

---

**Physicochemical Characterization and FTIR Analysis of Galactomannan from Sugar Palm Fruit  
(*Arenga pinnata* Merr.)**

<sup>1</sup>Fikrtaul Ihsan, <sup>\*2</sup>Anna Anggraini

<sup>1-2</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Lancang Kuning

E-mail: [fikratulihسان@gmail.com](mailto:fikratulihسان@gmail.com), [annaanggraini@unilak.ac.id](mailto:annaanggraini@unilak.ac.id)

---

Diterima: 7 Juli 2023

Direview: 7 Juli 2023

Diterbitkan: 25 Juli 2023

Hak Cipta © 2023 oleh Penulis (dkk) dan Jurnal JURAGAN

\*This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



---

**ABSTRACT**

*Commercial galactomannans such as guar gum, tara gum and locust bean gum are used as thickeners and emulsion stabilizers in the food industry. The increasing demand of the food industry for galactomannan has become the focus of research to developed from other plant sources such as sugar palm fruit. Galactomannan was successfully extracted from kolang-kaling based on the structural characteristics of galactomannan which confirmed the presence of  $\alpha$  and  $\beta$  conformers at wave numbers 810 and 871  $\text{cm}^{-1}$ . The physicochemical characterization in this study include yield, specific gravity, pH, soluble protein content, moisture content, water absorption and oil absorption. Based on the results of this study, the yield of galactomannan sugar palm fruit was 2.33% with a specific gravity of 1.00 g/ml. Galactomannan of sugar palm fruit has pH, soluble protein content, water content, water absorption and oil absorption significantly different from tara gum. The water absorption and oil absorption capacity of galactomannan is higher than tara gum, so it can be used as a thickener and emulsion stabilizer to replace commercial galactomannan.*

*Keywords : characteristics, extraction, galactomannan, sugar palm fruit*

---

**PENDAHULUAN**

Galaktomanan merupakan polisakarida larut air yang dapat diisolasi terutama dari endosperm biji tanaman jenis *Leguminaceae* (Lavudi *et al.* 2017) dan *palmae* (Ihsan *et al.* 2022). Polisakarida ini tersusun atas rantai utama linear  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-D-mannosa [M] dan rantai cabang D-galaktosa [G] yang terikat pada rantai utama dengan ikatan  $\alpha$ -(1-6) (Dea dan Morison 1975). Galaktomanan komersil oleh industri pangan digunakan sebagai penstabil emulsi dan pengental (Albuquerque *et al.* 2016), sedangkan pada industri farmasi, galaktomanan dimanfaatkan sebagai bahan pengental yang memiliki kandungan antioksidan dalam pembuatan *lotion* (Yanti *et al.* 2017). Permintaan industri pangan akan kebutuhan galaktomanan komersil sebagai bahan tambahan pangan terus mengalami peningkatan. Indonesia masih mengimpor galaktomanan komersil dari India dan Pakistan (Lavudi *et al.* 2017), sehingga diperlukan sumber galaktomanan lokal untuk memenuhi kebutuhan industri pangan salah satunya yaitu galaktomanan yang diekstrak dari kolang-kaling.

Kolang-kaling merupakan endosperm biji dari tanaman aren yang telah direbus dan mudah ditemukan di pasar tradisional karena tidak bersifat musiman, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Tanaman aren (*Arenga pinnata*) termasuk pada tanaman *palmae* yang tumbuh di sepanjang

dataran Asia dan mudah beradaptasi pada berbagai agroklimat mulai dari dataran rendah hingga ketinggian 40 m di permukaan laut (Effendi 2009). Tanaman aren menyebar luas di 14 provinsi Indonesia dengan total luas areal sekitar 70 000 ha (Ditjenbun 2015). Buah aren memiliki kandungan air (6.8%), serat makanan berupa galaktomanan (16.2%), protein kasar (10%), mineral (7.9%) sedikit lemak (1.5%) (FAO 1984). Serat makanan berupa galaktomanan yang terdapat pada kolang-kaling menjadikan kolang-kaling sebagai tanaman potensial dijadikan sebagai sumber galaktomanan lokal.

Galaktomanan yang di ekstrak dari tanaman *leguminaceae* dan *palmae* memiliki rasio M/G yang berbeda-beda. Perbedaan rasio M/G akan memengaruhi karakteristik fisik dari galaktomanan yang dihasilkan seperti kekentalan dan stabilitas emulsi (Ihsan *et al.* 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik galaktomanan yang diekstrak dari kolang-kaling dan dibandingkan dengan galaktomanan komersil. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal penggunaan galaktomanan kolang-kaling pada industri pangan sebagai bahan pengental dan penstabil emulsi.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Februari hingga Oktober 2019. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Instrumen, Laboratorium Kimia Pangan, Laboratorium Biokimia Pangan, Laboratorium Rekayasa Pangan dan Laboratorium Pengolahan Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

### Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan adalah kolang-kaling segar yang diperoleh dari Pasar Anyar, Kota Bogor dan galaktomanan komersil dengan nama dagang Tara gum yang diproduksi oleh Exandal S.A. Kolang-kaling yang digunakan memiliki tingkat kematangan *mid mature* dengan spesifikasi sebagai berikut: berwarna putih transparan dan bertekstur keras di bagian tengah. Bahan yang digunakan untuk tahap ekstraksi galaktomanan adalah akuades dan etanol 96% (teknis). Bahan-bahan kimia untuk analisis karakteristik fisiko-kimia galaktomanan kolang-kaling antara lain akuades, minyak jagung (merk Mazola), natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), natrium hidroksida (NaOH), tembaga sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ), natrium kalium tartarat ( $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), pereaksi folin ciocalteau dan larutan serum bovine albumin (BSA standar). Alat yang digunakan pada tahap ekstraksi galaktomanan adalah gelas piala 1 L (Pyrex), neraca analitik FS-AR210 (Fujitsu), blender (Philipps), *hot plate* (Thermolyne), *magnetic stirrer*, termometer raksa, centrifuge 5810 R (Eppendorf), penyaring vakum (Yamato), cawan arloji, oven pengering (Cascade Tek), mortal, tabung sentrifugasi 250 mL serta refrigerator suhu 5°C (GEA). Alat-alat yang digunakan untuk pengujian karakteristik fisiko-kimia yaitu UV-Vis spektrofotometer (UV mini-1240 UV-Vis spectrophotometers serial No. A109349, Shimadzu), spektrofotometer FTIR (IRPrestige-21, Shimadzu), oven 105°C, tabung sentrifugasi 15 mL (PP Colonial Bottom Corning) dan cawan aluminium.).

### Metode Penelitian

#### Ekstraksi Galaktomanan Kolang-kaling

Tahap ekstraksi galaktomanan kolang-kaling mengacu pada metode yang telah dilakukan oleh Torio (2006) dengan modifikasi pada tahap pengeringan. Penelitian yang dilaporkan oleh Torio *et al.* (2006) menggunakan *freeze drying* untuk mendapatkan galaktomanan bubuk, sedangkan pada penelitian ini untuk efisiensi biaya digunakan oven pengering. Kolang-kaling segar ditimbang sebanyak 150 gram dan ditambahkan air akuades sebanyak 1.5 L, dihomogenkan menggunakan blender dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 20 menit lalu disimpan pada lemari pendingin selama 24 jam. Dilakukan sentrifugasi pada 5000 rpm selama 30 menit hingga terbentuk lapisan terpisah berupa supernatan dan residu. Supernatan diambil dan ditambahkan etanol 96% sambil diaduk secara konsisten dengan perbandingan 1:2 kemudian di simpan dalam lemari pendingin selama 24 jam. Endapan yang diperoleh dipisahkan menggunakan penyaring vakum untuk selanjutnya dilakukan tahapan pengeringan menggunakan oven pengering pada suhu 50°C selama 24 jam.

#### Analisis Galaktomanan

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis terhadap karakteristik galaktomanan komersil (tara gum) yang digunakan sebagai pembanding. Galaktomanan kolang-kaling dan tara gum kemudian dianalisis secara fisiko-kimia meliputi: rendemen, berat jenis (Skoog dan Wes 1963), pH (Huang *et al.* 2001),

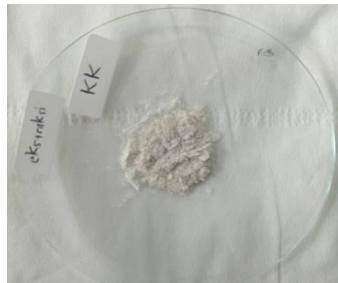
kadar air (AOAC 2012), kadar protein terlarut (Lowry *et al.* 1951), pengujian FTIR, kapasitas pengikatan air dan kapasitas pengikatan minyak (Modifikasi Galla dan Dubasi 2010).

#### Analisis data

Pada penelitian ini data hasil pengamatan dianalisis menggunakan SPSS 21 dengan uji independence-sample t test untuk membandingkan karakteristik fisiko-kimia dari galaktomanan kolang-kaling dan tara gum.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel galaktomanan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas galaktomanan kolang-kaling yang merupakan hasil ekstraksi dari biji tanaman *Arenga pinnata* Merr. (Gambar 2) dan tara gum yang merupakan galaktomanan komersil hasil ekstraksi dari biji tanaman *Caesalpinia spinosa*. Karakterisasi galaktomanan yang diujikan meliputi analisis rendemen, berat jenis, pH, kadar air, kadar protein terlarut, kapasitas pengikatan air, kapasitas pengikatan minyak dan struktur galaktomanan. Hasil analisis rendemen, berat jenis, pH, kadar air, protein terlarut, kapasitas pengikatan air dan kapasitas pengikatan minyak dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Galaktomanan kolang-kaling

Tabel 1. Karakteristik Galaktomanan Kolang-kaling

Analisis	Galaktomanan kolang-kaling	Tara gum
Rendemen (%)	2.33	-
Berat jenis (g/mL)	1.004±0.02 <sup>a</sup>	1.008±0.03 <sup>a</sup>
pH	5.54±0.08 <sup>a</sup>	6.64±0.07 <sup>b</sup>
Kadar air (%)	11.70±0.72 <sup>b</sup>	8.50±0.08 <sup>a</sup>
Kadar protein terlarut (%)	1.03±0.00 <sup>a</sup>	1.15±0.02 <sup>b</sup>
Kapasitas pengikatan air (g air/100 g sampel)	154.28±1.74 <sup>b</sup>	125.54±0.72 <sup>a</sup>
Kapasitas pengikatan minyak (g minyak/100 g sampel)	44.77±1.57 <sup>b</sup>	31.30±1.15 <sup>a</sup>
Rasio M/G	2.0 <sup>*</sup>	3.0 <sup>**</sup>

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil rendemen dan berat jenis galaktomanan kolang-kaling yang diperoleh sesuai dengan penelitian Torio *et al.* (2006). Torio *et al.* (2006) melaporkan bahwa rendemen galaktomanan dari biji *Arenga saccharifera* Labill berkisar antara 1.27-3.72% tergantung pada tingkat kematangan buah, sedangkan berat jenis galaktomanan kolang-kaling yang dilaporkan yakni 1.0035-1.0055 g/mL. Tingkat kematangan buah memengaruhi komposisi kolang-kaling terutama kadar air. Semakin tinggi kadar air yang dilaporkan, maka semakin rendah rendemen dan berat jenis yang diperoleh. Kolang-kaling dilaporkan memiliki kadar air berkisar antara 92.28-90.23% tergantung pada tingkat kematangan buah (Torio *et al.* 2006). Berdasarkan karakteristik fisik yang dilaporkan oleh Torio *et al.* (2006), diduga kolang-kaling yang digunakan pada penelitian ini memiliki tingkat kematangan *mid mature* dengan rendemen 2.71%. Menurut Torio *et al.* (2006), kolang-kaling dengan tingkat kematangan *mid mature* memiliki komposisi sebagai berikut: kadar air (92.09%), kadar abu (0.29%), kadar lemak (0.49%), kadar protein (1.57%) dan kadar serat (2.07%) (Torio *et al.* 2006). Karaman *et al.* (2014) melaporkan bahwa sebagian besar hidrokoloid memiliki pH dibawah 7, termasuk galaktomanan kolang-kaling dan tara gum yang memiliki pH 5.54 dan 6.64.

Galaktomanan kolang-kaling memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan tara gum. Pada penelitian ini hasil endapan berupa senyawa galaktomanan dikeringkan menggunakan oven pengering selama 24 jam pada suhu 50°C. Tahap pengeringan menggunakan oven pengering hanya mampu menurunkan kadar air galaktomanan kolang-kaling hingga 11.70%. Bourbon *et al.* (2010) melaporkan

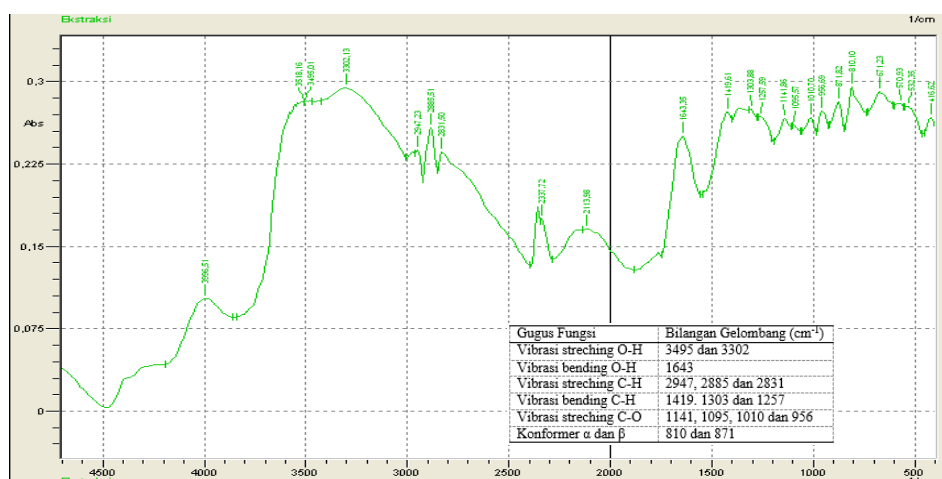
bahwa locust bean gum memiliki kadar air sebesar 11.38%. Perbedaan nilai kadar air dipengaruhi oleh waktu, suhu dan metode pengeringan yang digunakan.

Menurut Garti *et al.* (1997), secara alami protein ikut terekstrak selama proses ekstraksi gum atau polisakarida yang akan memengaruhi kemampuan gum dalam membentuk sistem emulsi O/W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 1.03% kadar protein terlarut yang ikut terekstrak pada proses ekstraksi galaktomanan kolang-kaling dan terdapat 1.15% protein terlarut pada tara gum. Hasil penelitian yang diperoleh lebih rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilaporkan oleh Torio *et al.* (2006). Torio *et al.* (2006) melaporkan bahwa kadar protein terlarut galaktomanan kolang-kaling berdasarkan tingkat kematangannya berkisar antara 1.36-2.11%. Wu *et al.* (2009) melaporkan bahwa tara gum memiliki kadar protein sebesar 0.7%. Perbedaan hasil komposisi kimia galaktomanan dipengaruhi oleh lokasi geografi dan varietas tanaman (Coorey *et al.* 2014). Karakteristik fisik lain yang harus dimiliki oleh hidrokoloid ialah kemampuan dalam mengikat air dan minyak.

Berdasarkan hasil penelitian kemampuan galaktomanan kolang-kaling dalam mengikat air dan minyak lebih baik dibandingkan dengan tara gum. Daya serap air yang baik diperlukan oleh produsen makanan tertentu seperti sosis untuk memperbaiki tekstur dan mengurangi kehilangan air selama proses pemanasan. Begitu juga dengan daya serap minyak yang baik mengindikasikan kemampuan suatu hidrokoloid untuk membentuk suatu sistem emulsi yang stabil (Coorey *et al.* 2014).

Galaktomanan kolang-kaling memiliki kapasitas pengikatan air dan minyak sebesar 154.28 g air/100 g sampel dan 44.77 g minyak/100 g sampel. Daya serap air yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hussin *et al.* (2017), namun kapasitas pengikatan minyak yang diperoleh lebih rendah. Hussin *et al.* (2017) melaporkan bahwa galaktomanan kolang-kaling memiliki kapasitas pengikatan air dan minyak sebesar 150.0 g air/100 g sampel dan 103.3 g minyak/ 100 g sampel. Kemampuan galaktomanan dalam mengikat air dikarenakan adanya gugus hidrofilik yang dimiliki oleh galaktomanan, sedangkan kemampuan galaktomanan dalam mengikat minyak dikarenakan adanya gugus hidrofobik yang dimiliki oleh protein yang secara alami ikut terekstrak (Coorey *et al.* 2014).

Selain karakteristik fisik galaktomanan kolang-kaling yang telah diujikan, perlu untuk mengetahui struktur dari galaktomanan. Pada penelitian ini struktur galaktomanan kolang-kaling dianalisis menggunakan spektrofotometer FT-IR pada bilangan gelombang 400-1400  $\text{cm}^{-1}$ . Albuquerque *et al.* (2017) menjelaskan bahwa bilangan gelombang FT-IR dapat dibagi menjadi dua daerah yakni daerah frekuensi gugus fungsional (4000-1400  $\text{cm}^{-1}$ ) dan daerah sidik jari (1400-400  $\text{cm}^{-1}$ ). Pada daerah sidik jari setiap atom dalam suatu molekul akan saling memengaruhi sehingga menghasilkan pita-pita absorpsi yang khas untuk setiap molekul. Berbeda halnya dengan pita-pita pada daerah frekuensi gugus fungsional yang terbentuk akibat vibrasi dua atom yang dipengaruhi oleh massa atom yang berikatan (Albuquerque *et al.* 2017). Spektum FT-IR galaktomanan kolang-kaling dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum FTIR Galaktomanan Kolang-kaling

Gambar 2 menunjukkan daerah sidik jari pada bilangan gelombang 1141, 1095, 1010 dan 956  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan C-O dari ikatan glikosidik galaktomanan dan konformer  $\alpha$  dan  $\beta$  pada panjang gelombang 810 dan 871  $\text{cm}^{-1}$ . Konformer  $\alpha$  dan  $\beta$  yang diperoleh berada pada panjang gelombang yang sama dengan penelitian yang dilaporkan oleh Karine *et al.* (2018); Albuquerque *et al.*

(2017) dan Tarigan *et al.* (2012). Daerah gugus fungsional yang terdeteksi yaitu vibrasi stretching O-H (3495 dan 3302  $\text{cm}^{-1}$ ) yang menandakan adanya pergerakan getaran O-H dari gugus hidrohidroksil galaktomanan, daerah vibrasi bending O-H (1643  $\text{cm}^{-1}$ ) dari residual air yang tinggal pada sampel, daerah vibrasi stretching C-H (2947, 2885 dan 2831  $\text{cm}^{-1}$ ) dan vibrasi bending C-H (1419, 1303 dan 1257  $\text{cm}^{-1}$ ). Berdasarkan hasil spektrum FT-IR yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa galaktomanan kolang-kaling memiliki daerah sidik jari yang mengonfirmasi adanya ikatan  $\alpha$  dan  $\beta$  sebagai struktur penyusun galaktomanan.

## KESIMPULAN

Galaktomanan berhasil diekstrak dari kolang-kaling berdasarkan karakteristik struktural galaktomanan yang mengonfirmasi adanya konformer  $\alpha$  dan  $\beta$  pada bilangan gelombang 810 dan 871  $\text{cm}^{-1}$ . Galaktomanan kolang-kaling memiliki daya serap air dan daya serap minyak lebih tinggi dibandingkan dengan tara gum, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengental dan penstabil emulsi untuk menggantikan galaktomanan komersil.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2012. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical of Chemist, 19<sup>th</sup> Edition Volume II. Gaithersburg (US): The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- Albuquerque, BSP, Luana, CBB, Maria, TS, Maria GC. 2016. Biotechnological Applications of Galactomannan Matrices: Emphasis on Immobilization of Biomolecules. *Advances in Research*. Vol. 6, no, pp.1-17.
- Albuquerque, BSP, Miguel, AC, Antonio, AV, Jose, AT, Maria, G. 2017. Immobilization of Bioactive Compounds in *Cassia grandis* Galactomannan-based Films: Influence on Physicochemical Properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. Vol. 96, no.2017, pp. 727-735.
- Bourbon, AL, Pinheiro, AC, Ribeiro, C, Miranda C, Maia JM, Vincente AA. 2009. Characterization of Galactomannans Extracted from Seed of *Gleditsia triacanthos* and *Sophora japonica* Through Shear and Extensional Rheology Comparison with Guar Gum and Locust Bean Gum. *Journal of Food Hydrocolloids*. (24): 184-192.
- Coorey, R, Audrey, T, Vijay, J. 2014. Gelling of Properties of Chia Seed and Flour. *Journal of Food Science*. Vol. 79, no.5, pp. E859-E866.
- Dea, ICM & Morrison, A. 1975. Chemistry and Interactions of Seed Galactomannans. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. Vol.31, pp. 241-242.
- Ditjen Perkebunan. 2015. Luas dan produksi Tanaman Perkebunan [diunduh 2021 Juni 1].
- Effendi, DS. 2009. Aren: Sumber Energi Alternatif. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Vol.31, no.2, pp.1-3.
- FAO. 1984. Potential Edible Nut. In FAO Corporate Document Respository Produced by Forestry Department [diunduh 2021 Desember 7].
- Galla, NR & Dubasi, GR. 2010. Chemical and Functional Characterization of Gum Karaya (*Sterculia urens* L.) seed Meal. *Journal of Food Hydrocolloid*. Vol. 24, pp. 478-485.
- Garti, NZ, Aserin, Sternheim. 1997. Fenugreek Galactomannan as Food Emulsifier. *Academic Press Limited*. Vol.3, no.2, pp.302-311.
- Huang, X, Kakuda Y, Cui W. 2001. Hydrocolloids in Emulsions Particle Size Distribution and Interfacial Activity. *Food Hydrocolloid*. Vol.15, pp.533-542.
- Hussin, AS, Che, NS, Aliaa, A, Hajar, RB. 2017. Aqueous Extraction, Purification and Characterization of Galactomannans from Aren Sugar Palm (*Arenga pinnta*) Fruit. *International Journal Advanced Science Engineering Information Technology*. Vol.7, pp.1148-1154.
- Ihsan, F, Sugiyono, S, Suyatma, NE. 2022. Karakteristik Galaktomanan dari Berbagai Sumber dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Tambahan Pangan. Vol.41, no.1, pp.21-31.
- Imerson, A. 2010. Food Stabilizers, Thickeners and Gelling Agent. Blackwell Publishing. USA. 352 halaman.
- Karaman, S, Kesler, Y, Goksel, M, Dogan, M, Kayacier, A. 2014. Rheological and Some Physicochemical Properties of Selected Hydrocolloids and Their Interaction with Guar Gum: Characterization Using Principal Component Analysis and Viscous Synergism Index. *International Journal of Food Properties*. Vol.17, no.8, pp.1655-1667.

- Karine, AN, Carlos, EA, Icaro, GPV, Raimundo, RA, Renato, DM, Tamara, G, Maria, EN, Nagila, MP. 2018. Adenantha pavonia Galactomannan for Controlled Delivery of Rutin. *Quim. Nova*. Vol.41, no.6, pp.607-612.
- Lavudi, HN, Seshagirirao, K, Francisco, MG. 2017. Extraction, Purification and Characterization of Water Soluble Galactomannans from Mimosa pudica Seed. *The Euro Biotech Journal*. Vol.1, no.3, pp.303-309.
- Lowry, OH, Rosebrough, NJ, Farr, AL dan Randall, RJ. 1951. Protein Measurement with Follin Phenol Reagent. *J. Biol Chem*. Vol.193, pp.265-275.
- Skoog DA, Wes DM. 1963. Fundamentals of analytical chemistry. New York.
- Tarigan, JB. 2012. Karakterisasi Edible Film yang Bersifat Antioksidan dan Antimikroba dari Galaktomanan Biji Aren (*Arenga pinnata*) yang Diinkoperasi dengan Minyak Atsiri Daun Kemangi. DISERTASI. Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Torio, MA, Joydee, S, Florinia, ME. 2006. Physicochemical Characterization of Galactomanan from Sugar Palm fruit (*Arenga sccharufera Labill*) Endosperm at Different Stanges of Nut Maturity. *Philippine Journal of Science*. Vol. 135, no.1, pp. 19-30.
- Yanti, Madriena, Soegianto, A. 2017. Cosmeceutical Effect of Galactomannan Fraction from *Arenga pinnta* Fruit in Vitro. *Journal of Pharmacognosy Research*. Vol.9, no.1, pp.39-45.