

Studi Awal Penggunaan Nanoselulosa Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas

Edwin K. Sijabat, Yassi Novita Avelina, Agnesia Permatasari

Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, ITS
Jl. Ganesha Boulevard, Lot-A1 CBD Kota Deltamas,
Cikarang Pusat, Bekasi
email : edwinsijabat@hotmail.com

ABSTRAK Penelitian ini merupakan studi awal penggunaan nanoselulosa sebagai campuran bahan baku baru dalam pembuatan kertas. Nanoselulosa diperoleh dari hasil fermentasi air kelapa dengan menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum* yang menghasilkan nanoselulosa bakteri yang biasa dikenal dengan *nata de coco*. Selain dari air kelapa, nanoselulosa juga dapat diperoleh dari kulit pisang (*nata de banana*), air kedelai (*nata de soya*), kulit nenas (*nata de pineapple*), lidah buaya (*nata de aloevera*), dll. Penulis memilih *nata de coco* karena telah banyak diproduksi dan sudah dikenal oleh masyarakat. Nanoselulosa ini dicampurkan dengan *Leaf Bleach Kraft Pulp* (LBKP) dan dibuat menjadi *handsheet*. Berikutnya diuji sifat fisik dan sifat optiknya untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan penambahan nanoselulosa tersebut. Nanoselulosa yang digunakan bervariasi dengan dosis 0% (*blank*), 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5%, 25%, 27,5%, 30% terhadap berat kering *handsheet*. Secara umum, dari penelitian ini diperoleh bahwa nanoselulosa dapat dijadikan sebagai campuran bahan baku dalam pembuatan kertas. Kertas yang dihasilkan memiliki kekuatan fisik yang baik. Nilai porositas yang sangat rendah, indeks tarik yang optimal senilai 51,97 pada komposisi nanoselulosa 30% dan indeks sobek yang optimal senilai 64,64 pada komposisi nanoselulosa 15%. Namun untuk penyerapan dinilai kurang baik karena hasil uji klemm absorption turun hingga 5mm/min pada komposisi nanoselulosa 30%, dan drop test semakin naik hingga 197,81 detik pada komposisi nanoselulosa 30%. Selain itu sifat optik juga kurang baik terutama dari segi warna. *Handsheets* yang dihasilkan cenderung kekuningan. Nilai L^*a^*b menunjukkan perubahan bahwa warna semakin kuning dan kurang terang. Nilai L turun hingga 89,87 pada komposisi nanoselulosa 30%, dan nilai b yang naik hingga 6,37 pada komposisi nanoselulosa 30%. Whiteness juga mengalami penurunan hingga 45,67 pada komposisi nanoselulosa 30%, brightness juga turun hingga 69,05 pada komposisi nanoselulosa 30%. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya di bidang nanoselulosa agar ditemukan bahan baku baru selain dari tumbuhan yang dapat digunakan dalam pembuatan kertas.

Kata kunci : nanoselulosa, *nata de coco*, bahan baku kertas.

ABSTRACT This research is a preliminary study of using nanocellulose as a mixture in the new materials used in paper making. The nanocellulose is obtained from the fermentation of coconut water using *Acetobacter xylinum* bacteria that produce nanocellulose bacteria commonly known as *nata de coco*. Apart from coconut water, nanocellulose can also be obtained from banana peel (*nata de banana*), soybean water (*nata de soya*), pineapple leaves waste (*nata de pineapple*), aloe vera (*nata de aloevera*), etc. The authors choose *nata de coco* because it has been widely produced and known by public. The nanocellulose is then mixed with *Leaf Bleach Kraft Pulp* (LBKP) and made into *handsheet*. Next, its physical and optical properties are tested to determine the advantage and disadvantage of nanocellulose addition. The nanocellulose used varies in doses of 0% (*blank*), 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5%, 20%, 22.5%, 25%, 27.5 %, 30% of the *handsheet* dry weight. In general, this research found that nanocellulose can be used as a mixture in the raw materials in paper making. The resulting paper has good physical strength with very low porosity value, optimal tensile index of 51.97 in 30% nanocellulose composition and optimal tear index of 64.64 at a 15% nanocellulose composition. However, its absorption is considered less good because the absorption clamp test result decreases to 5mm / min at 30% nanocellulose composition, and the drop test increases up to 197.81 second at 30% nanocellulose composition. In addition, optical properties are also less good, especially in terms of color. The resulting handset tends to be yellowish. The L^*a^*b value indicates the change in the color getting yellow and less bright. The L values decreases to 89.87 at 30% nanocellulose composition, and the b

value increases to 6.37 at the 30% nanocellulose composition. The whiteness decreases up to 45,67 at the 30% nanocellulose composition and the brightness also decreases up to 69,05 at the 30% nanocellulose composition. The authors hope this research can be used as a reference for further research in the field of nanocellulose in order to identify new raw materials apart from plants to be used in paper making.

Keywords: nanocellulose, nata de coco, paper making raw materials.

1. Pendahuluan

Kertas merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Kertas mempunyai peran sentral untuk mendukung aktivitas pekerjaan manusia. Hal ini berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan kertas di dunia. Kertas terbuat dari bahan baku berupa pulp yang berasal dari serat selulosa yang selama ini diperoleh dari tanaman setelah melalui proses delignifikasi. Kertas dapat dibuat dari non wood, misalnya kapas, bambu, ampas tebu ataupun jenis tumbuhan lain yang mengandung serat selulosa. Namun, secara umum, bahan baku kertas diperoleh dari serat selulosa pada kayu.

Tingkat konsumsi kertas di Indonesia sangatlah tinggi. Menurut Indonesian Pulp & Paper Association Directory konsumsi kertas di Indonesia mencapai 5,96 juta ton pada tahun 2006. Tingginya tingkat konsumsi kertas tersebut membuat pohon yang merupakan bahan baku pembuatan kertas semakin berkurang. Tercatat 65–97 juta pohon ditebang untuk memenuhi kebutuhan akan kertas para angkatan kerja di Indonesia (Velliana, 2013)

Ketua Umum Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI) Misbahul Huda juga mengatakan, pada tahun 2012 Indonesia mengekspor pulp sebesar 3,2 juta ton dan kertas sebesar 4,2 juta ton. Sedangkan, sampai Oktober 2013 ekspor pulp dan kertas masing-masing mencapai 3,1 juta ton dan 3,5 juta ton dan diperkirakan masih merupakan yang terbesar di ASEAN. Kebutuhan kertas dunia mencapai 394 juta ton dan diperkirakan meningkat menjadi 490 juta ton pada tahun 2020. (Misbahul Huda, 2014). Tingginya permintaan kertas domestik dan global menjadi tantangan bagi industri pulp dan kertas di Indonesia untuk meningkatkan kapasitas produksi. Tentunya hal ini seharusnya juga diimbangi oleh ketersediaan bahan baku yang memadai. Untuk itu perlu diteliti bahan baku yang dapat menjadi alternatif pembuatan kertas selain daripada bahan baku kayu (*wood*) dan non kayu (*nonwood*)

Nanoteknologi saat ini sedang banyak dikembangkan oleh para peneliti karena

dianggap sebuah evolusi dari ilmu pengetahuan untuk teknologi masa depan yang memberikan banyak manfaat di berbagai bidang dan salah satunya di bidang *Pulp and Paper*. Nanoteknologi merupakan suatu teknologi yang dihasilkan dari pemanfaatan sifat-sifat molekul apabila berukuran lebih kecil dari 100 nanometer. Nanoteknologi tidak hanya sebatas bagaimana cara menghasilkan material ataupun partikel yang berukuran nanometer, melainkan memiliki pengertian yang lebih luas termasuk bagaimana cara memproduksi serta mengetahui sifat-sifat baru yang dihasilkan oleh nanomaterial yang telah dibuat. Sifat-sifat yang baru inilah yang nantinya akan dimanfaatkan untuk keperluan teknologi. (Abdullah, 2009)

Seperti yang kita ketahui bahwa, selama ini kertas dan turunannya diperoleh dari hasil kompresi serat selulosa dan hemiselulosa yang saat ini hanya berasal dari tumbuhan. Serat tersebut dapat diperoleh dari kayu (*wood*), bukan kayu (*nonwood*), ataupun kertas bekas (*waste paper*). Selama ini kertas tulis cetak diproduksi dengan menggunakan bahan baku NBKP (*Needle Bleached Kraft Pulp*) yaitu pulp yang berasal dari kayu serat panjang (*softwood*), LBKP (*Leaf Bleached Kraft Pulp*) yaitu pulp yang berasal dari kayu serat pendek (*hardwood*), dan *secondary fiber* yang berasal dari kertas bekas. Semua bahan tersebut merupakan sumber serat alami dari tumbuhan dengan ukuran panjang sekitar 1,5-4,5 mm untuk NBKP dan 0,5-1,5 mm untuk LBKP dan lebar 0,02-0,05 mm untuk NBKP dan 0,01-0,04 mm untuk serat LBKP (Tomi, 2006).

Serat selulosa jumlahnya sangat melimpah di alam. Selain berasal dari tumbuhan, serat selulosa dapat juga dihasilkan oleh bakteri. Selulosa bakteri ini berukuran dibawah 100 nm sehingga disebut dengan nanoselulosa. Namun, serat selulosa yang berasal dari bakteri saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk pembuatan kertas, sehingga bahan baku ini menjadi alternatif baru yang

harus dikembangkan saat ini. Serat selulosa dapat dihasilkan oleh bakteri selulosa jenis *Acetobacter Xylinum*. Jenis bakteri ini juga biasanya digunakan dalam pembuatan makanan berserat berupa nata seperti *nata de coco* (berasal dari air kelapa), *nata de soya* (berasal dari air kedelai), *nata de banana* (berasal dari kulit pisang), *nata de pineapple* (berasal dari kulit nenas), *nata de aloevera* (berasal dari lidah buaya), dll.

Serat selulosa yang berasal dari bakteri lebih murni daripada serat selulosa yang berasal dari tumbuhan. Serat selulosa yang berasal dari tumbuhan harus melalui proses pemurnian dengan cara menghilangkan hemiselulosa, lignin, dan juga zat ekstraktif tumbuhan lainnya yang terdapat dalam kayu. Namun serat selulosa yang berasal dari bakteri dapat langsung digunakan karena merupakan selulosa murni. Selulosa mikrobial yang dapat dipanen setelah kultivasi selama 1 minggu lebih potensial dibandingkan dengan selulosa kayu yang baru bisa dipanen setelah 4-6 tahun.

Selulosa bakteri ini memiliki diameter sekitar 2-20 nm dan panjang 100 - 40.000 nm. Selulosa yang di hasilkan lebih kuat, lebih tipis, dan lebih ringan dibandingkan dengan selulosa yang berasal dari tumbuhan (Falkow, 2006). Porositasnya juga sangat rendah dengan ukuran diameter 70-80nm, derajat kristalinitasnya cukup tinggi yaitu 60-80% dan kekuatan mekanik yang besar serta modulus elastisitas yang tinggi (Jonas R, Farah L, 1998). Porositas yang diduga sangat rendah akan menimbulkan masalah dalam proses *dewatering* kertas. Air akan sulit keluar dari lembaran kertas. Oleh sebab itu penulis membatasi komposisi selulosa bakteri pada *handsheet* yang akan dibuat. Selain itu, penggunaan selulosa yang berasal dari bakteri diduga dapat meningkatkan kekuatan fisik kertas, sehingga penulis akan mencoba untuk mengkombinasikan selulosa bakteri tersebut dengan LBKP.

Produk yang dihasilkan nantinya diharapkan dapat memiliki kualitas yang baik. Produk yang berkualitas tentunya memiliki sifat fisik dan sifat optik yang baik sesuai dengan fungsi produknya. Oleh sebab itu dilakukan pula pengujian sifat fisik dan sifat optik *handsheet* yang terbuat dari variasi kombinasi serat selulosa yang berasal dari bakteri dan selulosa tumbuhan (LBKP).

Serat selulosa dari bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah selulosa bakteri

yang dikembangkan dengan media air kelapa, yaitu *nata de coco*. Bakteri yang digunakan dalam produksi nanoselulosa ini adalah bakteri jenis *Acetobacter xylinum*.

Pada penelitian tugas akhir ini, penulis akan meneliti manfaat nanoselulosa sebagai bahan baku pembuatan kertas.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pulp LBKP dan *Nata de coco*. Sedangkan alat-alat yang digunakan antara lain pH meter, ember, *beater*, gelas ukur, sendok, neraca digital, kertas saring, pompa vakum, oven, *Handsheets maker+dryer*, *blotting paper*, *L&W tearing tester*, *L&W sample punch*, *Particle Charge Detector Mutek 03*, Satu set alat uji *total water absorption*, satu set alat uji *drop test*, *Gurley porosity tester*, *Colour tester*, *Canadian standar freeness tester*, satu set alat uji *Klemm absorption*, *stopwatch*.

2.2 Metode

Tahap awal penelitian ini adalah penyiapan alat dan bahan percobaan yaitu proses *beating* LBKP dan nata de coco secara terpisah kemudian di cek, pH, muatan, konsistensi dan freeness awal. Kemudian kedua bahan yang telah menjadi buburan dicampurkan berdasarkan komposisi yang telah ditentukan yaitu 0%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5%, 25% 27,5%, 30% nata de coco terhadap berat kering serat. Kemudian, hasil pencampuran masing-masing variasi diuji freeness-nya dengan alat *Canadian standar freeness tester*.

Kemudian dengan komposisi yang sama dibuat menjadi *handsheet* dengan gramatur 45 gsm. Masing-masing lembaran *handsheet* yang telah terbentuk kemudian diuji sifat optik dan sifat fisiknya yang meliputi pengujian warna L^*a^*b , keputihan kertas (*whiteness*), kecerahan kertas (*brightness*), kemampuan berpendar (*fluoresence*), opasitas (*opacity*), porositas (*porosity*), indeks tarik (*tensile index*), indeks sobek (*tearing index*), *klemm absorption test*, *drop test*, dan *total water absorption*.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengujian terhadap *nata de coco* dan LBKP sebelum dibuat menjadi *handsheet* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Pengujian Awal

| Nama Sampel | pH | Muatan | Consistency | Freeness awal (mL CSF) |
|--------------|------|---------|-------------|---------------------------|
| LBKP | 7,81 | negatif | 0,5 | 470 |
| Nata de coco | 3,55 | negatif | 0,1 | 0 |

Menurut Darmansyah (2010), Meskipun bakteri *Acetobacter Xylinum* dapat tumbuh pada pH 3,5-7,5 tetapi akan tumbuh dengan optimal pada pH 4 dengan kisaran suhu ideal berkisar 28-30°C. pH *nata de coco* yang asam karena bakteri yang digunakan untuk fermentasi dalam pembuatan *nata de coco* adalah bakteri *acetobacter xylinum*.

Menurut Holmes (2004), selulosa bakteri mempunyai struktur kimia yang sama seperti selulosa yang berasal dari tumbuhan dan merupakan polisakarida berantai lurus yang tersusun oleh molekul D-glukosa melalui ikatan β -1,4. Muatan yang negatif dikarenakan struktur kimia penyusun kedua bahan tersebut sama yaitu selulosa hanya saja ukurannya yang berbeda. Konsistensi ditentukan yaitu sebesar 0,5 untuk LBKP dan 0,1 untuk *nata de coco*.

Hasil Uji Freeness

Pada penelitian awal diperoleh nilai freeness LBKP sebesar 470 mL CSF, sedangkan nilai freeness nanoselulosa adalah sebesar nol ml CSF.

Tidak adanya air yang keluar pada pengujian freeness nanoselulosa disebabkan karena struktur dari nanoselulosa itu sendiri yang seratnya berupa gel dan berukuran sangat kecil yaitu dengan diameter sekitar 2-20 nm dan panjang 100 - 40.000 nm. Rantai glukosa yang tidak bercabang membuat struktur fibrillar yang panjang karena tingginya jumlah gugus hidroksil bebas yang menghasilkan ikatan hidrogen intra dan intermolekul yang luas antara rantai yang berdekatan (Brown, 1985). Serat-serat yang sangat kecil dan berukuran nano ini membuat jalinan yang sangat kuat dan sangat rapat sehingga sulit dilewati oleh air sekalipun. Oleh sebab itu pada pengujian freeness, air tidak dapat keluar dari mesh CSF tester.

Grafik diatas merupakan pengujian freeness dari variasi stock nanoselulosa dan LBKP yang akan diteliti. Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa terjadi penurunan nilai Freeness yang sangat stabil namun signifikan.

Hal ini dikarenakan LBKP yang memiliki nilai Freeness 470 mL CSF dicampur dengan

nanoselulosa yang kerapatannya tinggi, sehingga semakin tinggi kadar nanoselulosa dalam handsheet, maka nilai freeness pun akan mengalami penurunan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan freeness.

Hasil Uji Kecepatan Drainase

Peningkatan yang terjadi seiring dengan meningkatnya persentase komposisi nanoselulosa dalam lembaran handsheet. Semakin tinggi persentase nanoselulosa dalam lembaran tersebut, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan air untuk keluar dari lembaran basah yang terbentuk. Hal ini juga disebabkan oleh sifat nanoselulosa yang hidrofilik.

Menurut Wiley (2014), Nanocellulose memiliki kepadatan yang rendah (1,6 g.cm⁻³), dan permukaan gugus -OH yang lebih reaktif dibandingkan dengan selulosa umumnya. Selulosa bakteri umumnya berasal dari biosintesis oleh sejumlah bakteri yang memiliki fitur unik seperti kristalinitas, kemurnian tinggi, kekuatan tarik, dan menahan air.

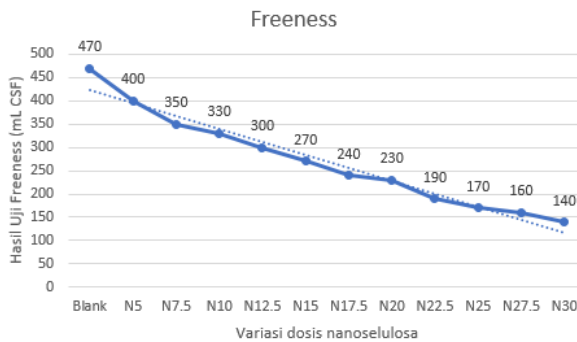
Oleh sebab inilah, persentase nanoselulosa dalam lembaran harus dibatasi. Karena jika tidak maka akan terjadi masalah pada saat *dewatering*, yaitu air tidak dapat keluar dari lembaran basah yang terbentuk. Oleh sebab itu, penulis membatasi komposisi nanoselulosa dalam penelitian ini maksimal 30%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan kecepatan drainase dan menimbulkan masalah drainase jika penggunaannya diatas 30%.

Hasil Uji L*a*b Color

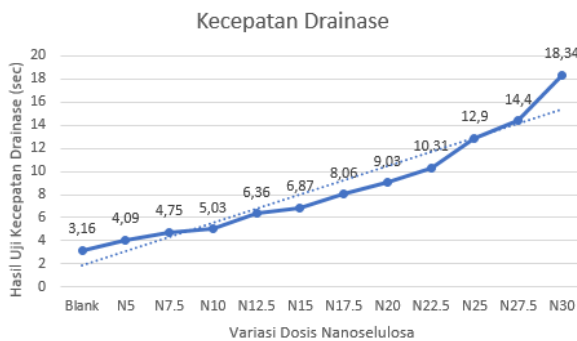
Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan nilai L* (lightness) hingga 89,87 dan nilai *b meningkat hingga 6,37 sedangkan nilai a tidak dipengaruhi karena grafik yang terlihat

cenderung tidak beraturan dan hanya mengalami sedikit perubahan mendekati nol.

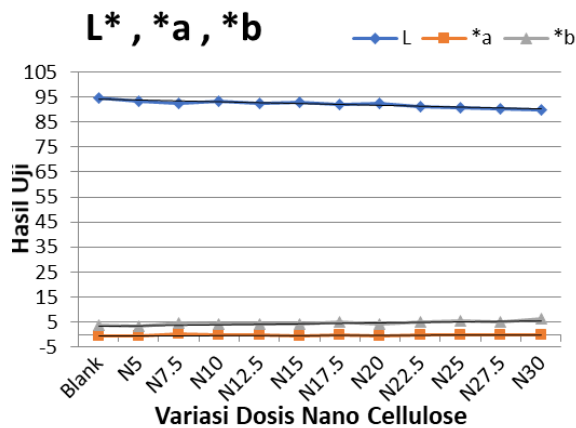
Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa mengakibatkan *handsheet* yang dihasilkan semakin gelap karena nilai L turun dan cenderung kekuningan karena nilai *b cenderung meningkat dan bernilai positif. Warna yang kekuningan tersebut disebabkan karena pulp LBKP yang cenderung lebih terang dan putih karena telah di bleaching kemudian dicampurkan dengan *nata de coco* yang warnanya cenderung lebih gelap dan kekuningan secara visual.



Gambar 1. Grafik Hasil Uji Freeness

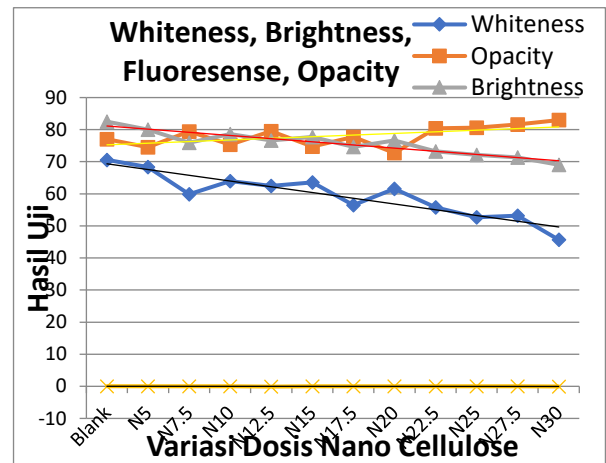


Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kecepatan Drainase



Gambar 3. Grafik Hasil Uji L*a*b color

Hasil Uji Whiteness, Brightness, Fluoresense, dan Opacity



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Whiteness, Brightness, Fluoresense, dan Opacity

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan nilai whiteness dan brightness dan tidak berpengaruh terhadap fluoresense dan opacity karena grafik fluoresense dan opacity cenderung tidak beraturan dan tidak terjadi perubahan yang berarti.

Penurunan nilai *whiteness* menandakan bahwa warna *handsheet* tersebut semakin tidak putih dan penurunan nilai *brightness* menandakan bahwa *handsheet* semakin tidak cerah seiring dengan penambahan nanoselulosa. Hal ini juga terlihat secara visual. *Handsheets* terlihat cenderung kurang putih dan tidak cerah serta agak kekuningan

Pulp LBKP terlihat putih dan cerah dengan nilai *whiteness* 70,58 dan nilai *brightness* 82,5. Hal ini tentu saja karena pulp LBKP telah melalui proses bleaching sehingga diperoleh nilai *whiteness* dan *brightness* yang baik. Sedangkan nanoselulosa memiliki warna awal yang kurang putih. Sehingga pada saat dicampur, warna dari nanoselulosa akan mempengaruhi warna pulp LBKP.

Hasil Uji Porositas

Hasil uji porositas dapat dilihat pada tabel berikut :

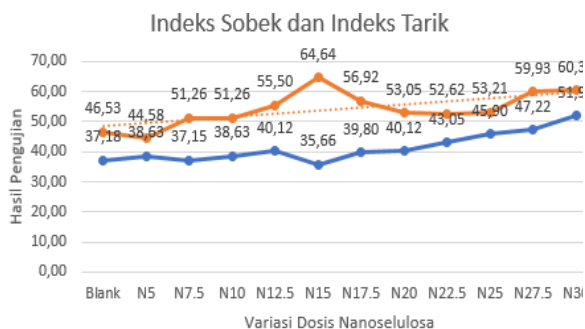
Tabel 1. Hasil Pengujian Porositas

| Nama Sampel | Hasil Pengujian Porositas (sec/300mL) |
|-------------|---------------------------------------|
| Blank | 480,9 |
| N5 | 2.344,5 |
| N7,5 | 5245 |
| N10 | 14.069 |
| N>10 | ~ |

Hasil pengujian porositas dari Tabel 1 diatas menunjukkan nilai yang sangat luar biasa. Karena nilai pengujian porositas dari *handsheet* tersebut menunjukkan hasil yang sangat besar hingga tak berhingga. Pada pengujian *handsheet* blank yaitu *handsheet* yang terbuat dari 100% LBKP, nilai uji porositas masih bernilai 480,9 sec/300mL, dan terus mengalami peningkatan. Pada saat nanoselulosa bernilai 10%, hasil uji porositas menunjukkan angka 14069 sec/300mL. Untuk komposisi nanoselulosa yang lebih dari 10% hasil pengujian porositas sangat lama sekali dan tidak memungkinkan untuk dilakukan. Tabung pada alat uji porositas tidak terlihat bergerak sama sekali. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa hampir tidak terdapat celah pada lembaran *handsheet* yang dapat menjadi jalan bagi keluarnya udara. Hal ini disebabkan oleh ukuran nanoselulosa yang sangat kecil dan menjalin ikatan serat yang sangat baik dan kuat dan kerapatannya yang sangat tinggi sehingga sangat sulit sekali ditembus oleh udara.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan porositas karena ukuran nanoselulosa yang berskala nano akan mengisi celah pori yang terdapat pada LBKP sehingga celah pori akan semakin kecil bahkan sampai tidak ada celah.

Hasil Uji Indeks Tarik dan Indeks Sobek



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Indeks Tarik dan Indeks Sobek

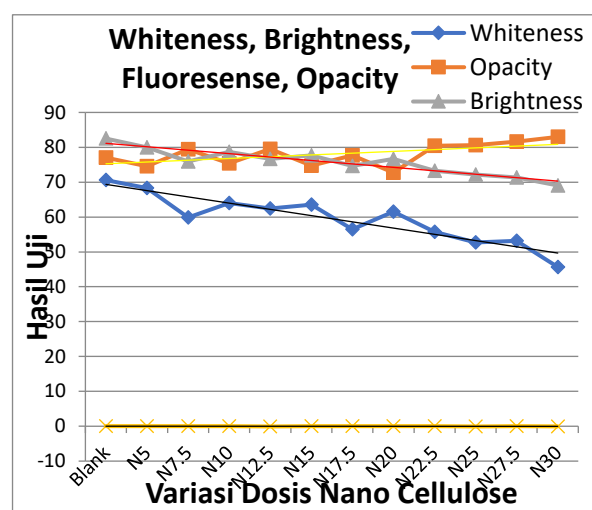
Berdasarkan pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa ada keterkaitan antara *Tensile Test* (uji tarik) dan *Tearing Test* (uji sobek). Jika nilai *tensile* naik maka nilai *tearing* akan menurun, begitu juga sebaliknya.

Pada grafik di atas juga dapat disimpulkan bahwa nilai *tearing* dan *tensile* bersama-sama cenderung mengalami peningkatan. Hal ini sangat baik, dan menunjukkan bahwa nanoselulosa berpengaruh baik terhadap indeks *tensile* dan indeks *tearing*.

Hal ini disebabkan karena nanoselulosa yang berukuran nano memiliki luas permukaan yang sangat besar dan gugus OH reaktif yang sangat banyak sehingga dapat berikatan dengan mudah dan menjalin ikatan serat yang sangat kuat

Menurut Wiley (2014), *Nanocellulose* memiliki kepadatan yang rendah ($1,6 \text{ g.cm}^{-3}$), dan permukaan gugus -OH yang lebih reaktif dibandingkan dengan selulosa umumnya. Jadi, dapat disimpulkan bahwa nanoselulosa dapat meningkatkan tensile strength dan tearing strength dengan baik.

Hasil Uji Klemm Absorption, Drop Test, dan Total Water Absorption



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Klemm, Drop Test dan Total Water Absorption

Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan daya serap air. Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa nilai hasil uji *Klemm Absorption* semakin menurun seiring dengan komposisi nanoselulosa yang bertambah. Penurunan hasil uji *Klemm Absorption* menandakan bahwa air semakin sulit merambat dari dasar kertas ke atas melawan gaya gravitasi.

Kemudian hasil uji drop menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa mengakibatkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk tetesan air dapat menyerap seluruhnya ke dalam lembaran.

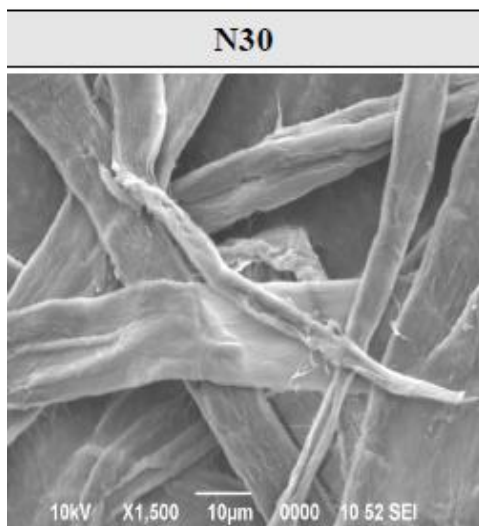
Sedangkan hasil uji total water absorption menunjukkan tidak adanya perubahan yang berarti dari penambahan nanoselulosa.

Sehingga dapat kita simpulkan bahwa penambahan nanoselulosa dapat menurunkan

daya serap kertas dan menahan penetrasi air kedalam lembaran kertas.

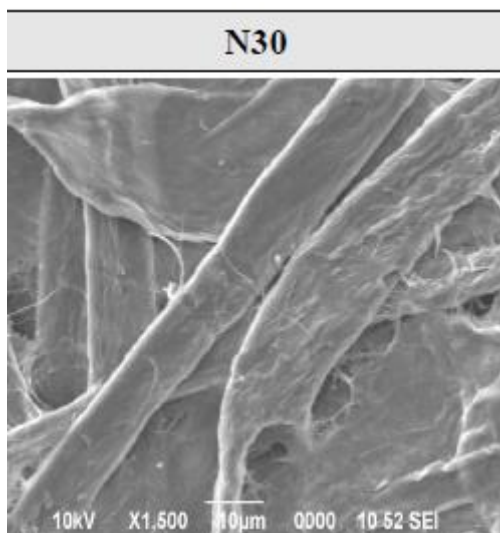
Hasil Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian SEM dengan perbesaran 1500x pada top side dan hasilnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Hasil Uji SEM top side perbesaran 1500x

Selanjutnya, untuk bagian bottom side, juga dilakukan perbesaran hingga 1500x perbesaran seperti pada gambar 8.

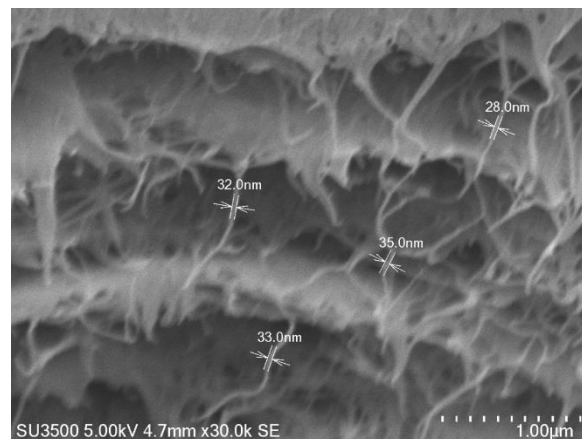


Gambar 8. Hasil Uji SEM bottom side perbesaran 1500x

Jadi, jika dilihat pada gambar hasil uji SEM, semua gambar tidak memperlihatkan adanya perbedaan morfologi fiber nanoselulosa

dengan fiber pulp, yang terlihat hanya fiber refiner dengan perbesaran 1500x.

Selain kedua pengujian diatas dilakukan juga pengujian dari sisi melintang pada kertas dengan perbesaran 30.000x.



Gambar 9. Hasil Uji SEM perbesaran 30.000x

Pada gambar di atas terlihat nanoselulosa dengan diameter yang berukuran 28nm hingga 35nm. Terlihat juga bahwa nanoselulosa melapisi serat selulosa sehingga dapat disimpulkan juga bahwa inilah yang menyebabkan sulitnya penyerapan air kedalam serat selulosa karena penambahan nanoselulosa. Selain itu juga nanoselulosa mengisi celah pori serat selulosa sehingga penambahan nanoselulosa membuat porositas sangat kecil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Nanoselulosa dapat menjadi bahan baku campuran dalam pembuatan kertas terbukti dengan handsheet yang berhasil dibuat pada penelitian ini.
2. Kualitas kertas yang dihasilkan dari percampuran LBKP dan nanoselulosa sebagai bahan baku kertas secara keseluruhan sudah cukup baik. Sifat fisik kertas seperti tensile strength dan tearing strength mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya komposisi nanoselulosa dalam handsheet. Nilai indeks tarik yang optimal senilai 51,97 pada komposisi nanoselulosa 30% dan indeks sobek yang optimal senilai 64,64 pada komposisi nanoselulosa 15%. Nilai porositas menunjukkan nilai yang sangat rendah, Namun untuk penyerapan dinilai kurang baik karena hasil uji klemm absorption turun hingga 5mm/min pada komposisi nanoselulosa 30%, dan drop

test semakin naik hingga 197,81 detik pada komposisi nanoselulosa 30%.

3. Sifat-sifat optik mengalami perubahan. Penambahan nanoselulosa membuat warna handsheet menjadi kekuningan sehingga brightness, whiteness, dan fluoresence pun mengalami penurunan. Nilai L^*a^*b menunjukkan perubahan bahwa warna semakin kuning dan kurang terang. Nilai L^* turun hingga 89,87 pada komposisi nanoselulosa 30%, dan nilai b^* yang naik hingga 6,37 pada komposisi nanoselulosa 30%. Whiteness juga mengalami penurunan hingga 45,67 pada komposisi nanoselulosa 30%, brightness juga turun hingga 69,05 pada komposisi nanoselulosa 30%. Namun hal ini tentu saja bisa diatasi jika produk yang diinginkan memiliki warna yang cenderung putih dan tingkat brightness, whiteness, dan fluoresence yang baik, maka dapat dilakukan penambahan bahan chemical misalnya seperti OBA (Optical Brightening Agent) untuk meningkatkan brightness. Sedangkan untuk penggunaan kertas yang tidak membutuhkan warna yang cenderung putih, nanoselulosa baik untuk digunakan secara langsung tanpa bahan chemical untuk mencerahkan warna kertas.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kerja keras dari Yassi Novita Avelina dalam penelitian ini, Ibu Agnes Permatasari yang telah mereview laporan, Bapak Suhardi Firdaus serta Bapak Tri Prijadi Basuki yang telah banyak memberi wawasan mengenai nanoselulosa.

Daftar Pustaka

- Abdullah, Mikrajuddin. (2009) Pengantar Nanosains. Bandung. Penerbit ITB
- Apriani Enda, (2016) Pengaruh Komposisi Bahan Baku dan Lama waktu Pemasakan terhadap Kekuatan Tarik pada Pembuatan Kertas Seni dari Limbah Batang Jagung dan Kertas Bekas". Jurnal Mekanika dan Sistem Termal, Vol. 1 (2)
- Bielecki S., A. Krystynowicz, M. Turkiewicz, H. Kalinowska(2005) Bacterial cellulose. In *Biotechnology of Biopolymers* (A. Steinbuchel & Y. Doi, eds.) vol. 1. Willey-VCH, Weinheim.

- Brown,E.E.(2007) *BacterialCellulose / Thermoplastic Polymer Nanocomposites*. Thesis Master. Washington State University.
- Brown R.M. Jr., (1985) Cellulose microfibril assembly and orientation: Recent developments. *J. Cell Sci.* 2,13-32
- Czaja WK, Young DJ, Kawec M. (2007) Reviews: The Future Prospects of Microbial Cellulose in Biomedical Applications. *J. Biomacromolecules* Vol.8, No.1
- Darmansyah(2010) Evaluasi Sifat Fisik dan Mekanik Material Komposit Serat /Resin Berbahan Dasar Serat Nata De Coco dengan Penambahan Nanofiller, Depok, UI.
- Falkow Stanley, Eugene Rosenberg, Martin Dworkin, Erko Stackebrandt (2006) *The Prokaryotes: A Handbook on the Biology of Bacteria*. hal.183-184. Singapore : Springer.
- Fengel, D., dan Wegener, G., (1984), *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi Reaksi*, Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hoenich, N. (2006) Cellulose for medical applications: Past, present, and future. *BioRes.* 1 (2).270-280.
- Holmes D (2004) Bacterial cellulose. master thesis, Department of Chemical and Process Engineering, University of Canterbury, New Zealand
- Holtzapple, M. T. (2003). Hemicelluloses. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (pp. 3060-3071). Academic Press.
- Jonas,R. Farah,L. F. 1998.Production and application of microbial cellulose.Polymer Degradation and Stability.Biotechnology.59, 101-106.
- Kebutuhan Kertas Domestik meningkat, <http://www.kemenperin.go.id/artikel/8422/Kebutuhan-Kertas-Domestik-Meningkat>, diakses tanggal 1 Juli 2017.
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., dan Wagenknecht, W.(1998a). *Comprehensive Cellulose Chemistry. Volume 1: Fundamentals and Analytical Methods*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH. Hal. 1, 14, 18-19.

- Lehninger, Albert. 1994. Dasar-Dasar Biokimia. Jakarta: Erlangga.
- Munir, Muhammad Miftahul. 2015. "Muhammad Miftahul Munir, Dr. Eng.: Kembangkan Nanoteknologi Demi Kemandirian Bangsa". ITB NEWS, 6 Juni 2015.
- Palungkung, Rony (1992). Aneka Produk Olahan Kelapa. Jakarta Penebar Swadaya. Halaman : 1, 21 dan 25
- Pambayun, R, 2002, Teknologi Pengolahan Nata De Coco, Yogyakarta, Kanisius.
- Prasetyo, Y. (2011) Scanning Electron Microscope dan Optical Emission Spectroscope
- Principles Of Instrumental Analysis F.James Holler, Douglas A. Skoog & Stanley R. Crouch (2006)
- Quinonez A., (2008) *Introduction to Nanotechnology*. Electronics and Advanced Technologies Austin Community College
- Ross P., R.Mayer, M.Benziman. 1991. Cellulose Biosynthesis and Function in bacteria. *Microbiology Review*
- Ridjanović, Midhat. PhD, July (2013) "Naive Translation Equivalent". *Translation Journal*. Volume 17, No. 3, <http://translationjournal.net/journal/65/naive.htm>
- Sehaqui, H., Allais, M., Zhou, Q., Berglund, L. A. (2011): Wood cellulose biocomposites with fibrous structures at micro- and nanoscale, *Composites Science and Technology*, **71**, 382-387.
- Shoda, M. & Y. Sugano (2005) Recent advances in bacterial cellulose production. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*
- Sirait, S. (2003) Bleaching Module. Training and Development Centre. Porsea : PT. Toba Pulp Lestari, Tbk Anonim, 2003. Bleaching Plant. Training and Development Centre. Porsea : PT. Toba Pulp Lestari, Tbk
- Sjostrom, E. (1995) Kimia Kayu: Dasar – dasar dan Penggunaan. Jilid 2. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press
- Sutarminingsih, Lilis (2004) Peluang Usaha Nata De Coco, Yogyakarta, Kanisius
- T227 om-99
- TAPPI T 240
- TAPPI T221 cm-09
- TAPPI T425 om-06
- Velliana, Riska, (2013), Pembuatan Pulp dari Serat Daun Nanas menggunakan proses soda, Penelitian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya : Palembang.
- Wiley (2014) Nanocellulose Polymer Nanocomposite (Vijay Kumar Thakur, Penerjemah). Washington USA : Scrivener Publishing
- Velliana, Riska, (2013), Pembuatan Pulp dari Serat Daun Nanas menggunakan proses soda, Penelitian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya : Palembang.