

KAJIAN LITERATUR KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE* POLYMER BERBAHAN BAKU PATI DENGAN PENAMBAHAN FILLER DAN *BEESWAX*

Lutfi Kusuma Wardani dan Nanik Hendrawati

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
lutfikusuma24@gmail.com, [nanik.hendrawati@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Biodegradable polymer berbahan dasar pati merupakan alternatif *polymer* ramah lingkungan yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh bahan – bahan *polymer* sekali pakai berbahan dasar minyak bumi. *Biodegradable polymer* dengan bahan dasar pati memiliki kelemahan antara lain nilai *water vapor permeability* dan *water absorption* nya yang besar serta nilai kuat tarik nya yang kecil. Kajian literatur ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *filler* dan *coating beeswax* terhadap karakteristik *biodegradable polymer* berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan. Berdasarkan jurnal yang didapat pengaplikasian *coating beeswax* dapat menurunkan nilai *water absorption* lebih baik dari *biodegradable polymer* tanpa *coating*. Penelitian dengan menggunakan *filler* tanpa *coating beeswax* menghasilkan nilai *water absorption* sebesar 15,77% dengan bahan baku pati singkong. Penelitian menggunakan *coating beeswax* menghasilkan nilai *water absorption* sebesar 0,8%. Penelitian dengan *coating beeswax* menghasilkan nilai *water vapor permeability* sebesar $4,4042 \times 10^{-9}$ g mm/s m² Pa. Pada pengujian kuat tarik dengan menggunakan *filler* tanpa *coating beeswax* menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 20 MPa. Penelitian menggunakan *coating beeswax* menghasilkan nilai kuat tarik terbaik yaitu 14 MPa.

Kata kunci: *Beeswax, Biodegradable Polymer, Filler*

ABSTRACT

Biodegradable polymers made from starch are an alternative to environmentally friendly polymers that were developed to overcome the problems posed by single-use polymer materials made from petroleum. Biodegradable polymers made from starch have weaknesses, including high water vapor permeability and water absorption values and small tensile strength values. This literature study aims to determine the effect of beeswax filler and coating on the characteristics of biodegradable polymer based on research that has been done. Research using filler without beeswax coating resulted in a water absorption value of 15.77% with cassava starch as the raw material. Research using beeswax coating resulted in a water absorption value of 0.8%. Research with beeswax coating resulted in a water vapor permeability value of 4.4042×10^{-9} g mm/s m² Pa. The tensile strength test using filler without beeswax coating produces a tensile strength value of 20 MPa. Research using beeswax coating produces the best tensile strength value of 14 MPa.

Keywords: *Beeswax, Biodegradable Polymer, Filler*

1. PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan kemasan yang sering digunakan dalam kehidupan manusia. Hal ini terjadi dikarenakan kemasan mempunyai bentuk yang elastis, ringan, murah, tidak mudah sobek, bersifat transparan, dan tahan air. Kemasan yang berbahan plastik menjadi

kendala lingkungan berskala global saat ini karena penggunaannya dinilai belum ramah lingkungan [1]. Penggunaan kemasan plastik ini sering diproduksi untuk penggunaan sekali pakai. Sehingga sampah plastik di dunia meningkat pesat. Sifatnya yang sulit diuraikan oleh alam mengakibatkan sampah plastik tidak akan hancur walaupun ditimbun dalam waktu yang sangat lama.

Salah satu alternatif pengganti kemasan plastik yaitu dengan mengganti bahan dengan *polymer* sekali pakai dari bahan alami yang dinamakan *biodegradable polymer*. *Biodegradable polymer* yaitu sejenis plastik dengan bahan baku alami yang mudah terurai oleh mikroba. Bahan baku alami yang sering digunakan yaitu pati. Pati yang mempunyai sifat mudah terurai oleh alam dan biaya yang murah. Akan tetapi *biodegradable polymer* yang dihasilkan masih banyak kekurangan. Maka dari itu, mulai banyak peneliti yang mencoba meminimalisir kekurangan dalam produk *biodegradable polymer* dengan ditambahkan *aditif, filler, coating agent*, dll. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Sjoqvist, dkk (2010) mengenai pembuatan *biodegradable foam* berbahan baku pati kentang hanya dengan penambahan *plasticizer* gliserol menunjukkan bahwa penyerapan air masih sangat tinggi [2]. Kemudian ada penelitian yang dilakukan oleh Tirado, dkk (2019) mengenai pembuatan *biodegradable foam tray* berbahan baku pati ubi jalar dengan ditambahkan *releasing agent* bisa mengurangi penyerapan air pada produk [3]. Penyerapan air masih bisa diminimalisir lagi dengan penambahan *filler* seperti penelitian yang dilakukan oleh Hendrawati, dkk (2017) mengenai pembuatan *biodegradable foam* berbahan dasar pati sagu dengan penambahan *filler* berupa kitosan 30% menunjukkan bahwa *biodegradable foam* masih dapat menyerap air sebesar 19% [4]. Penambahan *filler* memang dapat menurunkan nilai penyerapan air dari *biodegradable polymer*, akan tetapi hal tersebut masih dapat diturunkan lagi. Salah satu cara untuk menurunkan penyerapan air pada produk dengan ditambahkan pelapisan karena dengan pelapisan akan sulit dalam penyerapan air. Dilihat dari salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Reis, dkk (2018) dengan penambahan pelapisan berupa *beeswax* memiliki kelarutan dalam air sebesar 0,8% [5]. Dari penelitian tersebut pelapisan dengan *beeswax* memiliki penyerapan dalam air yang sedikit, sehingga pelapisan dengan *beeswax* tersebut dapat diterapkan pada produk *biodegradable polymer* untuk mengurangi penyerapan dalam air pada produk. Akan tetapi, dengan penambahan *beeswax* dapat menurunkan kuat tarik pada produk *biodegradable polymer*.

Tujuan dari kajian literatur ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *filler* dan *beeswax* terhadap uji kuat tarik, *water vapor permeability* dan *water absorption* pada *biodegradable polymer*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam kajian literatur ini disusun dengan proses mengumpulkan jurnal-jurnal dengan tema yang sama. Selanjutnya memaparkan proses, variabel, dan hasil dari tiap jurnal sehingga bisa menarik kesimpulan dari beberapa hasil yang dijelaskan dalam sumber yang berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil penelitian pada kajian literatur

Tabel 1. *Biodegradable polymer* tanpa pelapisan

Referensi	Jenis biopolimer	Bahan Baku	Komposisi	Karakteristik
Tirado, dkk (2019) [3]	<i>Biodegradable foam tray</i>	Pati ubi jalar	-Pati 100 g -Plasticizer gliserol 6,25 g -Releasing agent <i>magnesium stearate</i> 7,5 g	-WA 51% -WVP - -KT 0,67 MPa
Kaisangsri, dkk (2012) [6]	<i>Biodegradable foam</i>	Pati singkong	-Pati 80% -Filler kitosan 4 % -Filler serat kraft 30 %	-WA 15,77% -WVP - -KT 0,7422 MPa
Hendrawati, dkk (2015) [7]	<i>Biodegradable foam</i>	Pati singkong	-Pati 36 g -Plasticizer gliserol 6% -Releasing agent <i>masnesium stearate</i> 4% -Filler kitosan 10 g	-WA 51,04 % -WVP - -KT 0,249 MPa
Salgado, dkk (2008) [8]	<i>Biodegradable foam</i>	Pati singkong	-Pati 72 g -Plasticizer gliserol 4 % -Plasticizer guar gum 1,5% -Releasing agent <i>magnesium stearate</i> 4% -Filler selulosa 20 % -Isolat protein 10 %	-WA 38 % -WVP - -KT 6,57 MPa
Ernita, dkk (2020) [9]	<i>Biodegradable plastic</i>	Pati singkong	-Pati 10 g -Plasticizer gliserol -Filler kitosan-poly (NIPAM)	-WA 162,3 % -WVP - -KT 2,97 MPa
Sjoqvist, dkk (2010) [2]	<i>Biodegradable foam</i>	Pati kentang	-Pati 10% -Plasticizer gliserol 30%	-WA 246,6 % -WVP - -KT -
Lopez, dkk (2018) [10]	<i>Biodegradable foam</i>	Pati kentang	-Pati 24,75 % -Plasticizer gliserol 29,7% -Filler rosin 8 %.	-WA 32,7 % -WVP - -KT 10,7 MPa
Hendrawati, dkk (2017) [4]	<i>Biodegradable foam</i>	Pati sagu	-Pati 36 g -Plasticizer gliserol 16,67% -Filler kitosan 30 %. -Isolat protein 29%	-WA 19 % -WVP - -KT 20 MPa
Nurazizah, dkk (2019) [11]	<i>Biodegradable plastic</i>	Pati sagu	-Pati+PVA 30 g -Plasticizer sorbitol 3% -Filler kitosan 4%	-WA 21,42 % -WVP - -KT 16,69 MPa
Indra, (2019) [12]	<i>Biodegradable plastic</i>	Pati bonggol pisang	-Pati 5 g -Plasticizer gliserol 5 ml -Filler kitosan 0,2 g	-WA 44 % -WVP - -KT 3,7321 MPa

Keterangan:

WA : *Water Absorption*

WVP : *Water Vapor Permeability*

KT : Kuat Tarik

Tabel 2. *Biodegradable polymer* dengan pelapisan

Referensi	Jenis biopolimer	Bahan Baku	Komposisi	Karakteristik
Reis, dkk (2018) [5]	<i>Biodegradable tray</i>	Pati singkong	-Pati 52,5 g -Gliserol 17,5 g -Beeswax 1 g -Tween-80 25% -etanol 25%	-WA 0,8 % -WVP - -KT 11,5 MPa
Noviyanti, (2014) [13]	<i>Biodegradable film</i>	Pati singkong	-Pati 3 g -gliserol 0,75 g -natrium alginat : beeswax 19:6	-WA - -WVP $4,4042 \times 10^{-9}$ g/m s Pa -KT 4,0649 MPa
Auras, dkk (2009) [14]	<i>Biodegradable film</i>	Pati singkong	-Pati 10 g -gliserol 5% -beeswax 0,25%	-WA - -WVP $7,8 \times 10^{-7}$ g mm/s m ² Pa -KT 14 MPa
Herawan, dkk (2015) [15]	<i>Biodegradable film</i>	Pati kulit pisang	-Pati 7 g -air 100 ml -Carboxymethyl cellulose 1,5% -beeswax 20%	-WA 40,29 % -WVP - -KT 0,012 MPa
Han, dkk (2006) [16]	<i>Biodegradable film</i>	Pati kacang polong	-(Pati : gliserol = 60:40) dengan total 3% -beeswax 30%	-WA - -WVP $1,84 \times 10^{-6}$ g mm/s m ² Pa -KT 2,39 MPa

Keterangan:

WA : *Water Absorption*WVP : *Water Vapor Permeability*

KT : Kuat Tarik

3.2. Pembahasan kajian literatur

3.2.1 Uji *Water Absorbtion*

Water absorption merupakan pengujian untuk mengetahui seberapa besar penyerapan air pada produk [17]. *Biodegradable polymer* yang terbuat dari bahan alami masih memiliki penyerapan air yang tinggi. Salah satu faktor penentu nilai *water absorption* adalah kandungan amilopektin pada pati. Amilopektin memiliki kandungan lebih banyak dari amilosa yang mempunyai sifat yang sukar larut dalam air atau *hidrofobik* [18]. Penelitian yang dilakukan oleh Tirado, dkk (2019) melakukan pembuatan *biodegradable foam tray* dengan bahan baku umbi-umbian menghasilkan nilai *water absorption* sebesar 51,41% [3]. Penelitian tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian Hendrawati, dkk (2015) melakukan pembuatan *biodegradable foam* dengan bahan baku pati singkong menghasilkan *water arbsorption* sebesar 51,04% [7]. Hal ini dikarenakan kandungan amilopektin pada tanaman umbi dan singkong memiliki komposisi amilopektin yang tidak jauh berbeda, pada ubi jalar 75% dan pada singkong 73% [19]. Pada penelitian lain menggunakan bahan baku pati kentang oleh Lopez, dkk (2018) menghasilkan nilai *water absorption* lebih rendah

yaitu sebesar 32,7% [10]. Hal ini dikarenakan kandungan amilopektin pada pati kentang lebih banyak daripada pati singkong dan umbi, yaitu sebesar 78,96% [20]. Nilai lebih baik didapatkan dari penelitian Kaisangsri, dkk (2012) dengan bahan baku pati singkong menghasilkan *water absorption* sebesar 15,77 % [6]. Hal ini bisa didapatkan karena pada penelitian ini menggunakan tambahan *filler double* yaitu kitosan dan serat kraft, sehingga bisa lebih baik dalam ketahanan terhadap air [4].

Filler merupakan komposisi tambahan yang digunakan pada pembuatan *biodegradable polymer* yang dapat menambah sifat mekanik dan dapat berpengaruh pada daya serap air pada *biodegradable polymer* [17]. Pada penelitian Salgado, dkk (2008) melakukan *biodegradable foam* dengan *filler* selulosa menghasilkan *water absorption* sebesar 28% [8], nilai lebih baik dengan *filler* kitosan pada penelitian Hendrawati, dkk (2017) menghasilkan *water absorption* sebesar 19% [4]. Semakin banyak jumlah kitosan yang ditambahkan pada *biodegradable polymer*, maka semakin rendah persen *water absorption* yang dihasilkan [4]. Semakin besar *filler* kitosan yang ditambahkan maka semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat dalam *biodegradable polymer* sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut [11]. Selain itu kitosan yang memiliki sifat hidrofobik dan tak larut di dalam air [12].

Penelitian dengan *coating beeswax* dilakukan oleh Reis, dkk (2018) mendapatkan hasil *water absorption* yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa pelapisan, yaitu sebesar 0,8% [5]. Nilai *water absorption* dengan *filler* kitosan yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu sebesar 15,77%, sedangkan dengan *coating beeswax* yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu 0,8%. Pada penelitian Noviyanti, (2014) *beeswax* sebagai *coating agent* berguna untuk menahan air yang akan masuk kedalam *biodegradable polymer* karena sifat fisik dari *beeswax* yang tidak dapat larut dalam air. Pada waktu pengeringan, *beeswax* membentuk jejaring kristal sehingga dapat berfungsi sebagai penahan air pada *biodegradable polymer* [13].

3.2.2 Uji *Water Vapor Permeability*

Uji *water vapor permeability* bertujuan untuk menilai kemampuan lapisan *coating* sebagai penahan uap air. Pada penelitian Han, dkk (2006) mendapatkan nilai *water vapor permeability* turun dari sebesar $2,161 \times 10^{-6}$ g mm/s m² Pa menjadi sebesar $1,84 \times 10^{-6}$ g mm/s m² Pa dengan konsentrasi *beeswax* 0% ke 40% [16]. Dalam penelitian ini nilai *water vapor permeability* turun tidak signifikan karena masih memiliki rongga sehingga air masih bisa masuk. Nilai lebih baik pada penelitian Auras, dkk (2009) dengan nilai *water vapor permeability* $4,4042 \times 10^{-9}$ g mm/s m² Pa dengan konsentrasi *beeswax* 20% [14].

Dengan pengaplikasian *beeswax* sebagai *coating agent* pada *biodegradable polymer* membuat nilai *water vapor permeability* semakin menurun. Hasil *water vapor permeability* pada penelitian Noviyanti, (2014) $4,4042 \times 10^{-9}$ g mm/s m² Pa [13].

Nilai tersebut mendekati standart nilai *water vapor permeability Low Density Polyethylene* (LDPE) yaitu sebesar $4,8 \times 10^{-14}$ g/m s Pa. Menurut Volley, dkk (1993) laju transmisi uap air akan menurun seiring meningkatnya sifat hidrofobik dari senyawa penyusun *biodegradable polymer* [22]. Sehingga semakin tinggi konsentrasi *beeswax* maka permukaan *biodegradable polymer* semakin tertutup rata oleh *beeswax* karena *beeswax* dapat mencegah uap air masuk melalui permukaan.

3.2.3 Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik merupakan salah satu pengujian sifat mekanik dari suatu bahan *polymer*. Pada penelitian Hendrawati, dkk (2017) dengan bahan baku pati sagu menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 20 MPa [4]. Nilai lebih kecil pada penelitian Lopez, dkk (2018) dengan bahan baku pati singkong menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 10,7 MPa [10]. Nilai lebih kecil ditunjukkan oleh penelitian dengan bahan baku pati singkong. Jenis pati memang berperan penting dalam menentukan nilai kuat tarik. Kandungan amilosa sebagai rantai lurus dapat meningkatkan nilai kuat tarik pada *biodegradable polymer* [23]. Kandungan pati pada sagu mencapai 37% sedangkan kandungan pati pada singkong hanya mencapai 27% [24].

Pada pati kentang memiliki amilosa lebih besar dibandingkan dengan pati sagu, yaitu mencapai 21% [20]. Ditinjau dari jumlah amilosa, secara teoritis *biodegradable polymer* dengan bahan baku kentang akan memiliki nilai kuat tarik lebih baik daripada *biodegradable polymer* dengan bahan baku pati sagu ataupun pati singkong. Akan tetapi hasil dari penelitian Lopez, dkk (2018) berbanding terbalik dengan teori karena didapatkan nilai kuat tarik sebesar 10,7 MPa [10] yang nilainya lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Hendrawati, dkk (2017) dengan bahan baku pati sagu [4]. Hal ini dikarenakan pada penelitian Hendrawati, dkk (2017) ada penambahan *filler* berupa kitosan yang membantu meningkatkan nilai kuat tarik [4]. Semakin besar kitosan yang ditambahkan maka akan semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat di dalam *biodegradable polymer* sehingga ikatan kimianya akan semakin kuat dan sulit untuk diputus, karena memerlukan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut [12].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Noviyanti, (2014) dengan penambahan *beeswax* 6% menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 4,0649 MPa [13]. Sedangkan pada penelitian Reis, dkk (2018) dengan penambahan *beeswax* 3% menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 11,5 MPa [5]. Semakin tinggi konsentrasi *beeswax* yang digunakan, sampel akan semakin tebal dan nilai kuat tarik akan menurun. Hal ini dikarenakan sifat *beeswax* yang tidak larut dalam air membuat ikatan antar molekul pada saat proses pembuatan adonan berkurang dan membuat *biodegradable polymer* mudah rapuh [25].

Pengaruh penambahan *coating beeswax* membuat *biodegradable polymer* lebih keras karena terbentuknya kristal *beeswax* yang menyelimutinya. Nilai kuat

tarik dengan *filler* kitosan yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu sebesar 20 MPa, sedangkan dengan *coating beeswax* yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu 14 MPa.

4. KESIMPULAN

Pengaplikasian *filler* kitosan, serat kraft, selulosa maupun rosin pada *biodegradable polymer* dapat mengurangi penyerapan air dan dapat meningkatkan nilai kuat tarik. Hasil uji *water absorption* yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu dengan *filler* kitosan sebesar 15,77% dan hasil uji kuat tarik yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu dengan *filler* kitosan sebesar 20 MPa. Pengaplikasian *beeswax* sebagai *coating agent* pada *biodegradable polymer* juga dapat mengurangi penyerapan air dan menurunkan nilai *water vapor permeability*, akan tetapi dengan *coating beeswax* bisa menurunkan nilai kuat tarik suatu *biodegradable polymer*. Hasil *water absorption* yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu sebesar 0,8% dan *water vapor permeability* yang mendekati standart nilai *water vapor permeability Low Density Polyethylene* (LDPE) yaitu sebesar $4,4042 \times 10^{-9}$ g mm/s m² Pa. Sedangkan untuk hasil kuat tarik yang mendekati SNI 7188.7:2016 yaitu sebesar 14 MPa.

REFERENSI

- [1] Amadori, S., Torricelli, P., Panzavolta, S., Parrilli, A., Fini, M., and Bigi, A., 2015, *Highly Porous Gelatin Reinforced 3D Scaffolds for Articular Cartilage Regeneration*, *Macromol. Biosci*, Vol. 15, No. 7, 941–952.
- [2] Sjöqvist, M., Boldizar, A., and Rigdahl, M., 2010, *Processing and water absorption behavior of foamed potato starch*, *J. Cell. Plast*, Vol. 46, 497–517.
- [3] Tirado, J. P. C., Vejarano, R., Tapia-Blácido, D. R., Barraza-Jáuregui, G., and Siche, R., 2019, *Biodegradable foam tray based on starches isolated from different Peruvian species*, *Int. J. Biol. Macromol*, Vol. 125, 800–807.
- [4] Hendrawati, N., Lestari, Y. I., and Wulansari, P. A., 2017, *Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati*, *J. Rekayasa Kim. dan Lingkungan*, Vol. 12, No. 1, 1–7.
- [5] Reis, M. O., Olivato, J. B., Bilck, A. P., Zanela, J., Grossmann, M. V. E., and Yamashita, F., 2018, *Biodegradable Trays of Thermoplastic Starch/Poly (Lactic Acid) Coated with Beeswax*, *Ind. Crops Prod*, Vol. 112, 481–487.
- [6] Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O., and Laohakunjit, N., 2012, *Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan*, *Ind. Crops Prod*, Vol. 37, 542–546.
- [7] Hendrawati, N., Anna, R. S., and Ilmi, N. W., 2015, *Pengaruh Penambahan Magnesium Stearat dan Protein pada Pembuatan Biodegradable Foam dengan Metode Baking Process*, *J. Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 4, No. 2, 34–39.
- [8] Salgado, P. R., Schmidt, V., Ortiz, S. E. M., Mauri, J. B., and Laurindo, A. N., 2008, *Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process*, *J. Food Eng*, Vol. 85, 435–443.
- [9] Ernita, L., Riza, M., and Syaubari., 2020, *The Performance and Characterization of Biodegradable Plastic From Tapioca Starch: Effect of Modified Chitosan*, *J. Rekayasa Kim. dan Lingkungan*, Vol. 15, No. 1, 45–52.
- [10] López, D. D., Guillén, M. M., Martín-Gullón, I., García-Quesada, J. C., and Montalbán, M. G., 2018, *Study of the behavior of biodegradable starch/polyvinyl alcohol/rosin*

- blends*, Carbohydr. Polym, Vol. 202, 299–305.
- [11] Nurazizah, Amraini, S. J., and Bahrudin., 2019, *Pengaruh Sorbitol Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbasis Pati Sagu-Polivinil Alkohol (PVA) Dengan Menambahkan Kitosan Sebagai Filler Dan Sorbitol Sebagai Plastisizer*, J. F. Tek, Vol. 6, 1–8.
- [12] Nafiyanto, I., 2019, *Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Limbah Bonggol Pisang Kepok Dengan Plasticizer Gliserol Dari Minyak Jelantah Dan Komposit Kitosan Dari Limbah Cangkang Bekicot (Achatina Fullica)*, Int. Lab J, Vol. 7, No. 1, 75–89.
- [13] Noviyanti., 2014, *Bioplastik Komposit Pati Tapioka dan Lilin Lebah dengan Tambahan Natrium Alginat sebagai Pengemulsi*.
- [14] Auras, R., Arroyo, B., and Selke, S., 2019, *Production and properties of spin-coated cassava-starch-glycerol-beeswax films*, Starch/Staerke, Vol. 61, 463–471.
- [15] Herawan, C. D., and Mahatmanti, F. W., 2015, *Sintesis Dan Karakteristik Edible Film Dari Pati Kulit Pisang Dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax)*, lib. Unnes.
- [16] Han, J. H., Seo, G. H., Park, I. M., Kim, G. N., and Lee, D. S., 2006, *Physical and mechanical properties of pea starch edible films containing beeswax emulsions*, J. Food Sci, Vol. 71, 290–296.
- [17] Hardiansyah, Y., and Udjiana, S. S., 2020, *Studi Literatur Karakterisasi Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Dengan Penambahan Filler CASIO₃ Dan CACO₃*, J. Teknol. Separasi, Vol. 6, No. 2, 188–197.
- [18] Hendritomo, H. I., 2010, *Pengaruh pertumbuhan Mikroba Terhadap Mutu Kecap Selama Penyimpanan*, Pus. Pengkaj. dan Penerapan Teknol. Bioind, Thamrin, Jakarta.
- [19] Moorthy, S. N., Sajeev, M. S., and Anish, R. J., 2018, *Functionality of Tuber Starches*, *Starch in Food: Structure, Function*.
- [20] Niken, H. A., and Dicky, Y. A., 2013, *Isolasi Amilosa dan Amilopektin dari Pati Kentang*, J. Teknol. Kim. dan Ind, Vol. 2, No. 3, 57–62.
- [21] Arbiansyah, T., 2019, *Pembuatan Lilin dari Parafin, Asam Stearat, dan Crude Gliserol dari Alkoholis Minyak Jelantah*, J. Discret. UNS.
- [22] Debeaufort, F., Martin, P. M., and Volley., 1993, *Polarity Homogeneity and Structure Affect Water Vapour Permeability of Model Edible Film*, J Food Sci, Vol. 58, 426–434.
- [23] Pérez-Gago, M. B., and Rhim, J. W., 2013, *Edible Coating and Film Materials: Lipid Bilayers and Lipid Emulsions*, Innov. Food Packag, Second Ed, 325–350.
- [24] Moorthy, S. N., Sajeev, M. S., and Anish, R. J., 2018, *Functionality of Tuber Starches*, *Starch in Food: Structure, Funct. Appl.* Second Ed, Elsevier Ltd.
- [25] Hartuti, N., 2006, *Penanganan Segar Pada Penyimpanan Tomat dan Pelapisan Lilin Untuk Memperpanjang Masa Simpan*, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung.