

## REVIEW ARTIKEL: ISOLASI DAN KARAKTERISASI SELULOSA MIKROKRISTAL DARI BUAH NANAS (*Ananas comosus* L. MERR)

Nurvyllaeli Agustin, Anis Y. Chaerunisaa, Marline Abdassah

Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

nurvyllaeli17001@mail.unpad.ac.id

diserahkan 17/04/2021, diterima 26/07/2021

### ABSTRAK

Selulosa mikrokristal adalah ekspien pada tablet maupun kapsul dan diperoleh dengan mereaksikan  $\alpha$ -selulosa yang dibuat dari tumbuhan berserat dengan asam. Salah satu tumbuhan berserat yang banyak diproduksi di Indonesia adalah nanas (*Ananas comosus* L. Merr). Setiap bagian dari buah nanas memiliki kandungan serat yang berbeda, kandungan serat paling tinggi diketahui terdapat pada daun buah nanas. Review ini dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi bagian buah nanas yang dapat digunakan sebagai bahan baku isolasi selulosa mikrokristal. Berdasarkan hasil karakterisasi sifat fisikokimia, bagian buah nanas yang telah diketahui memenuhi syarat dari literatur dan dapat digunakan sebagai bahan baku adalah daun buah nanas dan sari buah nanas yang diolah menjadi *nata de pina*. Metode yang digunakan untuk penulisan artikel ini adalah dengan melakukan penelusuran jurnal nasional dan jurnal internasional. Sumber jurnal yang digunakan adalah berasal dari Google Scholar dan situs penyedia jurnal online lainnya. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian adalah "*Fibre content of Ananas comosus*", "*Isolation of Microcrystalline Cellulose*", "*Isolation of Microcrystalline Cellulose from Ananas comosus*", dan "*Characterization of Microcrystalline Cellulose*". Jurnal yang digunakan adalah jurnal yang diterbitkan hingga tahun 2020.

**Kata Kunci:** Fisikokimia, nanas, selulosa mikrokristal

### ABSTRACT

*Microcrystalline cellulose is an excecpient on both tablets and capsules, and is obtained by reacting  $\alpha$ -cellulose derived from plant-fibre with acids. One of the most fibre plants produced in Indonesia is pineapple (*ananas phyaces* L. Merr). Each part of the pineapple fruit has a different fiber content, the highest fiber content is known located in the leaves of pineapple fruit. This review is made with the aim to provide information on which part of the pineapple fruit that can be used as a raw material of microcrystalline isolation. Based on the characterization of physicochemical properties, leaves of pineapple fruit and pineapple juice that is processed into nata de pina can be used as raw materialsof microcrystalline cellulose. This article is written by conducting a search of national and international journals in the Google Scholar and other online journal provider sites. The keywords used in the search are "*fibre content of Ananas comosus*", "*Isolation of Microcrystalline Cellulose*", "*Isolation of Microcrystalline Cellulose from Ananas comosus*", and "*Characterization of Microcrystalline Cellulose*". The journal used is a journal published until 2020.*

**Keywords:** Physicochemistry, pineapple, microcrystalline cellulose

## PENDAHULUAN

Selulosa merupakan polisakarida yang dapat berasal dari alam maupun sintetis. Serat alami dapat berasal dari tumbuhan, hewan dan mineral. Sumber serat pada tumbuhan diantaranya adalah biji, daun, buah, kulit dan batang tumbuhan (Lavanya *et al.*, 2011). Selain dari bagian tumbuhan, selulosa dapat diproduksi oleh bakteri seperti *Acetobacter xylinum* seperti pada pembuatan nata (Yanuar *et al.*, 2003).

Selulosa mikrokristal adalah selulosa yang dimurnikan dan secara parsial terdepolimerasi (Li *et al.*, 2019). Pada bidang farmasi selulosa mikrokristal memiliki fungsi sebagai pengikat dan pengisi pada tablet dan kapsul oral dengan proses granulasi basah dan kempa langsung. Selain itu, selulosa mikrokristal bermanfaat untuk proses pembuatan tablet sebagai pelincir dan disintegran. Selulosa mikrokristal adalah serbuk putih, tidak memiliki bau serta rasa dan berbentuk kristalin yang terdiri dari partikel berpori (Rowe *et al.*, 2009).

Metode yang digunakan untuk sintesis selulosa mikrokristal sangat bervariasi, namun metode hidrolisis asam adalah metode yang paling dianjurkan. Selulosa mikrokristal didapatkan dari reaksi antara  $\alpha$ -selulosa dengan asam mineral (Chaerunisaa *et al.*, 2019). Metode hidrolisis asam telah dilakukan oleh Haafiz *et al.* (2013), sintesis dilakukan dengan cara menghidrolisis pulp dengan HCl pada suhu  $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit dengan agitasi konstan dengan rasio pulp dan HCl adalah 1 : 20.

Produksi buah nanas (*Ananas comosus* L. Merr) di dunia sangat banyak ( $>1.750.000\times 10^3$  ton) (Asim *et al.*, 2015). Nanas merupakan salah satu sumber alami serat yang dapat digunakan untuk pembuatan selulosa mikrokristal. Sumber serat utama pada nanas terdapat pada daun dengan kandungan serat 67,1 – 85 % (Asim *et*

*al.*, 2015). Selain itu, *nata de pina* telah diketahui dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat selulosa mikrokristal (Rum *et al.*, 2018). *Nata de pina* memiliki kandungan serat kasar sebesar 20,87% (Sutanto, 2012). Daging, kulit, bonggol dan residu buah nanas dapat dijadikan sebagai bahan untuk pembuatan nata de pina (Hamad *et al.*, 2017; Sutanto, 2012).

Penggunaan bahan alam untuk selulosa mikrokristal belum banyak dilakukan, terutama nanas. Artikel ini memiliki tujuan untuk menjelaskan bagian dari buah nanas yang dapat dijadikan sumber substrat untuk pembuatan selulosa mikrokristal karena yang bersifat *biodegradable*, mudah diperbarui, dan ekonomis (Asim *et al.*, 2015). Sehingga, buah nanas dapat digunakan sebagai alternatif dari bahan sintetis untuk bahan dasar pembuatan selulosa mikrokristalin.

## METODE

Metode penulisan review jurnal ini adalah studi literatur. Sumber literatur yang digunakan adalah berasal dari *Google Scholar* dan situs penyedia jurnal online. kata kunci yang digunakan dalam pencarian adalah “*Fibre content of Ananas comosus*”, “*Isolation of Microcrystalline Cellulose*”, “*Isolation of Microcrystalline Cellulose from Ananas comosus*”, dan “*Characterization of Microcrystalline Cellulose*”. Data primer diperoleh dari jurnal internasional dan jurnal nasional. Kriteria inklusi dari jurnal yang digunakan adalah jurnal penelitian yang diterbitkan hingga tahun 2020.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Selulosa adalah polimer linier dari glukosa. Selulosa dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan kelarutannya di kondisi alkali, yaitu selulosa alfa, beta dan gamma (Chaerunisaa *et al.*,

Tabel 1. Kandungan Selulosa Nanas (*Ananas comosus* L. Merr)

| Bagian Tumbuhan     | Kandungan Selulosa                      | Sumber   |
|---------------------|---|--|
| Daun buah           | 43,53 ± 1,17 %<br>74,33%<br>67,1 – 85 % | (Pardo, <i>et al.</i> , 2014)<br>(Nadirah, <i>et al.</i> , 2011)<br>(Asim, <i>et al.</i> , 2015) |
| Kulit buah          | 40,55 ± 1,17 %                          | (Pardo, <i>et al.</i> , 2014)  |
| Inti buah           | 24,53 ± 1,68 %                          | (Pardo, <i>et al.</i> , 2014)  |
| Pulp                | 24,14 ± 0,01 %                          | (Pardo, <i>et al.</i> , 2014)  |
| Limbah cair nanas   | 20,87%                                  | (Sutanto, 2012)  |
| <i>Nata de Pina</i> | 6,9 – 9,3 %                             | (Sutanto, 2012)  |

2019). Selulosa mikrokristal adalah selulosa yang diproduksi dengan larutan asam mineral kuat pada suhu mendidih dalam waktu tertentu, hal ini dilakukan hingga diperoleh derajat polimerisasi tertentu (Yanuar *et al.*, 2003). Selulosa mikrokristal dibuat dari selulosa yang berasal dari sumber alami maupun sintesis. Nanas merupakan salah satu buah yang sangat berpotensi sebagai sumber alami selulosa, sehingga dapat dijadikan alternatif karena harganya lebih murah dan mudah didapatkan. Serat alami memiliki struktur dinding sel internal yang sistematis. Dinding sel serat alami memiliki dua bagian, yaitu dinding sel primer dan sekunder. Dinding sel primer akan tersebar saat tumbuhan bertumbuh, sedangkan dinding sel sekunder terdiri dari tiga lapis dan setiap lapis terdapat mikrofibril rantai panjang (John dan Anandjiwala, 2008).

Setiap bagian buah nanas memiliki kandungan selulosa yang berbeda seperti dan dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 1. Namun, kandungan selulosa tertinggi terdapat pada daun buah (Asim *et al.*, 2015; Pardo *et al.*, 2014). Belum banyak penelitian mengenai isolasi selulosa mikrokristalin dari buah nanas. Tetapi, Yuliasmi *et al.* (2017) telah melakukan karakterisasi mikrokristalin dari daun buah nanas dan Rum, *et al.* (2018) telah melakukan isolasi selulosa mikrokristal yang berasal dari *nata de pina* beserta karakterisasinya. Nata adalah selulosa bakteri yang diproduksi secara ekstraselular oleh

*Acetobacter xylinum* pada permukaan cairan nutrisi, nata memiliki kandungan selulosa yang tinggi (Jagannath *et al.*, 2014; Phong *et al.*, 2017). Nata yang diperoleh dari sari buah nanas disebut sebagai *nata de pina* (Majesty *et al.*, 2015).

#### Metode Isolasi Selulosa Mikrokristal

Pada sintesis selulosa mikrokristal, bahan baku yang akan digunakan perlu melewati tahap preparasi. Yuliasmi *et al.* (2017) melakukan proses preparasi pada daun buah nanas dengan pembuatan serbuk kering daun buah yang selanjutnya direaksikan dengan asam nitrat 3,5% dan dipanaskan pada suhu 90°C di penangas air selama 2 jam. Residu diambil dengan proses penyaringan menggunakan kertas saring. Preparasi yang dilakukan oleh Rum *et al.* (2018) pada bahan baku *nata de pina* adalah dengan pembuatan bubur *nata de pina* yang selanjutnya di keringkan pada 50°C selama 24 jam dan membentuk serbuk kering.

Metode yang paling umum dipakai pada isolasi selulosa mikrokristal adalah metode dengan menggunakan asam atau hidrolisis asam. Secara umum terdapat beberapa tahap untuk isolasi selulosa mikrokristal yaitu isolasi  $\alpha$ -selulosa, proses pemutihan, dan isolasi selulosa mikrokristalin (Soom *et al.*, 2009; Achor *et al.*, 2014; Nawangsary *et al.*, 2018). Metode yang digunakan pada isolasi  $\alpha$ -selulosa adalah metode pemanasan alkali. Pada metode ini paling

**Tabel 2.** Karakter Fisikokimia Selulosa Mikrokrystal

| Parameter           | Hasil              |                        |               | Syarat                                     |
|---------------------|--------------------|------------------------|---------------|--|
|                     | SM daun buah nanas | SM <i>nata de pina</i> | Avicel PH 102 |  |
| Penampilan          | Serbuk halus       | Serbuk halus           | Serbuk halus  | Serbuk halus                               |
| Warna               | Putih              | Putih                  | Putih         | Putih                                      |
| Bau                 | Tidak berbau       | Tidak berbau           | Tidak berbau  | Tidak berbau                               |
| Rasa                | Tidak berasa       | Tidak berasa           | Tidak berasa  | Tidak berasa (Rowe <i>et al.</i> , 2009)   |
| Uji warna           | Biru-violet        | Biru-violet            | Biru-violet   | Biru-violet (BP, 2002)                     |
| pH                  | 6,1                | 6,01                   | 6,12          | 5 – 7,5 (BP, 2009)                         |
| Susut pengeringan   | 3,3%               | 2,15%                  | 1,91%         | Kehilangan <6% (BP, 2009)                  |
| Kadar air           | -                  | 6,36%                  | 5,61%         | <7% (BP, 1993)                             |
| Kelarutan dalam air | 0,16%              | -                      | -             | Terlarut tidak lebih dari 0,25% (BP, 2002) |
| Bobot jenis nyata   | -                  | 0,33                   | 0,53          | -  |
| Bobot jenis mampat  | -                  | 0,39                   | 0,61          | -  |
| Kompresibilitas     | -                  | 16,74%                 | 15,51%        | -  |
| Laju alir           | -                  | 11,29 g/s              | 12,5 g/s      | >10 g/s                                    |
| Sudut diam          | -                  | 31,36°                 | 30,74°        | <40°                                       |

banyak digunakan adalah natrium hidroksida (Haafiz *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2019). Yuliasmi *et al.* (2017) melakukan pemanasan alkali pada suhu 80°C selama 30 menit. Proses pemutihan dilakukan dengan tujuan menghilangkan warna bubuk yang terbentuk saat preparasi bahan baku, umumnya zat yang digunakan sebagai pemutih adalah natrium hipoklorit (Achor *et al.*, 2014; Nawangsary *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019). Isolasi selulosa mikrokrystalin dengan metode hidrolisis asam dilakukan dengan menghidrolisis  $\alpha$ -selulosa dengan asam. Beberapa penelitian menggunakan asam klorida sebagai agen penghidrolisis. Konsentrasi asam klorida yang digunakan adalah 0,5 – 2,5 N dengan rasio substrat dengan pelarut adalah 1 : 20. Hidrolisis dilakukan dengan pendidihan selama 15 – 20 menit (Owalabi *et al.*, 2016; Nawangsary *et al.*, 2018; Yuliasmi *et al.*, 2017). Selulosa mikrokrystal yang didapatkan dibilas hingga pH netral dan dikeringkan (Yuliasmi

*et al.*, 2017; Rum *et al.*, 2018). Hidrolisis asam menyebabkan pemisahan mikrofibril selulosa secara parsial. Hal tersebut membuat bentuk amorf berubah menjadi bentuk kristalin dengan molekul selulosa yang teratur (Nawangsary *et al.*, 2018).

#### Karakterisasi Selulosa Mikrokrystal

Rendemen selulosa mikrokrystal yang didapatkan dari daun nanas adalah 7,25% (Yuliasmi *et al.*, 2017) dan dari *nata de pina* adalah 23,32% (Rum *et al.*, 2018). Karakterisasi selulosa mikrokrystal dari daun buah nanas dan *nata de pina* dilakukan untuk mengetahui sifat fisikokimia dari selulosa mikrokrystal hasil isolasi. Sifat yang dikarakterisasi diantaranya adalah organoleptis, uji warna, pH, sifat alir, kadar air, susut pengeringan, kelarutan dalam air, kompresibilitas dan bobot jenis. Karakteristik dari selulosa mikrokrystal selanjutnya dibandingkan

dengan Avicel PH 102.

a. *Organoleptis*

Uji organoleptis dilakukan dengan cara mengamati penampilan, warna, rasa, dan bau dari selulosa mikrokristal yang telah diisolasi. Selulosa mikrokristal yang diisolasi dari buah nanas sudah sesuai dengan literatur, namun selulosa mikrokristal dari *nata de pina* memiliki warna putih kecoklatan.

Jika diamati dari metode isolasi, Rum *et al.* (2018) tidak melakukan proses pemutihan dengan natrium hipoklorit sehingga warna selulosa mikrokristalin tidak berwarna putih seperti pada literatur.

b. *Uji Warna*

Uji warna dilakukan dengan menggunakan seng klorida teriodinasi, dimana pewarna tersebut adalah pereaksi khas dari selulosa mikrokristal. Selulosa mikrokristal dari buah nanas maupun *nata de pina* sudah memenuhi syarat literatur. Warna biru-violet yang terbentuk disebabkan oleh terbentuknya kompleks selulosa-iodin (Tashiro dan Gakhutishvili, 2019).

c. *pH*

pH dari selulosa mikrokristalin daun buah nanas adalah 6,1 dan *nata de pina* adalah 6,01, nilai tersebut sudah memenuhi syarat literatur karena masuk dalam rentang pH 5 – 7,5. Pengujian pH perlu dilakukan sebab pH dapat mempengaruhi kelarutan suatu zat (Swarbrick, 2005).

d. *Susut Pengerinan dan Kadar Air*

Persentase susut pengerinan selulosa mikrokristal daun buah nanas adalah 3,3% dan *nata de pina* adalah 2,5%, nilai tersebut memenuhi syarat tidak lebih dari 6% bobot yang hilang. Yuliasmi *et al.* (2017) tidak melakukan pengukuran kadar air untuk selulosa mikrokristal daun buah nanas. Namun, untuk selulosa mikrokristal dari *nata de pina* memenuhi syarat literatur, yaitu 6,36%.

e. *Kelarutan dalam Air*

Kelarutan dalam air menunjukkan konsentrasi jenuh massa suatu substansi dalam air pada temperatur tertentu. Selulosa mikrokristal daun buah nanas sudah memenuhi syarat yang ditetapkan, dengan nilai 0,16%. Sedangkan, selulosa mikrokristal *nata de pina* tidak dilakukan uji ini.

f. *Bobot Jenis dan Kompresibilitas*

Rum *et al.* (2018) melakukan pengukuran bobot jenis nyata dan mampat pada selulosa mikrokristal *nata de pina*. Kerapatan nyata dari selulosa mikrokristal dari *nata de pina* adalah 0,33 dan kerapatan mampat adalah 0,39. Persentase kompresibilitas yang tinggi (>21%) menunjukkan bahwa serbuk sangat rapat dan sulit mengalir. Hal tersebut membuat laju alir sangat buruk (Azubuike dan Okhamafe, 2012). Selulosa mikrokristal dari *nata de pina* memiliki laju alir yang baik dengan persentase 16,74% dan Avicel PH-102 dengan kompresibilitas 15,51%.

g. *Laju Alir*

Laju alir dari selulosa mikrokristal yang diisolasi dari *nata de pina* adalah 11,29 gram/detik dan Avicel PH-192 adalah 12,50 gram/detik. Nilai laju alir >10 gram/detik menunjukkan bahwa serbuk memiliki sifat alir yang sangat baik.

h. *Sudut Istirahat*

Serbuk dapat dikatakan mengalir bebas jika memiliki sudut istirahat <30° dan memiliki sifat alir yang buruk jika >40° (Lachman *et al.*, 1990). Selulosa mikrokristal dari *nata de pina* memiliki sudut istirahat 31,36° sehingga dapat dikatakan memiliki sifat alir yang cukup. Jika dibandingkan dengan Avicel PH-102 dengan sudut istirahat 30,74°, maka Avicel PH-102 memiliki sifat alir yang lebih baik dari selulosa mikrokristal *nata de pina*.

i. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Rum *et al.* (2018) melakukan pengamatan



**Gambar 1.** Spektrum Overlapping Inframerah dari Selulosa Mikrokrystal Daun Nanas (Hitam) dan Avicel PH-102 (Merah) (Yuliasmi, *et al.*, 2017)

selulosa mikrokrystal *nata de pina* serta Avicel PH-102 menggunakan SEM. Hasil menunjukkan selulosa mikrokrystal *nata de pina* dengan perbesaran 100 kali dapat diperkirakan ukuran partikel sebesar 28,00 – 240,44  $\mu\text{m}$ . Bentuk dari partikelnya tidak beraturan dengan adanya sudut sudut runcing dan tumpul, hal tersebut membuat tekstur permukaan partikel menjadi tidak rata. Pada Avicel PH-102 diperkirakan ukuran partikel adalah sebesar 32,99 – 258,00  $\mu\text{m}$  dengan bentuk partikel yang serupa dengan selulosa mikrokrystal *nata de pina*. Kisaran ukuran partikel antara selulosa mikrokrystal *nata de pina* dan Avicel PH-102 memiliki nilai yang serupa, yaitu sekitar 20-200  $\mu\text{m}$ .

#### j. Spektrum Inframerah

Yuliasmi *et al.* (2017) melakukan karakterisasi selulosa mikrokrystal dari daun nanas dengan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan spektrumnya dengan hasil seperti pada Gambar 1. Jika dilihat dari bentuk spektrum, spektrum selulosa mikrokrystal yang diisolasi dari daun nanas dan Avicel PH-102 memiliki bentuk serupa, baik pada daerah fungsional maupun bagian sidik jari.

## SIMPULAN

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dapat dijadikan sumber substrat selulosa mikrokrystal karena memiliki kandungan selulosa yang cukup

tinggi pada setiap bagian buahnya. Diketahui bahwa bagian yang dapat digunakan adalah daun buah dan sari buah nanas yang dibuat nata de pina. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya penelitian mengenai isolasi selulosa mikrokrystal dari nanas. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa selulosa mikrokrystal dari daun buah nanas maupun dari nata de pina sudah memenuhi syarat yang tercantum pada literatur dan memiliki kemiripan dengan Avicel PH-102 yang merupakan selulosa mikrokrystal terdapat di pasaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achor, M., Oyeniya, Y. & Yahaya, A., 2014. Extraction and Characterization of Microcrystalline Cellulose from the Back of The Fruit of *Lageriana siceraria* (Water Gourd). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(1), pp. 57-60.
- Anon., 1993. *British Pharmacopeia*. London: The Pharmaceutical Press.
- Anon., 2002. *British Pharmacopeia. I ed.* London: The Stationery Office.
- Anon., 2009. *British Pharmacopeia*. London: British Pharmacopeia Commission.
- Asim, K. A. K. et al., 2015. A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites. *International Journal of Polymer Science*.
- Azubuikwe, C. & Okhamafe, A., 2012. Physicochemical, spectroscopic, and

- thermal properties of microcrystalline cellulose derived from corn cobs. *Journal Recycling of Organic Waste Agriculture*, 1(9), pp. 1-7.
- Chaerunisaa, A., Sriwidodo & Abdassah, M., 2019. *Microcrystalline Cellulose as Pharmaceutical Excipient*, s.l.: IntechOpen.
- Haafiz, M., Eichhorn, S., Hassan, A. & Jawaid, M., 2013. Isolation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from Oil Palm Biomass Residue. *Carbohydrate Polymers*, Volume 93, pp. 628-634.
- Hamad, A., Hidayah, B., Solekhah, A. & Septhea, A., 2017. Potensi Kulit Nanas sebagai Substrat dalam Pembuatan Nata de Pina. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, Volume 1, pp. 9-14.
- Jagannath, A., Kumar, M., Raju, P. & Batra, H., 2014. Nisin Based Stabilization of Novel Fruit and Vegetable Functional Juices Containing Bacterial Cellulose at Ambient Temperature. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6), pp. 1218-1222.
- John, M. & Anandjiwala, R., 2008. Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiberreinforced composites. *Polymer Composites*, 29(2), pp. 187-207.
- Lachman, L., Lieberman, H. & Schwartz, J., 1990. *Pharmaceutical Dosage Forms: Tablet Vol. 2. 2nd ed.* New York: Marcel Dekker.
- Lavanya, D., Kulkarni, P., D., M. & Prudhvi K.R., L. N. V. k., 2011. Sources of Celullose and their Application - A Review. *International Journal of Drug Formulation and Research*, 2(6), pp. 19-40.
- Li, M., He, B. & Zhao, L., 2019. Isolation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from Cotton Stalk Waste. *BioResources*, 14(2), pp. 3231-3246.
- Majesty, J., Argo, B. & Nugroho, W., 2015. Pengaruh Penambahan Sukrosa dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Serat Nata dari Sari Nanas (Nata de Pina). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(1), pp. 80-85.
- Nadirah, W. et al., 2011. Cell Wall Morphology, Chemical and Thermal Analysis of Cultivated Pineapple Leaf Fibres for Industrial Applications. *Journal Polymer Environment*, Volume 20, pp. 404-411.
- Nawangary, D. et al., 2018. Isolation and Physicochemical Characterization of Microcristalline Cellulose from Ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud) Based on Pharmaceutical Grade Quality. *IJPST*, 5(2), pp. 55-61.
- Owalabi, A. et al., 2016. Isolation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from Oil Palm Fronds using Chemomechanical Procedure. *Wood and Fiber Science*, 48(4).
- Pardo, M., Cassellis, M., Escobedo, R. & García, E., 2014. Chemical Characterisation of the Industrial Residues of the Pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, Volume 3, pp. 53-56.
- Phong, H. et al., 2017. Investigating the Conditions for Nata-de-Coco Production by Newly Isolated *Acetobacter* sp.. *American Journal of Food Science and Nutrition*, 4(1), pp. 1-6.
- Rowe, R., Sheskey, P. & Quinn, M., 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipient. 6th ed.* USA: Pharmaceutical Press & American Pharmacists Association.
- Rum, I. A., Lestari, H. & Santoso, R., 2018. Preparasi dan Karakterisasi Selulosa Mikrokristalin dari Nata de Pina sebagai

- Bahan Eksipien dalam Sediaan Tablet. *Journal of Pharmacopolium*, 1(3), pp. 149-161.
- Soom, R., Abdul Aziz, A., Hassan, W. & Tp, G., 2009. *Microcrystalline Celullose from Oil Palm Fibres*. Malaysia, MPOB.
- Sutanto, A., 2012. Pineapple Liquid Waste as Nata de Pina Raw Material. *Makara Teknologi*, 16(1), pp. 63-67.
- Swarbrick, J., 2005. *Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology*. Taylor & Francis Group ed. Pinehurst: s.n.
- Tashiro, K. & Gakhutishvili, M., 2019. Crystal Structure of Cellulose-Iodine Complex. *Polymer*, Volume 171, pp. 140-148.
- Yanuar, A., Rosmalasari, E. & Anwar, E., 2003. Preparation and Characterization of Microcrystalline Cellulose from nata de coco for Tablet Excipient. *ISTECS*, Volume 5, pp. 71-78.
- Yuliasmi, S., Nerdy & Husnita, A., 2017. Characterization of Microcrystalline from Pineapple Leaf (*Ananas comosus* L. Merr). *Annual Applied Science and engineering Conference*, 1(180).