LEBAH DAN LILIN KARNAUBA TERHADAP KARAKTERISTIK *EDIBLE* *FILM* PATI BIJI ALPUKAT**

The Effect of Beeswax and Carnauba Wax Addition on the Characteristics of Avocado Seeds-Starch Edible Film

**Ananda Multazam1), Wisnu Adi Yulianto 2),** **Siti Tamaroh3)**

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Agroindustri, Universitas Mercu Buana Yogyakarta

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

**INTISARI**

Biji alpukat memiliki kandungan amilosa yang tinggi, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan *edible* *film*. Namun, *edible* *film* berbahan dasar pati memiliki permeabilitas air yang tinggi karena sifatnya yang hidrofilik. Oleh karena itu, perlu penambahan bahan hidrofobik untuk memperbaiki sifat tersebut. Bahan hidrofobik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lilin lebah dan lilin karnauba. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *edible* *film* berbahan pati biji alpukat dengan penambahan lilin lebah dan lilin karnauba.

Penelitian ini dilakukan dengan cara ekstraksi pati biji alpukat, kemudian pembuatan *edible* *film* dengan perlakuan jenis lilin dan konsentrasi lilin. Pembuatan *edible* *film* meliputi pencampuran bahan, pemanasan dan pengadukan, pencetakan, dan pengeringan. *Edible* *film* yang dihasilkan diuji ketebalan, kuat tarik, pemanjangan, WVTR, dan daya serap air. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu jenis lilin (L1=Lilin lebah, L2=Lilin karnauba), dan faktor kedua yaitu konsentrasi lilin (K1=0%; K2=0,5%; K3=1%). Hasil penelitian kemudian diuji statistik menggunakan Uji ANOVA dan Uji DMRT.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lilin lebah atau lilin karnauba pada *edible* *film* pati biji alpukat berpengaruh pada ketebalan, daya tarik, persen pemanjangan, laju perpindahan uap air, dan daya serap air. Perlakuan terbaik yang paling mendekati standar JIS (*Japan Industrial Standard*) yaitu perlakuan L1K2 (lilin lebah 0,5%) dengan nilai ketebalan 0,24 mm; daya tarik 0,54 MPa; pemanjangan 9,05%; WVTR 20,12 g/m2/jam; dan daya serap air 9,62%.

**Kata kunci:** *edible* *film*, lilin lebah, lilin karnauba, pati biji alpukat

**ABSTRACT**

Avocado seeds contain amylose 43.3% of 80.1% total starch which could be used as edible films. However, starch-based edible films have high water permeability due to their hydrophilic characteristics. Therefore, it is needed to add hydrophobic materials to improve these properties. The hydrophobic materials used in this study were beeswax and carnauba wax. This study aims to determine the characteristics of edible films made from avocado seed starch by adding beeswax and carnauba wax.

This research was conducted by extracting the starch of avocado seeds and preparing edible films with the treatment of wax type and wax concentration. The edible film preparation included mixing the materials, heating and stirring, forming, and drying. The result of edible films was tested for thickness, tensile strength, elongation, WVTR, and water absorption. The experimental design used was factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors. The first factor is the type of wax (L1 = beeswax, L2 = carnauba wax), and the second factor is the concentration of wax (K1 = 0%; K2 = 0,5%; K3 = 1%). The results of this study were statistically tested using ANOVA and DMRT.

The results showed that the addition of beeswax or carnauba wax to the avocado seed-starch edible films affected thickness, tensile strength, elongation, WVTR, and water absorption. The best treatment which is closest to JIS standard were L1K2 (0,5% beeswax) which result a thickness 0,24 mm; tensile strength 0,54 MPa; elongation 9,05%; WVTR 20,12 g/m2/hour; and water absorption 9,62 %.

**Keyword:** edible films, beeswax, carnauba wax, avocado seeds-starch

**PENDAHULUAN**

Biji alpukat mengandung pati sebesar 80,1% yang terdiri dari kadar amilosa 43,3% dan amilopektin 37,7% (Winarti dan Purnomo, 2006). Kandungan amilosa yang tinggi membuat *film* menjadi lebih kompak karena amilosa bertanggung jawab terhadap pembentukan matriks *film* (Rosida *et al.*, 2018). Polisakarida seperti pati diketahui efektif sebagai penghalang perpindahan gas namun memiliki permeabilitas air yang tinggi (Inamuddin, 2019). Oleh karena itu, perlu ditambahkan bahan lain untuk memperbaiki sifat tersebut. Bahan yang dapat digunakan yaitu lipid karena memiliki sifat hidrofobik. *Edible* *film* berbahan dasar lipid mempunyai laju transmisi uap air dan kekuatan mekanik yang rendah (Setiarto, 2020).

Lapisan lilin yang paling umum ditambahkan adalah lilin lebah karena murah dan mudah didapat. Penambahan lilin lebah pada *edible film* pati biji alpukat meningkatkan nilai ketebalan dan ketahanan terhadap air, serta menurunkan nilai kelarutan dan laju perpindahan uap air (Mulyadi *et al.*, 2018). Penambahan konsentrasi 0,5% lilin lebah pada *edible* *film* pati talas 2,5% menghasilkan *edible* *film* perlakuan terbaik dengan nilai ketebalan 0,15 mm; WVTR 2,89 g/m2/hari; perpanjangan 48,92%; dan kuat tarik 0,36 MPa (Sari *et al.*, 2020).

Selain lilin lebah, lilin karnauba umum digunakan untuk pelapis pangan. Di bidang pangan lilin karnauba digunakan untuk melapisi pil dan permen untuk memberikan kekerasan dan kilap (Dalziel, 2017). Permeabilitas uap air menurun dengan penambahan lilin karnauba. Hal ini menunjukkan bahwa komponen ini efektif sebagai penghalang kelembaban dan memiliki ketahanan yang baik terhadap kelembaban *film*, sehingga baik untuk *film* yang membutuhkan ketahanan air tinggi. Lilin karnauba memberikan efek plastisisasi, menurunkan suhu transisi gelas, kekuatan dan kekakuan lapisan *film*; dan meningkatkan pemanjangan. Pati singkong 0,5%; getah pohon jambu mete 0%; dan lilin karnauba 0,5% menghasilkan kuat tarik 0,91 MPa dan pemanjangan 106.49% (Rodrigues *et al.*, 2014).

**METODE PENELITIAN**

**Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian di antaranya limbah biji alpukat yang diperoleh dari Jus Pak Lebah Klebengan, aquades dan gliserol cair dari Progo Mulyo, natrium metabisulfit bubuk dari Multichem, lilin lebah padat dari Raw Honey, lilin karnauba bubuk dan sorbitol bubuk dari Sumber Berlian Kimia, dan asam asetat (cuka merek Dixi) dari Mirota Kampus. Semua bahan yang digunakan bersifat *food* *grade*. Bahan yang digunakan untuk pengujian sampel yaitu tisu kertas dan *silica* *gel*.

**Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi baskom, neraca digital, neraca analitik, *blender*, ayakan 60 *mesh*, gelas *beaker* 500 ml; 250 ml, 50 ml, gelas ukur 25 ml; 10ml, spatula, *hot* *plate*, *magnetic* *strirrer*, cetakan akrilik, oven, mikrometer, dan *Universal* *Testing* *Machine*.

**Prosedur Penelitian**

Prosedur ekstraksi pati biji alpukat mengacu pada penelitian oleh Mulyadi *et al.* (2018), biji alpukat sebanyak 1 kg dikupas menggunakan pisau, dicuci dengan air mengalir, dipotong kemudian direndam dalam larutan natrium metabisulfit 2000 ppm pada pH netral selama 24 jam dengan rasio biji alpukat dan larutan perendam 1:5 (g/ml). Biji alpukat selanjutnya dihaluskan menggunakan *blender*, kemudian *slurry* yang dihasilkan diperas dan disaring sehingga pati terpisah dari ampas. Suspensi pati dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali. Selanjutnya pati dikeringkan menggunakan *oven* pada suhu 50°C selama 6 jam, kemudian dihaluskan menggunakan *blender* dan disaring menggunakan ayakan 60 *mesh*.

Prosedur pembuatan *edible* *film* mengacu pada penelitian oleh Mulyadi *et al.* (2018); Mujahidin (2019); dan Setiawan, *et al.* (2015), pati bubuk biji alpukat sebanyak 3,5 g, sorbitol atau sebanyak 2,1 g (3% b/v), dan asam asetat 7 ml (10% v/v) dimasukkan ke dalam gelas *beaker*. Kemudian, ditambahkan aquades sampai volume 70 ml. Larutan dipanaskan menggunakan *hotplate* dan diaduk konstan menggunakan *magnetic* *stirrer*. Pemanasan dilakukan selama 5 menit sampai suhu bahan mencapai 60°C. Selama pemanasan, dilakukan penambahan gliserol sebanyak 1,4 ml (2% v/v). Kemudian dilakukan pencampuran dengan lilin sesuai dengan jenis dan konsentrasi masing-masing 0%; 0,5%; dan 1% kemudian pemanasan dilanjutkan selama 7 menit sampai suhu bahan mencapai 85°C dan larutan mengental. Selanjutnya larutan dituang pada cetakan akrilik yang sebelumnya sudah dipanaskan. Volume larutan sebanyak 40 ml dituang pada cetakan 15x15 cm2, 18 ml pada cetakan 10x10 cm2, dan 2 ml pada cetakan 6x2 cm2. Kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60oC selama 6 jam. Selanjutnya *film* didinginkan pada suhu ruang, kemudian dilepas dari cetakan.

**Rancangan Percobaan**

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor yaitu faktor jenis lilin dengan 2 taraf (L1= lilin lebah; L2= lilin karnauba) dan faktor variasi konsentrasi dengan 3 taraf (K1=0%; K2=0,5%; K3=1%), sehingga terdapat 6 perlakuan. Percobaan dilakukan sebanyak 2 kali ulangan. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah uji ketebalan, daya tarik, persen pemanjangan, WVTR, dan daya serap air. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan analisis sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Apabila terdapat pengaruh nyata (Fhitung ≥ Ftabel) maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Rate Test* (DMRT).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Ketebalan**

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi lilin memberikan perbedaan nyata terhadap ketebalan *edible* *film*. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai signifikansi P<0,05. Pengaruh konsentrasi ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Ketebalan *Edible* *Film* (mm)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan Jenis Lilin | Perlakuan Konsentrasi | | |
| 0% | 0,5% | 1% |
| Lilin Lebah | 0,17a | 0,24bc | 0,23b |
| Lilin Karnauba | 0,17a | 0,24bc | 0,25b |
| Rata-Rata | 0,17 | 0,24 | 0,24 |

Keterangan : Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P<0,05)

Berdasarkan nilai ketebalan yang ditampilkan oleh Tabel 1, penambahan konsentrasi berpengaruh pada peningkatan ketebalan. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Mulyadi *et al.* (2018), semakin tinggi konsentrasi lilin lebah yang ditambahkan maka semakin tebal *edible* *film* yang dihasilkan. Hal ini karena lilin lebah akan membentuk jaringan kristal yang akan membuat *edible* *film* semakin tebal. Hasil penelitian lilin karnauba sesuai dengan penelitian oleh Santos *et al.* (2017), penambahan lilin karnauba mempengaruhi ketebalan, dimana peningkatan yang signifikan terjadi pada saat lilin dimasukkan ke dalam formulasi.

**Daya Tarik**

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan interaksi perlakuan jenis lilin dan konsentrasi lilin memberikan perbedaan nyata terhadap nilai daya tarik *edible* *film*. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai signifikansi P<0,05. Interaksi antar perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Nilai Daya Tarik *Edible* *Film* (MPa)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan Jenis Lilin | Perlakuan Konsentrasi | | |
| 0% | 0,5% | 1% |
| Lilin Lebah | 0,62c | 0,54c | 0,21a |
| Lilin Karnauba | 0,55c | 0,33b | 0,27ab |

Keterangan : Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P<0,05)

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Tabel 2, penambahan lilin lebah dan lilin karnauba pada semua konsentrasi menurunkan nilai daya tarik *edible* *film* pati biji alpukat. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian oleh Herawan (2015), semakin banyak konsentrasi lilin lebah pada *edible* *film* kulit pisang, *edible* *film* semakin rapuh. Hal ini karena lilin lebah merupakan lipid yang tidak larut dalam air pada pembuatan *film* sehingga ikatan yang terjadi tidak terbentuk dengan baik dan menurunkan nilai kuat tarik. Selain itu, ikatan kohesi antar polimer akan semakin kecil yang mengakibatkan merenggangnya jarak antar molekul sehingga *edible* *film* menjadi lebih mudah putus. Hasil penelitian lilin karnauba sesuai dengan penelitian oleh Rodrigues *et al.* (2014), konsentrasi lilin karnauba mengakibatkan penurunan kekuatan tarik. Menurut Rhim dan Shellhammer (2005), perbandingan lilin karnauba dengan asam lemak berpengaruh negatif terhadap kekuatan tarik, karena lipid membentuk lapisan *film* yang tidak fleksibel dan rapuh. Nilai daya tarik pada semua perlakuan lilin lebah lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian *edible* *film* tapioka, gliserol 1,5%, dan lilin lebah 0,5% oleh Mujahidin (2019), yang menghasilkan nilai daya tarik 4,25 MPa. Namun, nilai daya tarik lilin karnauba serupa dengan penelitian oleh (Chiumarelli dan Hubinger, 2012), *edible* *film* pati singkong 3%, gliserol 2%, asam stearat 0,6%, dan lilin lebah 0,4% menghasilkan nilai kuat tarik 0,325 MPa.

**Persen Pemanjangan**

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa interaksi perlakuan jenis lilin dan konsentrasi lilin memberikan perbedaan nyata terhadap nilai persen pemanjangan *edible* *film* pati biji alpukat. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai signifikansi P<0,05. Interaksi antar perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Pemanjangan *Edible Film* (%)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan Jenis Lilin | Perlakuan Konsentrasi | | |
| 0% | 0,5% | 1% |
| Lilin Lebah | 9,01b | 9,05b | 8,43b |
| Lilin Karnauba | 12,21b | 7,06a | 6,53a |

Keterangan : Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P<0,05)

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Tabel 3, penambahan lilin lebah dan lilin karnauba cenderung menurunkan nilai persen pemanjangan. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian oleh Safitri *et al.* (2019), penambahan konsentrasi lilin lebah meningkatkan daya tarik kemudian menurunkan daya tarik. Penurunan persen pemanjangan disebabkan karena komposisi cairan *edible* *film* yang ditambahkan lilin lebah melampaui titik jenuhnya sehingga terdapat lilin lebah yang berlebih berada fase tersendiri di luar fase pati umbi suweg yang menyebabkan *film* semakin tidak homogen. Keadaan tersebut menyebabkan penurunan gaya intermolekul antar rantai sehingga menyebabkan *edible* *film* cepat putus. Hasil penelitian lilin karnauba sesuai dengan penelitian oleh Han *et al.* (2006), penambahan emulsi lilin karnauba pada *film* pati kacang polong menurunkan persen pemanjangan. Nilai pemanjangan lebih rendah dibandingkan dengan penelitian oleh Safitri *et al.* (2019), penambahan 1% lilin lebah pada *edible* *film* pati umbi suweg 3% menghasilkan nilai persen pemanjangan nilai pemanjangan 14,849%. Nilai persen pemanjangan lilin karnauba lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian oleh Chiumarelli dan Hubinger (2012), konsentrasi pati singkong 3%, gliserol 2%, asam stearat 0,6%, dan lilin lebah 0,4% menghasilkan nilai persen pemanjangan 36,230%.

**WVTR**

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi lilin memberikan pengaruh nyata pada nilai WVTR *edible* *film* pati biji alpukat. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai signifikansi P<0,05. Interaksi antar perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4 Nilai WVTR (g/m2/jam)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan Jenis Lilin | Perlakuan Konsentrasi | | |
| 0% | 0,5% | 1% |
| Lilin Lebah | 26,58b | 20,18a | 19,30a |
| Lilin Karnauba | 25,78b | 20,84a | 17,34a |
| Rata-Rata | 26,18 | 20,51 | 18,32 |

Keterangan : Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P<0,05)

Berdasarkan notasi huruf yang ditunjukkan oleh Tabel 4, peningkatan konsentrasi lilin berpengaruh pada penurunan nilai WVTR. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian oleh Safitri *et al.* (2019), laju transmisi uap air akan semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi lilin lebah yang ditambahkan ke dalam *edible* *film*. Hal ini karena lilin lebah bersifat hidrofobik yang kuat sehingga pada saat proses pengeringan *edible* *film*, lilin lebah membentuk jaringan kristal yang berbentuk *orthorombik* sehingga dapat berfungsi sebagai *barier* terhadap uap air. Hasil sesuai dengan penelitian oleh Mudaffar (2018), semakin tinggi konsentrasi lilin lebah yang digunakan maka makin besar pula pengaruhnya dalam menghambat uap air yang melalui permukaan *film*. Lilin lebah digunakan dalam pembuatan *edible* *film* karena memiliki sifat hidrofobik yang berguna untuk menghambat uap air yang berdifusi melewati *film*. Namun, nilai WVTR penelitian ini lebih tinggi, di mana penambahan 0,5% dan 1% lilin lebah pada *edible* *film* pati sagu dan gelatin menghasilkan nilai WVTR berturut-turut 0,027 g/m2/jam dan 0,037 g/m2/jam.Hasil penelitian lilin karnauba sesuai dengan penelitian oleh Rodrigues *et al.* (2014), permeabilitas uap air *edible* *film* pati singkong dan getah pohon jambu mete menurun dengan penambahan lilin karnauba. Hal ini menunjukkan bahwa komponen ini efektif sebagai penghalang kelembaban dan memiliki ketahanan yang baik terhadap kelembaban *film*, sehingga baik untuk *film* yang membutuhkan ketahanan air tinggi.

**Daya Serap Air**

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa interaksi perlakuan jenis lilin dan konsentrasi lilin memberikan perbedaan nyata. Hal ini ditunjukkan oleh nilai signifikansi P<0,05. Interaksi antar perlakuan ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Daya Serap Air *Edible* *Film* (%)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan Jenis Lilin | Perlakuan Konsentrasi | | |
| 0% | 0,5% | 1% |
| Lilin Lebah | 21,16c | 9,61b | 8,98b |
| Lilin Karnauba | 21,56c | 3,79a | 3,14a |

Keterangan : Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P<0,05)

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Tabel 5, penambahan lilin lebah dan lilin karnauba menurunkan daya serap air. Hasil penelitian sesuai dengan hasil penelitian oleh Herawan (2015), semakin banyak konsentrasi lilin lebah pada *edible* *film* kulit pisang, maka daya serap terhadap airsemakin kecil. Hasil juga sesuai dengan penelitian oleh Mulyadi *et al.* (2018), semakin tinggi penambahan konsentrasi lilin lebah pada *edible* *film* biji alpukat maka nilai ketahanan terhadap air semakin tinggi. Hal ini karena lilin lebah akan membentuk kristal lilin yang menyebabkan struktur *edible* *film* menjadi rapat dan kompak. Struktur yang rapat dan kompak tersebut membuat rongga udara pada struktur *edible* *film* semakin kecil dan rapat sehingga ditembus air. Nilai daya serap air lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian oleh Herawan (2015), penambahan 0% sampai 15% lilin lebah pada *edible* *film* berbahan 7 g pati kulit pisang dan CMC 1,5% menghasilkan daya serap air 84,13% sampai 40,29%.

**Penentuan Jenis dan Konsentrasi Terbaik**

Perbandingan hasil penelitian dengan standar *Japan Industrial Standard* (JIS) ditampilkan oleh Tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar JIS

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parameter | Perlakuan Konserntrasi | | | | | | Standar JIS | |
| L1K1 | L1K2 | L1K3 | L2K1 | L2K2 | L2K3 | |  |
| Ketebalan (mm) | **0,17a** | **0,24bc** | **0,23b** | **0,17a** | **0,24bc** | **0,25b** | | Maksimal 0,25 mm |
| Daya tarik (Mpa) | **0,62c** | **0,54c** | 0,21a | **0,55c** | 0,33b | 0,27ab | | Minimal  0,39 Mpa |
| Pemanjangan (%) | **9,01b** | **9,05b** | **8,43b** | **12,21b** | 7,06a | 6,53a | | Minimal 10% |
| WVTR (g/m2/jam) | 26,8b | 20,12a | 19,30a | 25,78b | 20,84a | 17,34a | | Maksimal  7 g/m2/hari |
| Daya serap air (%) | 21,16c | 9,61b | 8,98b | 21,56c | 3,97a | 3,14a | | - |

Sumber: *Japan Industrial Standard* (JIS, 1975) dalam (Nurindra *et al.*, 2015).

Keterangan:

L1 = Lilin Lebah; L2 = Lilin Karnauba; K1 = Konsentrasi 0%; K2 = Konsentrasi 0,5%; K3 = Konsentrasi 1%

1. **Ketebalan**

Berdasarkan standar JIS yang ditampilkan oleh Tabel 6, standar *edible* *film* yang baik adalah tidak melebihi 0,25 mm. Maka, semua perlakuan memenuhi standar ketebalan JIS. Berdasarkan standar tersebut, semakin tipis *edible* *film* semakin baik. Menurut Mulyadi *et al.* (2018), semakin tebal *edible* *film* semakin tidak fleksibel, mudah retak, dan pecah. Oleh karena itu, perlakuan terbaik yang dipilih untuk parameter ketebalan adalah perlakuan yang menghasilkan ketebalan paling tipis, yaitu lilin lebah 0% dan lilin karnauba 0% dengan nilai ketebalan masing-masing 0,17 mm.

1. **Daya Tarik**

Berdasarkan standar JIS yang ditampilkan oleh Tabel 6, nilai daya tarik *edible* *film* minimal 0,39 MPa. Maka, perlakuan yang memenuhi standar JIS yaitu perlakuan lilin lebah 0%, lilin lebah 0,5%, dan lilin karnauba 0%. Semakin tinggi nilai daya tarik, menunjukkan bahwa *edible* *film* semakin baik. *Edible film* yang memiliki kekuatan tarik tinggi akan mampu melindungi produk yang dikemas dari gangguan mekanis dengan baik Suryaningrum *et al.* (2005). Oleh karena itu, perlakuan terbaik pada parameter daya tarik adalah yang memiliki nilai tertinggi yaitu lilin lebah 0%, lilin lebah 0,5%, dan lilin karnauba 0% dengan nilai daya tarik berturut-turut 0,62 MPa; 0,54 MPa; dan 0,55 MPa.

1. **Persen Pemanjangan**

Elongasi merupakan persentase pemanjangan yang menggambarkan persen pertambahan panjang bahan materi *edible* *film* dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga mengalami putus Safitri *et al.* (2019). Maka, semakin tinggi nilai elongasi *edible* *film* semakin baik. Berdasarkan standar JIS yang ditampilkan oleh Tabel 6, nilai persen pemanjangan plastik *film* untuk kemasan makanan yaitu minimal 10%. Maka, hanya perlakuan lilin karnauba 0% yang memenuhi standar JIS yaitu 12,21%. Namun, berdasarkan notasi pada Tabel 9, nilai pemanjangan lilin karnauba 0% tidak berbeda nyata dengan nilai perlakuan lilin lebah 0% dan lilin lebah 0,5%. Maka, perlakuan terbaik pada parameter pemanjangan yaitu lilin karnauba 0%; lilin lebah 0%; dan lilin lebah 0,5% dengan nilai pemanjangan berturut-turut 12,21%; 9,01 MPa; dan 9,05 MPa.

1. **WVTR**

Laju perpindahan uap air atau *water vapor transmission rate* (WVTR) dapat didefinisikan sebagai jumlah uap air yang keluar melalui kemasan per hari dalam kondisi tertentu (Hui, 2006). Maka, semakin rendah nilai WVTR menunjukkan bahwa *film* semakin baik dalam menahan uap air. Berdasarkan standar JIS yang ditampilkan oleh Tabel 6, nilai WVTR plastik *film* kemasan makanan yaitu maksimal 7 g/m2/hari. Maka, *edible* *film* dengan semua perlakuan belum memenuhi standar JIS. Nilai yang paling mendekati standar adalah lilin karnauba 1% dengan nilai 17,34 g/m2/jam. Berdasarkan notasi pada Tabel 6, nilai perlakuan lilin karnauba 1% tidak berbeda nyata dengan nilai WVTR lilin lebah 0,5%; lilin lebah 1%; dan lilin karnauba 0,5%. Maka, perlakuan terbaik pada parameter WVTR yaitu lilin karnauba 1%; lilin lebah 0,5%; lilin lebah 1%; dan lilin karnauba 0,5% dengan nilai berturut-turut 17,34 g/m2/jam; 21,12 g/m2/jam; 19,30 g/m2/jam; dan 20,84 g/m2/jam.

1. **Daya Serap Air**

Sifat pemagar dinilai menggunakan derajat permeabilitas, makin tinggi derajat permeabilitas maka semakin mudah perpindahan komponen menembus kemasan, sehingga makin buruk kinerja kemasan (Bardant dan Poeloengasih, 2007). Maka, semakin rendah nilai daya serap air *edible* *film* semakin baik. Berdasarkan nilai daya serap air pada Tabel 6, nilai rendah adalah perlakuan lilin karnauba 1%. Berdasarkan notasi yang ditunjukkan oleh Tabel 6, nilai daya serap air perlakuan lilin karnauba 1% tidak berbeda nyata dengan lilin karnauba 0,5%. Maka, perlakuan terbaik parameter daya serap air adalah lilin karnauba 1% dan lilin karnauba 0,5% dengan nilai berturut-turut 3,14%dan 3,97%.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. **Kesimpulan umum**

Penambahan lilin lebah atau lilin karnauba pada *edible* *film* pati biji alpukat menghasilkan ketebalan yang memenuhi standar JIS, namun daya tarik, elongasi, dan laju perpindahan uap air belum memenuhi standar JIS.

1. **Kesimpulan khusus**
   1. Interaksi perlakuan jenis lilin dan konsentrasi berpengaruh nyata pada nilai daya tarik, pemanjangan, dan daya serap air, sedangkan perlakuan konsentrasi lilin berpengaruh pada nilai ketebalan dan WVTR.
   2. Perlakuan terpilih yang paling mendekati standar JIS yaitu perlakuan L1K2 (lilin lebah 0,5%) yang tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa penambahan lilin) dengan nilai ketebalan 0,24 mm; daya tarik 0,54 MPa; pemanjangan 9,05%; WVTR 20,12 g/m2/jam; dan daya serap air 9,62%.

**Saran**

* 1. Perlu dilakukan penelitian mengenai jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat agar menghasilkan *edible* *film* yang memenuhi syarat *Japan Industrial Standar* (JIS).
  2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai cara ekstraksi pati biji alpukat agar menghasilkan pati yang berwarna putih.
  3. Perlu dilakukan penelitian mengenai konsentrasi lilin yang lebih rendah agar menghasilkan ketebalan yang lebih tipis.

**DAFTAR PUSTAKA**

Bardant, T. B., dan Poeloengasih, C. D. 2007. Kemasan Bisa Dimakan: Upaya Mengatasi 3 Masalah Dunia. Dalam LIPI, Inovasi Menebar Ilmu dan Teknologi Membangun Kemandirian Energi Alternatif Bikin Irit (hal. 32). Subang: LIPI.

Chiumarelli, M., dan Hubinger, M. D. 2012. Stability, Solubility, Mechanical and Barrier Properties of Cassava Starch Carnauba Wax Edible Coatings to Preserve Fresh-cut Apples. Food Hydrocolloids, 28, 59-67.

Han, J. H., Park, I., Seo, G., dan Kim, G. 2006. Physical and Mechanical Properties of Pea Starch Edible Films Containing Beeswax Emulsions. Journal of Food Science, 71, 290-296.

Herawan, C. D. 2015. Sintesis dan Karakteristik Edible Film dari Pati Kulit Pisang dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax). [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Hui, Y. H. 2006. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering, Volume 3. CRC Press. New York.

Inamuddin. 2019. Green Polymer Composites Technology: Properties and Applications. CRC Press. New York.

Mudaffar, R. A. 2018. Karakteristik Edible Film Komposit dari Pati Sagu, Gelatin, dan Lilin Lebah (Beeswax). Journal TABARO, 2(2), 247-256.

Mujahidin, F. 2019. Pengembangan Biopolimer Berbahan Dasar Pati Alami dengan Penambahan Beeswax sebagai Plastik Ramah Lingkungan. Instritut Teknologi Surabaya.

Mulyadi, A., Hamzah, F., dan Hamzah, F. H. 2018. Pemanfaatan Biji Alpukat (*Persea americana Mill.*) dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax) pada Pembuatan Edible Film. JOM FAPERTA, 2(1), 1-9.

Nurindra, A. P., Alamsjah, M. A., dan Sudarno. 2015. Karakterisasi Edible Film dari Pati Propagul Mangrove Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan Penambahan Carboxymethyl cellulose (CMC) sebagai Pemlastis. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, 7(2).

Rhim, J. W., dan Shellhammer, H. T. 2005. Lipid-based Edible Films and Coatings Innovations in Food Packaging. Elsevier Science dan Technology Books. Amsterdam.

Rodrigues, D. C., Caceres, C. A., Ribeiro, H. L., de Abreu, R. F., Cunha, A. P., dan Azeredo, H. M. 2014. Influence of Cassava Starch and Carnauba Wax on Physical Properties of Cashew Tree Gum-based Films. Food Hydrocolloids, 38, 147-151.

Rosida, D. F., Hapsari, N., dan Dewati, R. 2018. Edible Coating dan Film dari Biopolimer Bahan Alami Terbarukan. Uwais Inspirasi Indonesia. Ponorogo.

Safitri, E. L., Warkoyo, dan Anggriani, R. 2019. Kajian Karakteristik Fisik dan Mekanik Edible Film Berbasis Pati Umbi Suweg (Amorphophallus paeoniifolius) dengan Variasi Konsentrasi Lilin Lebah. Food Technology & Halal Science Journal, 3 (1), 57-70.

Santos, F. K., Silva, K. N., Xavier, T. D., Leite, R. H., dan Mendes , E. M. 2017. Effect of the Addition of Carnauba Wax on Physicochemical Properties of Chitosan Films. Materials Research, 20(2), 479-484.

Sari, A. P., Warkoyo, dan Wachid, M. 2020. Karakteristik Fisik dan Mekanik Edible Film Pati Talas Kimpul (Xanthosoma sagittifolium) dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax). [Skripsi]. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.

Setiarto, R. H. 2020. Teknologi Pengemasan Antimikroba yang Ramah Lingkungan. Guepedia. Indonesia.

Setiawan, et al. (2015)Setiawan, H., Faizal, R., dan Amrullah, A. 2015. Penentuan Kondisi Optimum Modifikasi Konsentrasi Plasticizer Sorbitol PVA pada Sintesa Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Chitosan Limbah Kulit Udang. Jurnal Saintekno, 13(1), 29-38.

Suryaningrum, T. D., Basmal, J., dan Nurochmawati, N. 2005. Studi Pembuatan Edible Film dari Karaginan. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi, 11(4).

Winarti, S., dan Purnomo, Y. 2006. Olahan Biji Buah. Trubus Agrisarana. Surabaya.