Aplikasi *Bacterial Cellulose* dari Limbah Kulit Pisang untuk Mengurangi Penggunaan NBKP sebagai Bahan Baku *Base Paper Baking Paper*

Rachmatika Nurfaridza¹, Edwin K. Sijabat¹

¹Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung
Jl. Ganesha Boulevard, Lot-A1 CBD Kota Deltamas, Cikarang Pusat, Bekasi
Email : nurfaridzarachmatika@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini melaporkan hasil pengaplikasian *Bacterial Cellulose* sebagai bahan baku pembuatan *base paper baking paper* dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan *Needle Bleached Kraft Pulp* (NBKP) tanpa menurunkan *properties* kertas yang akan dicapai. *Bacterial Cellulose* diperoleh dari hasil fermentasi ekstrak kulit pisang dengan menggunakan bakteri *Gluconacetobacter xylinus*. Alasan pemanfaatan limbah kulit pisang yaitu jumlah yang banyak dan tersebar di Indonesia. *Bacterial Cellulose* dicampurkan dengan *primary fiber* sebagai bahan baku pembuatan kertas *baking*. Berdasarkan hasil *handsheet* percobaan dilakukan pengujian *properties* yang sesuai dengan kondisi di lapangan. *Handsheets* *base paper baking paper* berhasil di buat dengan 4 variasi komposisi penggunaan *Bacterial cellulose* yaitu 0% (*blank*), 5%, 15%, 25%, terhadap berat kering *handsheet*. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa *Bacterial cellulose* pada pengaplikasiannya dapat meningkatkan *strength properties* kertas *baking*, serta dapat mengurangi penggunaan *chemical surface baking paper*. Peningkatan *strength properties* kertas *baking* paling tinggi diperoleh pada komposisi *Bacterial cellulose* 25%, yaitu pada nilai *tensile index* yaitu 124.79 kNm/g, *tearing index* yaitu 5.80 mNm²/g, *bursting index* yaitu 4.86 kPa.m²/g, dan *wet tensile strength index* yaitu 20,35 kNm/g. Namun, nilai *drainage* pada buburan kertas mengalami penurunan yaitu 160 ml/sec. Nilai porositas paling rendah diperoleh pada komposisi *Bacterial cellulose* 25%, yaitu 14.60 ml/min tanpa menggunakan *surface sizing*. Pada komposisi *Bacterial cellulose* 25% didapatkan hasil paling bagus untuk *surface properties* dengan *total solid* 9%, viskositas 5 cps yaitu kit 8 dan 0,024 newton. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya di bidang *Bacterial cellulose*, sebagai penggunaan bahan baku alternatif selain kayu dalam pembuatan kertas.

Kata Kunci: *Bacterial Cellulose*, Limbah Kulit Pisang, Bahan Baku Alternatif Kertas, *Base Paper Baking Paper*

1. Pendahuluan

Kertas merupakan media tulis cetak yang berasal dari pemanfaatan serat alami berupa selulosa dan hemiselulosa sebagai bahan baku. Meluasnya fungsi kertas menjadikan kertas terus mengalami peningkatan kapasitas produksi seiring dengan kebutuhan manusia saat ini. Sejak 2006 hingga 2016 secara rata-rata konsumsi kertas cetak dunia turun atau -4,6% , konsumsi kertas untuk kebutuhan tulis-menulis turun atau -1,3% dan untuk konsumsi tisu memperlihatkan kenaikan rata-rata 2,8% serta konsumsi kertas kemasan tumbuh rata-rata 2,3% (Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia, 2016). Indonesia menduduki peringkat pertama ekspor kertas kemasan selama 2011-2018 yakni sebesar US\$8 miliar (Kementrian Perindustrian, 2018).

Meningkatnya permintaan konsumen untuk kertas tisu dan kemasan mengakibatkan kebutuhan kayu sebagai bahan baku utama pembuatan kertas juga bertambah. Ada dua jenis kayu yang di gunakan memproduksi kertas, yaitu *Leaf Bleached Kraft Pulp* (LBKP) dan *Needle Bleached Kraft Pulp* (NBKP). Ketersediaan LBKP masih dapat dipenuhi hutan tanam industri yang ada di Indonesia, sedangkan NBKP harus di import. Bukan pekar teknologi yang menghalangi produksi *pulp*, melainkan keterbatasan bahan baku. Selain biaya import mahal, ketersediaan NBKP sangat sulit didapatkan. Produk ini bersumber dari pohon yang jangka waktu panennya sekitar 5 hingga 6 tahun seperti pinus (Kementrian Perindustrian, 2014). Kebutuhan NBKP akan terus bertambah seiring meningkatnya kebutuhan kertas kemasan. Sehingga perlu adanya sumber selulosa lain yang memiliki karakteristik yang lebih baik atau minimal sama dengan NBKP.

Selulosa merupakan komponen penting dalam pembuatan kertas. Selain dari tumbuhan, selulosa dapat dihasilkan oleh bakteri seperti *Bacterial cellulose*. Selulosa juga dapat dikembangkan jadi nanoselulosa yang ramah lingkungan dan dapat menjadi alternatif bahan baku produksi kertas. Nanoselulosa dapat diperoleh dari limbah tanaman yang memiliki kandungan selulosa kemudian melalui proses yang relatif murah dan sederhana yaitu dengan fermentasi bakteri *Gluconacetobacter xylinus* (Effendi dkk., 2015).

Bacterial cellulose lebih murni daripada serat selulosa yang berasal dari tumbuhan karena tidak terdapat kandungan *hemiselulosa*, *lignin*, dan zat ekstraktif sehingga ramah lingkungan. Selulosa mikrobial dapat dipanen setelah kultivasi selama 1 minggu lebih potensial

dibanding dengan selulosa kayu yang baru bisa dipanen 4-6 tahun (Sijabat dkk., 2017). Penggunaan selulosa mikrobial sebagai salah satu bahan baku pembuatan *pulp* dan kertas dapat menghemat jumlah kayu dan kerusakan lingkungan dengan indikator CO₂ dapat dikurangi. Aplikasi *Bacterial cellulose* sebagai bahan baku tambahan pada *stock* LBKP dapat meningkatkan sifat fisik kertas. Hal ini dikarenakan karakteristik yang dimiliki *Bacterial cellulose* adalah luas permukaan yang tinggi, kecenderungan untuk membentuk jaringan terjerat yang kuat, memiliki kerapatan yang rendah dan menghadirkan sifat tarik serta penghalang yang baik (Azeredo *et al*, 2017).

Ada berbagai jenis kertas kemasan, salah satunya *baking paper*. Sebagai jenis kertas makanan, kertas *baking* harus diperhatikan betul bahan penyusunnya. Berdasarkan peraturan lembaga pemerintahan *food safety*, kertas kemasan makanan harus bersertifikasi halal dari MUI dan dinyatakan layak oleh BPOM. Kelayakan itu seperti bahan ramah lingkungan (*biodegradable*), *food grade* yang bebas dari bahan kimia berbahaya, tidak tembus minyak dan tahan panas serta tidak lengket. Pemilihan bahan baku termasuk salah satu parameter utama dalam meningkatkan ketahanan kertas terhadap minyak. Apabila bahan baku yang digunakan memiliki basis *oil barrier*, maka penambahan bahan kimia untuk menahan minyak dapat dikurangi jumlahnya.

Pada penelitian ini, penulis akan meneliti aplikasi *nata de banana* dari limbah kulit pisang untuk mengurangi penggunaan NBKP sebagai bahan baku *base paper* *baking paper*. Penulis akan mendeskripsikan pengaruh pemanfaatan *bacterial cellulose* dari limbah kulit pisang sebagai bahan baku alternatif pada proses pembuatan *base paper* *baking paper*. Diharapkan dapat diperoleh kertas dengan mutu dan produktivitas yang lebih baik serta ramah terhadap lingkungan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *leaf bleached kraft* (LBKP), *needle bleached kraft* (NBKP), *bacterial cellulose*, *cationic starch*, *wet strength*, *water*, *wheat starch*, *polyvinyl alcohol*, *greaseproof agent* dan *chemical baking paper*. Alat yang digunakan antara lain *beater*, *disintegrator*, *beaker glass*, neraca analitik, *vacuum*, kertas saring, *hot plate*, *dispermat*, *handsheet maker*, *freeness tester*, *blotting paper*, *laboratory dryer*, *wire*, *mini coater*, dan *syringe*. Sedangkan alat pengujian meliputi pH meter, PCD, *porosity tester*,

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

thickness, tensile tester, tearing tester, moisture tester, cobb, elrepho, release force tester, kit level tester, stopwatch, dan mikroskop.

2.2 Metode

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap. Pertama adalah tahap persiapan. Pada tahap ini dilakukan persiapan mulai dari penyiapan bahan baku. *Pulp LBKP* dan *NBKP dibeater* hingga mencapai nilai *freness* 120 ± 5 csf masing-masing waktu yang diperlukan kurang lebih 1,5-2 jam dan 2,5-3 jam. Sedangkan *pulp Bacterial cellulose* didapatkan dari petani di daerah Cibubur (Rp 2000/kg) dalam bentuk lembaran, sehingga proses persiapan bahan baku langsung pada tahapan memotong ukuran lebih kecil dan dihancurkan dengan disintegrator kurang lebih 33.000 rpm kemudian *dibeater* selama 1,5 jam dan diuji karakteristik sifat *pulp*-nya sehingga *pulp* bisa digunakan untuk pembuatan *handsheet*. Setelah persiapan bahan baku, dilanjutkan dengan persiapan bahan kimia tambahan pada *wet end* untuk pembuatan *handsheet* dan bahan kimia untuk larutan *surface sizing*.

Tahap kedua adalah tahap pelaksanaan dimana akan dilakukan pengujian sifat buburan kertas (*stock*) sampai pembuatan sampel pada *handsheet* dengan variasi dosis penambahan *bacterial cellulose* sebagai bahan baku serta persiapan proses *surface sizing*. Kemudian dilakukan pengecekan karakteristik bahan kimia. Tahap terakhir adalah pengujian, yaitu melakukan pengujian terhadap sampel *handsheet* yang telah dibuat menggunakan alat uji. Tahap pengujian ini meliputi uji parameter sifat fisik, permukaan kertas dan ketahanan diatas permukaannya (*resistance properties*).

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan *handsheet* terdiri dari 1 *Blank* dibuat tanpa menggunakan *Bacterial cellulose* (*Bacterial cellulose* 0%) dengan komposisi 65% : 35% (LBKP : NBKP) dan 3 variasi bahan baku dan *Bacterial cellulose* yaitu variasi 1 menggunakan 65% : 30% : 5% (LBKP : NBKP : *bacterial cellulose*), variasi 2 menggunakan 65% : 20% : 15% (LBKP : NBKP : *Bacterial cellulose*), dan variasi 3 menggunakan 65% : 10% : 25% (LBKP : NBKP : *Bacterial cellulose*).

Hasil Uji Wet End Properties

- Pengaruh Penambahan *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Drainase

Gambar 1. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Drainase

Terdapat hubungan yang sangat kuat antara penambahan *Bacterial cellulose* dengan nilai drainase yang dihasilkan. Nilai drainase semakin menurun karena *Bacterial cellulose* memiliki struktur serat yang berukuran sangat kecil dengan diameter 2-20 nm dan panjang 10040.000 nm dan tingginya jumlah gugus hidroksil bebas menghasilkan ikatan hidrogen intra dan intermolekul yang luas. Ini mengakibatkan *Bacterial cellulose* membentuk jalinan antar serat yang kuat dan rapat hingga air sulit keluar (Sijabat dkk., 2017).

- Pengaruh Penambahan *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Muatan

Gambar 2. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Charge

Nilai rata-rata *charge* akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* 25% atau -33 µeq/l karena *Bacterial cellulose* ialah selulosa murni bermuatan negatif, ini dapat membuat muatan buburan stok lebih negatif (Sumaiyah, 2015). Oleh sebab itu, bahan kimia yang di tambahkan harus bermuatan positif agar dapat menempel pada serat.

Hasil Uji Strength Properties

- Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* terhadap *Tensile Index*

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

Gambar 3. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai *Tensile Index*

Nilai rata-rata *tensile index* akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 124,79 kNm/g. Ini dikarenakan *Bacterial cellulose* adalah serat selulosa murni yang berukuran sangat kecil dan memiliki luas permukaan yang tinggi dan gugus OH reaktif yang banyak sehingga dapat berikatan dengan mudah dan menjalin ikatan antar serat yang kuat (Gao *et al.*, 2011).

b. Pengaruh Penambahan *Bacterial cellulose* terhadap *Wet Tensile Index*

Gambar 4. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai *Wet Tensile Index*

Nilai rata-rata *wet tensile index* akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 20,35 kNm/g. Kenaikan ini karena faktor utama dari penambahan bahan kimia *wet strength* pada proses *wet end*. Sedangkan pada penelitian kali ini, *wet strength* menjadi variabel tetap, sehingga perlakuan untuk komposisi *Bacterial cellulose* ditambahkan dosis *wet strength* sama yaitu sebesar 1,1% terhadap berat kering *handsheet*.

c. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap *Tearing Index*

Gambar 5. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai *Tearing Index*

Nilai rata-rata *tearing index* akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 5,80 Nm/g. Kenaikan ini disebabkan karena *Bacterial cellulose* memiliki derajat kristalinitas yang tinggi, mempunyai kerapatan antara 300 dan 900 kg/m³ dan elastis (Osong *et al.*, 2014). Sehingga menjadikan lebih sulit di sobek.

d. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap *Bursting Index*

Gambar 6. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai *Bursting Index*

Nilai rata-rata *bursting index* akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 4,86 kPa.m²/g karena *Bacterial cellulose* memiliki membran selulosa kuat dan dapat mengikat air 100 kali berat sendiri sehingga membentuk hidrogel dan mampu membentuk ikatan hidrogen baru (Azeredo *et al.*, 2017). Sehingga kekuatan internal antar lapisan serat dapat meningkat sehingga nilai *bursting index* juga meningkat.

e. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap *Bulky*

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

Gambar 7. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai *Bulky*

Nilai rata-rata *bulky* akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 2,09 g/cm³. Ini karena ketebalan lembaran kertas dipengaruhi jenis serat, bahan lain selain serat, gramatur, tingkat penekanan dan *calendring*. Disini, jenis serat yang digunakan adalah selulosa *Bacterial cellulose* yang berbentuk hydrogel dan mudah *terswelling* ketika terkena air.

f. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap Formasi

Gambar 8. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Formasi

Nilai rata-rata formasi akan mengalami kenaikan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 104,24%. Kenaikan ini berhubungan dengan semakin menurunnya nilai drainase pada proses *wet end*. Semakin lama air turun akibat terhalang oleh kerapatan *Bacterial cellulose* yang tinggi mengakibatkan formasi yang di hasilkan juga kurang baik.

g. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap *Cobb*

Gambar 9. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai *Cobb*

Nilai rata-rata *cobb* akan menurun sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 41 gr/m². Hal ini karena ketika *Bacterial cellulose* dikeringkan secara isotropik, dan membuat selulosa kehilangan molekul air yang terjepit sehingga terbentuk ikatan hidrogen baru yaitu ikatan hidrogen intermolekul, ikatan hidrogen intramolekul dan ikatan hidrogen antara -OH selulosa dengan air (Azeredo *et al.*, 2017).

Hasil Uji Surface Properties

a. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap Porosity

Gambar 10. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Porosity

Nilai rata-rata *porosity* akan menurun sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 12,10 ml/min. Penurunan nilai *porosity* sangat dipengaruhi komposisi penambahan *Bacterial cellulose* karena *Bacterial cellulose* memiliki luas permukaan dan kerapatan yang sangat tinggi (Ferrer *et al.*, 2017). *Bacterial cellulose* dapat memenuhi rongga antar serat yang terjalin dan mengakibatkan nilai *porosity* pada *handsheet* menjadi sangat rendah.

b. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap Opacity

Gambar 11. Grafik Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Nilai Opacity

Nilai rata-rata *opacity* akan mengalami penurunan sampai dosis *Bacterial cellulose* sebesar 25% yaitu 70,51%. Penurunan ini disebabkan karena *Bacterial cellulose* memiliki luas permukaan dan kerapatan yang sangat tinggi (Ferrer *et al.*, 2017). *Bacterial cellulose* dapat memenuhi rongga-rongga antariserat yang terjalin. Hal ini yang kemudian mengakibatkan nilai *opacity handsheet* menjadi sangat rendah karena cahaya akan sangat sulit untuk menembus permukaan *Bacterial cellulose*. Penurunan nilai *opacity* mengubah sifat transparan dari *Bacterial cellulose* berbentuk lembaran, hal ini dikarenakan sifat transparan *Bacterial cellulose* dipengaruhi oleh kandungan air yang tinggi. Ketika sudah menjadi buburan kertas dan di bentuk lembaran, maka *Bacterial*

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

cellulose akan mengalami penekanan untuk mengeluarkan air yang masih terkandung di dalamnya, sehingga warna lembaran akan berubah menjadi kecoklatan sesuai dengan warna bahan baku aslinya, yaitu kulit pisang.

Hasil Uji Resistance Properties

a. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap Kit Level

Gambar 12. Diagram Batang Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Kit Level

Nilai kit level paling tinggi adalah 8 karena pencampuran *Bacterial cellulose* dengan biopolimer (*starch*) meningkatkan ketahanan kertas terhadap penetrasi minyak (Mazhari *et al.*, 2018). *Bacterial cellulose* juga dapat menurunkan konsumsi penggunaan AGE, *wheat starch*, dan PVA karena sifat *oil barrier* dan luas permukaan serta kerapatan yang tinggi, sehingga mengurangi konsumsi bahan larutan *surface sizing* (Rojas *et al.*, 2017). Nilai kit level yang di hasilkan untuk 33% BC dan 0% AGE hanya kit 2. Hal ini karena proses dispersi *Bacterial cellulose* untuk larutan *surface sizing* bukan berupa bubuk atau *powder*.

b. Pengaruh Penambahan Komposisi *Bacterial cellulose* Terhadap Release Force

Gambar 13. Diagram Batang Pengaruh Komposisi *Bacterial Cellulose* terhadap Release Force

Nilai *release force* pada permukaan *handsheet blank* adalah 0,020 N, kemudian untuk variasi 1 dan variasi 2 adalah 0,021N dan variasi 3 pada komposisi *Bacterial cellulose* 25% adalah 0,022 N. Kenaikan ini disebabkan oleh luas

permukaan yang lebih besar pada *handsheet* dengan komposisi 25% *Bacterial cellulose* sehingga dapat menampung lebih banyak *chemical surface baking* dan dapat meningkatkan *properties baking paper*.

Hasil Uji Serat

Gambar 14. Hasil Uji Mikroskop BC 600x Perbesaran Sebelum di Beater

Gambar 15. Hasil Uji Mikroskop BC 600x Perbesaran Sesudah di Beater

Bentuk serat *Bacterial cellulose* seperti benang halus yang dapat mengisi celah pori diantara *pulp* (LBKP dan NBKP) sehingga dapat menurunkan nilai porositas *handsheet*. Selain itu, *Bacterial cellulose* berperan sebagai jembatan antara serat *pulp* (LBKP dan NBKP) yang dapat meningkatkan ikatan antar serat sehingga kekuatan kertas meningkat.

Gambar 16. Hasil SEM Permukaan *Bacterial Cellulose* dengan 5000x Perbesaran

Gambar 17. Penampang *Bacterial Cellulose* dengan 1000x Perbesaran

Research Paper Vol 2, No 2, Tahun 2020

Hasil SEM morfologi, *Bacterial cellulose* tersusun dari fibril-fibril dengan lebar 20 sampai 50 nm yang berada dalam berbagai arah sehingga menghasilkan struktur jejaring. Panjang fibril setidaknya 10 μm . Fibril-fibril nampak tidak sepenuhnya linier tetapi memiliki titik percabangan tiga arah yang menyebabkan sifat unik. Untuk lembarannya, memiliki diameter pori sekitar 125 nm.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa :

1. Semakin banyak penambahan *Bacterial cellulose* pada pembuatan *baking paper* dapat meningkatkan sifat kekuatan dan permukaan kertas, serta dapat mengurangi penggunaan bahan kimia tambahan.
2. Pada variasi penambahan *Bacterial cellulose* sebanyak 25% nilai drainase kertas mengalami penurunan sebesar 160 ml/15 sec dan penambahan *Bacterial cellulose* 25% pada buburan stok LBKP dan NBKP pada variasi 3 memiliki muatan yang paling negatif yaitu -33 $\mu\text{g/l}$.
3. Variasi dengan penambahan *Bacterial cellulose* paling banyak yaitu 25% dapat menurunkan penggunaan NBKP tanpa menurunkan nilai sifat kertas.
4. Serat yang dimiliki *Bacterial cellulose* lebih kecil dan telah terfibrilasi sehingga dapat mengikat gugus OH lebih banyak.

Daftar Pustaka

- Azeredo, H. M. C., Rosa, M. F., & Mattoso, L. H. C. (2017). Nanocellulose in bio-based food packaging applications. *Industrial Crops and Products*, Vol 97: 664–671.
- Effendi, D. B., Rosyid, N. H. R., Nandiyanto, A. B. D., & Mudzakir, A. (2015). Review : Sintesis Nanoselulosa. *Jurnal Integrasi Proses*, Vol 5(2): 61–74
- Ferrer, A., Pal, L., & Hubbe, M. (2017). Nanocellulose in Packaging: Advances in Barrier Layer Technologies. *Industrial Crops and Products*, Vol 1(95), 574–582.
- Gao, W. H., Chen, K. F., Yang, R. D., Yang, F., & Han, W. J. (2011). Properties of Bacterial Cellulose & Influence on Physical Properties of Paper. *BioResources*, Vol 6(1): 144–153
- Mazhari Mousavi, S. M., Afra, E., Tajvidi, M., Bousfield, D. W., & DehghaniFiroozabadi, M. (2018). Application of Cellulose Nanofibril (CNF) as Coating on Paperboard at Moderate Solids Content and High Coating Speed Using Blade Coater. *Progress in Organic Coatings*, 122(January): 207–218.

- Osong, S. H., Norgren, S., & Engstrand, P. (2014). Paper Strength Improvement by Inclusion of Nano-ligno-cellulose to Chemi-Thermomechanical Pulp. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 29(2), 309–316
- Rojas, O. J., Filpponen, I., & Matikainen, L. (2017). Nanocellulose as Barrier Coating Deposited by a Laboratory Rod coater, 1–77.
- Sijabat, E. K., Avelina, Y. N., & Permatasari, A. (2017). Studi Awal Penggunaan Nanoselulosa Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas, *Teknologi Agro Industri (Tegi)*, Vol 9(2): 21–29.
- Sumaiyah. (2015). *Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Mikrokristal dan Nanokristal Tandan Aren sebagai Eksiapien dalam Tablet Natrium Diklofenak*. Disertasi, Universitas Sumatera Utara, 1–2, 23.