



## Karakterisasi Bioplastik dari Pektin Kulit Labu Kuning (*Cucurbita moschata* Durch)

<sup>1</sup>Risnita Vicky Listyarini, <sup>2</sup>Puspita Ratna Susilawati, <sup>1</sup>Rosalia Cahyaningrum, <sup>1</sup>Nely Tonapa

<sup>1</sup>Prodi Pendidikan Kimia, FKIP, Universitas Sanata Dharma

<sup>2</sup>Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sanata Dharma

Kampus III Universitas Sanata Dharma Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman D.I.Yogyakarta 55282

Email: [risnita.vicky@usd.ac.id](mailto:risnita.vicky@usd.ac.id)

### Article History

Received: April 2020

Revised: May 2020

Published: June 2020

### Abstract

Pumpkin (*Cucurbita moschata* Durch) is one of the vegetable plants that are generally consumed as food. Pumpkin skin is a waste that has potential as a raw material for making bioplastics because it has pectin content. The characteristics of pectin that are gel become a reference in making bioplastics. Bioplastic synthesis consists of four steps, namely the making of pumpkin peel flour, pectin extraction, bioplastic synthesis, and bioplastic characterization. The experimental results show that pumpkin skin waste can be extracted with HCl solution and produce pectin in a ratio of 0.1:10 grams (w/w). The results of FTIR spectra characterization showed that bioplastics included pectin which produced absorption of C = O carbonyl groups in 1645 - 1625  $\text{cm}^{-1}$  and C-O stretch groups at 1101 - 1104  $\text{cm}^{-1}$ . Bioplastics produced have yellow characteristic. Pumpkin skin waste bioplastics are expected to be an alternative solution to the utilization of waste into products.

**Keywords:** Bioplastic; Pectin; Pumpkin peel

### Sejarah Artikel

Diterima: April 2020

Direvisi: Mei 2020

Dipublikasi: Juni 2020

### Abstrak

Labu kuning (*Cucurbita moschata* Durch) merupakan salah satu tanaman sayuran yang secara umum dikonsumsi sebagai bahan makanan. Kulit labu kuning adalah limbah yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena memiliki kandungan pektin. Karakteristik pektin yang bersifat gel menjadi acuan dalam pembuatan bioplastik. Sintesis bioplastik terdiri dari empat tahapan utama yaitu pembuatan tepung kulit buah labu kuning, ekstraksi pektin, sintesis bioplastik, dan karakterisasi bioplastik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa limbah kulit labu kuning dapat diekstraksi dengan larutan HCl dan menghasilkan pektin dengan perbandingan 0.1:10 gram (w/w). Hasil karakterisasi spektra FTIR menunjukkan bahwa bioplastik termasuk golongan pektin yang menghasilkan serapan gugus C=O karbonil pada 1645 – 1625  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus C-O stretch pada 1101–1104  $\text{cm}^{-1}$ . Bioplastik yang dihasilkan memiliki karakteristik berwarna kuning. Bioplastik limbah kulit labu kuning diharapkan menjadi alternatif pemanfaatan limbah menjadi produk (*waste to product*).

**Kata kunci:** Bioplastik; Pektin; Kulit labu kuning

## PENDAHULUAN

Plastik merupakan kebutuhan yang tak lepas dari masyarakat khususnya dalam kegiatan sehari-hari. Hal tersebut didukung oleh karena harga plastik yang terjangkau dan mudah didapatkan. Berdasarkan Asosiasi Aromatik, Olefin, dan Plastik (INAPLAS, 2019)

yang mencatat penggunaan plastik di Indonesia mencapai 23 kg per kapita (Arief, 2019). Plastik sering digunakan dalam pengemasan makanan, alat-alat rumah tangga, industri, dan beberapa alat elektronik dikarenakan sifat plastik yang tahan lama, tidak mudah rapuh, dan tahan terhadap air. Berdasarkan sifat tersebut, plastik banyak digemari masyarakat.

Penggunaan plastik hanya sesaat dan limbah plastik bertahan lama di lingkungan. Plastik terbuat dari polimer senyawa yang berasal dari *cracking* atau pemutusan rantai panjang hidrokarbon minyak bumi. Penggunaan plastik yang berasal dari minyak bumi memunculkan efek negatif ke lingkungan karena produk plastik tersebut akan bertahan di lingkungan dan susah terdegradasi sehingga menimbulkan permasalahan lingkungan (Mohantya, 2000; Siddique et al., 2008).

Dampak negatif plastik tersebut sangat bertolak belakang dengan konsumsi plastik yang terus meningkat oleh masyarakat. Perlu adanya solusi dalam menjawab permasalahan tersebut. Salah satu solusi tersebut adalah penggunaan bioplastik. Bioplastik adalah plastik yang terbuat dari bahan-bahan alami yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan plastik komersial (Agustin & Padmawijaya, 2016). Limbah makanan berpotensi digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Bagian-bagian seperti kulit, biji, batang dan bagian yang tidak bisa dimakan biasanya dibuang dan tidak dimanfaatkan lagi. Salah satu bagian yang dapat dimanfaatkan adalah kulit buah. Limbah kulit buah mengandung pektin yang berpotensi sebagai bahan pembuatan bioplastik.

Salah satu limbah yang berpotensi menjadi bahan bioplastik adalah limbah kulit labu kuning. Labu kuning merupakan tanaman yang terdapat di berbagai daerah di Indonesia dan dapat tumbuh di setiap musim. Daging labu kuning biasanya digunakan sebagai sayuran atau sebagai bahan dasar dalam membuat kue sedangkan kulit labu kuning biasanya dibuang (Nurhaeni et al., 2015). Kulit labu kuning mengandung pektin yang dilaporkan sebagai bahan alternatif pembuatan bioplastik (Mellinas et al., 2020). Pektin adalah senyawa pembentuk gel yang terkenal digunakan dalam makanan olahan seperti selai, jeli, dan selai. Kandungan pektin dalam labu kuning berkisar 8-22% tergantung kondisi tanah dan pertanian (Maddakandage Dona, 2019; Nurdjanah & Usmiati, 2006; Yoo et al., 2012). Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik (Tuhuloula et al., 2013).

Pektin menjadi komponen yang penting dalam jaringan tanaman yang memberikan fleksibilitas dan kekuatan mekanik. Pektin juga dikaitkan dalam hal viskositas, stabilitas, dan tekstur dan penampilan makanan (Chaubey & Kapoor, 2011). Oleh karena sifat fleksibilitas, pektin dapat berpotensi sebagai bahan utama pembuatan bioplastik. Isolasi pektin dari kulit labu kuning dilakukan dengan ekstraksi. Proses ekstraksi pektin dapat menggunakan pelarut berupa asam organik dan maupun asam mineral. Ekstraksi pektin umumnya dilakukan dengan cara memanaskan bahan pada suhu tertentu dengan larutan asam kuat seperti HCl (Nurhayati et al., 2016). Ekstraksi pektin menggunakan HCl encer dan pemanasan akan menyebabkan protopektin terhidrolisis menjadi pektin sehingga lebih banyak pektin yang terendapkan (May, 1990; Nurhayati et al., 2016). Penelitian ini memanfaatkan kulit labu kuning sebagai sumber pektin untuk pembuatan bioplastik. Tujuan utama penelitian ini adalah melakukan isolasi pektin dari kulit labu kuning, sintesis bioplastik dan melakukan karakterisasi bioplastik hasil sintesis.

## METODE

### 1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah gelas kimia, batang pengaduk, sendok, *hotplate*, indikator universal, pipet tetes, kaca preparat, oven, sentrifuge, saringan, kain kasa, mortar dan *pestle*, blender, *stopwatch*, label, kaca arloji, cawan petri dan *Fourier Transform*

*Infrared Spectrophotometer* (IRSpirit-T Shimadzu). Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kulit labu kuning, HCl pekat, etanol, larutan HCl 2 M, larutan NaOH 2 M, akuades, gliserol dan etilen glikol.

## 2. Preparasi Sampel

Kulit buah labu kuning dikumpulkan dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 50 °C selama 24 jam. Kulit labu kuning yang telah kering dihaluskan dengan menggunakan blender. Bubuk kulit labu kuning disimpan dalam wadah tertutup rapat.

## 3. Ekstraksi Pektin Kulit Labu Kuning

10 gram tepung kulit labu kuning ditambahkan akuades dan HCl hingga campuran mencapai pH 2.0. Campuran dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 1 jam.. Campuran disaring untuk diambil filtratnya. Filtrat ditambahkan dengan etanol dengan perbandingan 2:1 (etanol : filtrat). Campuran didiamkan selama 1 jam hingga terbentuk endapan pektin. Pektin disentrifugasi pada 1500 rpm selama 30 menit. Pektin dicuci sebanyak dua kali dengan menggunakan etanol. Padatan pektin dipisahkan dan dikeringkan selama 24 jam pada suhu 50 °C.

## 4. Sintesis Bioplastik

0.15 gram pektin kulit labu kuning ditambahkan dengan 1 mL akuades. Campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 50 °C selama 15 menit. Campuran ditambahkan dengan larutan NaOH 2 M hingga pH netral. Campuran dioleskan di atas kaca dan dioven dalam suhu 50 °C sampai mengering. Pada percobaan dilakukan dua variasi di mana campuran pertama (penambahan etilen glikol), campuran kedua (penambahan gliserol). Campuran dikeringkan di dalam oven dengan suhu 50 °C sampai mengering.

## 5. Karakterisasi Bioplastik

### a) Analisis dengan FTIR

Bioplastik dianalisis dengan *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer* (IR Spirit-T Shimadzu) di laboratorium Kimia, Prodi Pendidikan Kimia, Universitas Sanata Dharma. Pengukuran spektra dilakukan pada absorbansi 4000 – 400 cm<sup>-1</sup>.

### b) Analisis Kadar Air

Tiga sampel bioplastik ditimbang dengan massa yang sama. Sampel dipanaskan dalam oven dengan suhu 100 °C selama variasi waktu 30 menit, 1 jam, 2 jam, 24 jam, dan 48 jam. Pada setiap variasi waktu, bioplastik ditimbang massanya untuk mengetahui perubahan massa. Kadar air dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_{\text{sebelum}} (\text{g}) - M_{\text{sesudah}} (\text{g})}{M_{\text{sebelum}} (\text{g})} \times 100\%$$

di mana  $M_{\text{sebelum}}$  = massa sampel sebelum dipanaskan (g),  $M_{\text{sesudah}}$  = massa sesudah dipanaskan (g) (Gujar et al., 2014; Ibrahim et al., 2019).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Ekstraksi Pektin Kulit Labu Kuning

Ekstraksi pektin kulit labu kuning dapat dilakukan menggunakan pelarut yang sesuai. Penelitian Tuhouloula et al. (2013) menyatakan bahwa kadar pektin yang dihasilkan lebih banyak dengan menggunakan pelarut HCl dibandingkan pelarut lainnya. Pelarut HCl memiliki daya ekstrak pektin lebih banyak dibandingkan pelarut lainnya. Namun, ekstraksi dengan tingkat keasaman yang terlalu tinggi menjadi kurang baik karena terjadi kecenderungan degradasi pektin dan berkurangnya hasil ekstraksi (Nurhayati et al., 2016). Dalam penelitian ini digunakan pelarut HCl dan akuades untuk melakukan ekstraksi pektin. HCl dan akuades digunakan sebagai pelarut karena dapat menghasilkan pektin dengan baik sesuai dengan referensi (Maddakandage Dona, 2019; Yoo et al., 2012).

Proses ekstraksi pektin dilakukan dengan pemanasan karena seiring dengan kenaikan suhu akan terjadi hidrolisis protopektin menjadi pektin sehingga dapat mengendap (Roikah et al.,

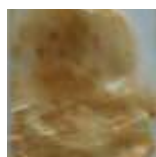
2016). Suhu pemanasan proses ekstraksi dilakukan pada sebesar 50 °C. Pencucian pektin menggunakan etanol menghasilkan endapan pektin perlu disaring dan dipisahkan. Hasil ekstraksi pektin dari limbah kulit labu kuning dapat dilihat pada Gambar 1. Perbandingan hasil ekstraksi yang didapatkan adalah 0.1:10 gram (w/w).



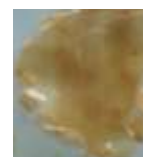
Gambar 1. Pektin Kulit Labu Kuning

## 2. Sintesis Bioplastik

Pektin hasil ekstraksi digunakan untuk sintesis bioplastik. Pektin dicampur dengan air sehingga berbentuk campuran gel. Hal tersebut dikarenakan karakteristik pektin yang bersifat gel sehingga sering digunakan sebagai bahan tekstur dan pengental dalam makanan (Hanum et al., 2012). Pembuatan bioplastik ditambahkan dengan plastizicer yaitu gliserol untuk meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas plastik. Gliserol dan etilen glikol digunakan sebagai *plasticizer* karena efektif dalam mengurangi ikatan hidrogen pada interaksi molekular (Anggarini et al., 2013). Penambahan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik perlu dilakukan untuk meningkatkan kelenturan plastik karena sifat pektin yang keras dan rapuh (Anggarini et al., 2013; Genadios, 2002). Bioplastik dari pektin kulit labu kuning disajikan dalam Gambar 2.



(a)



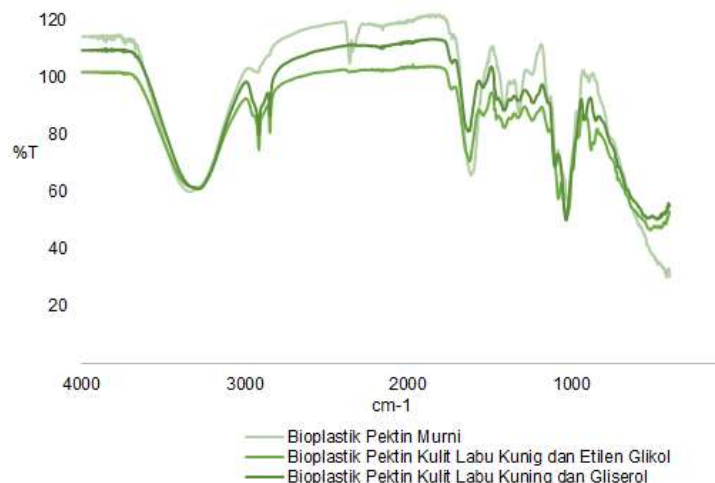
(b)

Gambar 2. Bioplastik (a) Pektin Kulit Labu Kuning dan Etilen Glikol; (b) Pektin Kulit Labu Kuning dan Gliserol

## 3. Karakterisasi Bioplastik

### a) Analisis dengan FTIR

Bioplastik dari pektin kulit buah dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR (Fourier Transform – Infrared) untuk mengidentifikasi gugus fungsi pektin. Gugus – gugus fungsional pektin biasanya terdapat di wilayah antara 1000 dan 2000  $\text{cm}^{-1}$  pada spektraFTIR (Ismail et al., 2012). Plastik dari pektin murni disintesis dan digunakan sebagai pembanding dalam percobaan ini. Spektra FTIR dari plastik pektin murni, bioplastik pektin kulit labu kuning dan gliserol; bioplastik pektin kulit labu kuning dan etilen glikol disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FTIR: Bioplastik Pektin Murni; Bioplastik Pektin Kulit Labu Kuning dan Etilen Glikol; Bioplastik Pektin Kulit Labu Kuning dan Gliserol.

Analisis gugus fungsi dalam bioplastik pektin kulit labu kuning menggunakan disajikan dalam Tabel 1. Gugus C=O karbonil terdeteksi keberadaannya pada 1625 cm<sup>-1</sup> untuk bioplastik kulit labu kuning dan etilen glikol serta 1645cm<sup>-1</sup> untuk bioplastik labu kuning dan gliserol menunjukkan bahwa sampel termasuk golongan pektin. Hal ini sesuai dengan hasil FTIR untuk pektin murni yang menunjukkan serapan pada 1625 -1604 cm<sup>-1</sup>. Keberadaan gugus C-O stretch pada 1079 cm<sup>-1</sup> untuk sampel bioplastik kulit labu kuning dan etilen glikol dan 1101 cm-1 untuk sampel bioplastik kulit labu kuning dan gliserol juga menunjukkan bahwa sampel termasuk golongan pektin. Hal ini sesuai dengan hasil FTIR pektin murni yang menunjukkan serapan pada 1098 cm<sup>-1</sup>. Terjadi kenaikan intensitas gugus fungsi -OH karboksil akibat penambahan etilen glikol dan gliserol dalam bioplastik kulit labu (Sofia et al., 2017; Utami et al., 2014). Hasil sampel sesuai dengan referensi – referensi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh (Ismail et al., 2012; Megawati & Ulinuha, 2015; Sofia et al., 2017).

**Tabel 1.** Hasil Analisis Gugus Fungsi Bioplastik dari Pektin Kulit Labu Kuning

| Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )                |  |                         |               |  |
|---|--|-------------------------|---------------|--|
| Bioplastik pektin kulit labu kuning dan etilen glikol | Bioplastik pektin kulit labu kuning dan gliserol | Bioplastik pektin murni | Gugus Fungsi  | Referensi  |
| 3353 – 3280   | 3340 – 3275                                      | 3383 - 3256             | -OH Karboksil | (Sofia et al., 2017)   |
| 2918  | 2923   | 2923                    | C-H alkana    | (Sofia et al., 2017)   |
| 1739  | 1736   | 1740                    | RCOOR         | (Ismail et al., 2012; Megawati et al., 2015)                     |
| 1625  | 1645 - 1625                                      | 1625 - 1604             | C=O Karbonil  | (Ismail et al., 2012; Megawati et al., 2015; Sofia et al., 2017) |

|      |             |      |                    |  |
|------|-------------|------|--------------------|--|
| 1079 | 1101 – 1104 | 1098 | C-O <i>stretch</i> | (Ismail et al., 2012; Megawati et al., 2015; Sofia et al., 2017) |
|------|-------------|------|--------------------|--|

Perbandingan hasil FT-IR pektin murni dan bioplastik kulit labu kuning tidak menunjukkan adanya kemunculan gugus fungsi yang baru. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sintesis bioplastik merupakan pencampuran secara fisik karena tidak terjadi perubahan secara kimia (Ismail et al., 2012).

### b) Analisis Kadar Air

Kandungan air pada bioplastik pektin labu kuning dianalisis dengan pemanasan pada suhu 100 °C dalam variasi waktu 30 menit, 1 jam, 2 jam, 24 jam, dan 48 jam. Perubahan massa pada setiap variasi waktu dicatat. Tujuan pemanasan dalam variasi waktu berbeda adalah untuk mendapatkan massa yang stabil. Hasil pengujian kadar air disajikan dalam Tabel 2. Analisis kadar air menunjukkan bahwa bioplastik dengan etilen glikol memiliki kadar air 15.6%. Bioplastik dengan penambahan gliserol memiliki kadar air sebesar 6.6%. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik mengandung air. Penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan fleksibilitas plastik namun menyebabkan plastik mudah menyerap air (Megawati et al., 2015). *Plasticizer* seperti etilen glikol dan gliserol bersifat hidrofilik yang dapat mengikat uap air dari lingkungan.

Tabel 2. Analisis Kadar Air (%) Bioplastik

| Sampel                                     | Kadar air (%) |
|--|---------------|
| Pektin Kulit Labu Kuning dan Etilen Glikol | 15.6 %        |
| Pektin Kulit Labu Kuning dan Gliserol.     | 6.6 %         |

## KESIMPULAN

Kulit labu kuning dapat diekstraksi dengan larutan HCl dan menghasilkan pektin dengan perbandingan 0.1:10 gram. Pektin hasil ekstraksi dapat digunakan untuk sintesis bioplastik yang dicampur dengan *plasticizer* yaitu etilen glikol dan gliserol. Hasil karakterisasi spektra FT-IR menunjukkan bahwa bioplastik termasuk golongan pektin yang menghasilkan serapan gugus karbonil di 1625 – 1645 cm<sup>-1</sup> dan gugus C-O *stretch* 1079 cm<sup>-1</sup> – 1101 cm<sup>-1</sup>.

## SARAN

Penelitian dapat dilanjutkan untuk pengujian sifat mekanik bioplastik untuk mengetahui sifat mekanik (daya tarik, elongasi, elastisitas) dari bioplastik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma yang telah membiayai penelitian melalui skema Penelitian Internal.

## DAFTAR PUSTAKA

Agustin, Y. E., & Padmawijaya, K. S. (2016). Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Adiktif. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 40-48.

- Anggarini, F., Latifah, & Sundari, M. S. (2013). Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(3), 173-178.
- Arief, A. M. (2019). Evaluasi Industri Plastik Tahun 2019. *Bisnis.com*. Retrieved from <https://ekonomi.bisnis.com/read/20191230/12/1185390/evaluasi-industri-plastik-tahun-2019>
- Genadios, A. (2002). *Protein Base Films and Coating*. Florida: CRC Press.
- Gujar, S., Pandel, B., & Jethoo, A. S. (2014). Effect of Plasticizer on Mechanical and Moisture Absorption Properties of Eco-friendly Corn Starch-based Bioplastic. *Nature Environment and Pollution Technology*, 13(2), 425 - 428.
- Hanum, F., Kaban, I. M. D., & Angelina, T. M. (2012). Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Pisang Raja (*Musa Sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2).
- Ibrahim, M. I. J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Zuhri, M. Y. M. (2019). Physical, thermal, morphological, and tensile properties of cornstarch-based films as affected by different plasticizers. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 925-941. doi:10.1080/10942912.2019.1618324
- Ismail, N. S. M., N. Ramli, Hani, N. M., & Z., M. (2012). Extraction and Characterization of Pectin from Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using Various Extraction Conditions. *Sains Malaysiana*, 41(1), 41-45.
- Maddakandage Dona, J. S. (2019). Isolation and Characterization of Pectin from Pumpkin (*Cucurbita maxima*) Waste and Its Food Application. *Asian Food Science Journal*, 1-9. doi:10.9734/afsj/2019/v13i230104
- May, C. D. (1990). Industrial Pectins: Sources, Production and Applications. *Carbohydrate Polymers*, 12, 79-99.
- Megawati, & Ulinuha, A. Y. (2015). Ekstraksi Pektin Kulit Buah Naga (Dragon Fruit) dan Aplikasinya Sebagai Edible Film. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), 16-23. doi:10.15294/jbat.v3i1.3097
- Mellinas, C., Ramos, M., Jimenez, A., & Garrigos, M. C. (2020). Recent Trends in the Use of Pectin from Agro-Waste Residues as a Natural-Based Biopolymer for Food Packaging Applications. *Materials (Basel)*, 13(3). doi:10.3390/ma13030673
- Mohantya, A. K., Misraa, M., Hinrichsen, G.,.. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. *Macromol. Mater. Eng*, 276, 1-24.
- Nurdjanah, N., & Usmiati. (2006). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Labu Kuning. *Jurnal Pascapanen*, 3(1), 13-23.
- Nurhaeni, Ranoto, N. R., & Razak, A. R. (2015). Retensi Karoten dalam Berbagai Produk Olahan Labu Kuning (*Cucurbita moschata* Durh). *Jurnal of Natural Science*, 4(1), 104-110.
- Nurhayati, N., Maryanto, M., & Tafrikhah, R. (2016). Ekstraksi Pektin dari Kulit dan Tandan Pisang dengan Variasi Suhu dan Metode (Pectin Extraction from Banana Peels and Bunch with Various Temperatures and Methods). *Jurnal Agritech*, 36(03), 327. doi:10.22146/agritech.16605
- Roikah, S., Rengga, Wara Dyah Pita, Latifah, & Kusumastuti, E. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Dari Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*,L). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(1), 29-26. doi:10.15294/jbat.v4i2.5432
- Siddique, R., Khatib, J., & Kaur, I. (2008). Use of recycled plastic in concrete: a review. *Waste Manag*, 28(10), 1835-1852. doi:10.1016/j.wasman.2007.09.011
- Sofia, A., Prasetya, A. T., & Kusumastuti E. (2017). Komparasi Bioplastik Kulit Labu Kuning-Kitosan dengan Plasticizer dari Berbagai Variasi Sumber Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2).

- Tuhuloula, A., Budiarti, L., & Nur Fitriana, E. (2013). Karakterisasi Pektin Dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi. *Konversi*, 2(1), 21-27. doi:10.20527/k.v2i1.123
- Utami, M. R., Latifah, & Widiarti, N. (2014). Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 163-167.
- Yoo, S. H., Lee, B. H., Lee, H., Lee, S., Bae, I. Y., Lee, H. G., Fishman, M. L., Chau, H. K., Savary, B. J., & Hotchkiss, A. T., Jr. (2012). Structural characteristics of pumpkin pectin extracted by microwave heating. *J Food Sci*, 77(11), C1169-1173. doi:10.1111/j.1750-3841.2012.02960.x