

**PENGUNAAN SELULOSA MIKROBIAL DARI NATA DE CASSAVA DAN SABUT KELAPA
SEBAGAI PENSUBSTITUSI SELULOSA KAYU DALAM PEMBUATAN KERTAS**

**THE USE OF MICROBIAL CELLULOSE FROM NATA DE CASSAVA AND COCONUT HUSK AS
WOOD CELLULOSE SUBSTITUTE FOR PAPER MAKING PROCESS**

Khaswar Syamsu¹⁾, Renny Puspitasari¹⁾, Han Roliadi²⁾

¹⁾ Departement of Agroindustry, Faculty of Agricultural Technology, Bogor Agricultural University,
IPB Darmaga Campus, PO Box 220, Bogor, West Java, Indonesia.
Phone/ fax: 62 251862 5088, 62 251862 1974

²⁾ Forest Product Research, Development and Forest Engineering Center.
Jln. Gunung Batu No. 5, PO. Box. 182, Bogor, West Java, Indonesia.
Phone/fax : 62 251863 3318, 62 251863 3413

ABSTRACT

Currently, the majority of the world's pulp and paper is manufactured from raw materials, either wood from industrial forest plantations or natural forests. The rate deforestation in Indonesia increases by 2% per year. The study was conducted to combine microbial cellulose of nata de cassava and coconut husk to reduce the use of wood cellulose in manufacturing pulp and paper. Two factors of experiment are the addition of additives and a combination of microbial cellulose and pulp of coconut husk (100:0, 75:25, 50:50 and 25:75). The yields of microbial cellulose and of coconut-husk pulp were consecutively (dry basis) 80.03% and 39.72%. Physical and strength properties of paper varied, i.e. water content (7.22-10.46%), grammage/basis weight (53.72-68.56 g/m²), tensile index (0.003-0.029 kNm/g), tear index (2.58-16.59 mNm²/g), brightness (8.15-35.1%), printing opacity (45.99-97.08%), and Cobb size₆₀ (46.79-168.17 g/m² for the smooth/upper surface; and 28.22-183.92 g/m² for the rough/lower surface). The result of the analysis assuming the conversion of biomass to paper made with 50% pulp of nata de cassava and 50% pulp of coconut husk indicated that the expansion of production of 200 ha can substitute 8,808,356.438 trees per year. With the amount of this saving trees, 1,233,169.901ton CO₂ from the air can be absorbed each year.

Keywords: Nata de cassava, coconut fiber, paper, biomass conversion analysis

ABSTRAK

Saat ini, sebagian besar pulp dan kertas dunia dibuat dari bahan baku kayu, baik dari hutan tanaman industri maupun hutan alam. Laju deforestasi hutan di Indonesia meningkat 2% per tahun. Penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan selulosa mikrobial dari *nata de cassava* dan sabut kelapa untuk mengurangi penggunaan selulosa kayu pada pembuatan pulp dan kertas. Dua faktor yang digunakan pada percobaan ini adalah penambahan aditif dan kombinasi selulosa mikrobial dan pulp dari sabut kelapa (100:0, 75:25, 50:50 dan 25:75). Rendemen selulosa mikrobial dan sabut kelapa adalah 80,03% (basis kering) dan 39,27%. Hasil uji fisik dan kekuatan yang dilakukan antara lain kadar air kertas (7,22%-10,46%), gramatur (53,72-68,56 g/m²), indeks tarik (0,003-0,0293 kNm/g), indeks sobek (2,58-16,59 mNm²/g), derajat putih (8,15 - 35,1%), dan opasitas cetak (45,99-97,08) dan nilai Cobb₆₀ (46,79-168,17 g/m² untuk permukaan halus dan 28,22-183,92 g/m² untuk permukaan kasar). Hasil analisis konversi biomassa dengan asumsi untuk kertas yang dibuat dengan pulp 50% *nata de cassava* dan 50% pulp dari sabut kelapa menunjukkan bahwa dengan perluasan produksi 200 ha dapat menggantikan 8,808,356.438 pohon per tahun. Oleh karena itu, total CO₂ yang dapat dihemat penyerapannya sebanyak 1,233,169.901 ton per tahun.

Kata kunci: *nata de cassava*, sabut kelapa, kertas, analisis konversi biomassa

PENDAHULUAN

Kertas merupakan produk hasil dari pemanfaatan selulosa sebagai bahan bakunya. Kertas pada jaman dahulu dikenal sebagai lapisan tebal yang dibuat dari lembaran *screen* halus dari suspensi serat. Namun, kertas di jaman sekarang tidak hanya terdiri dari serat saja, melainkan mengandung bahan-bahan tambahan lain (Syafii, 2000). Saat ini, mayoritas pulp dan kertas dunia diproduksi dengan

bahan baku kayu, baik yang berasal dari hutan tanaman hutan industri maupun dari hutan alam. Hal ini sungguh ironi mengingat isu *global warming* yang kini tengah menjadi masalah global. Menurut data dari *State of The World's Forests 2007* yang dikeluarkan oleh *The UN Food and Agriculture Organization* (FAO), angka deforestasi Indonesia selama periode 2000-2005 adalah 1.8 juta hektar/tahun dengan laju deforestasi sebesar 2% per tahun. Laju deforestasi ini diperkirakan akan

semakin meningkat seiring dengan meningkatnya permintaan terhadap kayu dan produk-produk berbahan kayu, termasuk pulp dan kertas sehingga perlu dilakukan pencarian sumber baru untuk dijadikan bahan baku pembuatan pulp dan kertas.

Situs resmi *The UN Food and Agriculture Organization* (FAO), <http://faostat.fao.org>, menunjukkan potensi sabut kelapa Indonesia mencapai 10,500,000 ton per tahun. Jumlah tersebut sangatlah besar apalagi pemanfaatannya selama ini masih untuk *coco fiber*, bahan baku keset, tali dan produk sederhana lainnya. Oleh karena itu sabut kelapa masih bisa digali potensinya untuk berbagai kegunaan yang lain lagi. Menurut Tejano (1985), sabut kelapa mengandung selulosa 19.26-23.87%, lignin 29.33-31.64%, hemiselulosa 8.15-8.50%, serta pektin, tanin dan bahan lain sebanyak 14.25-14.85%. Oleh karena sabut kelapa merupakan bahan yang berlignoselulosa tinggi, maka berpotensi menjadi bahan baku pembuatan pulp dan kertas.

Sumber selulosa lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku pengganti pulp kertas adalah selulosa mikrobial. Salah satu contoh selulosa mikrobial adalah *nata de cassava*. Menurut Suryani et al. (2000), selulosa mikrobial memiliki keunggulan antara lain tingkat kemurnian yang lebih tinggi dibanding selulosa kayu, sifatnya yang sangat hidrofilik, sifat fisik mekanik yang tinggi, baik dalam keadaan basah maupun kering, berbentuk anyaman halus yang unik dan kuat serta diproduksi dari berbagai macam substrat yang murah. Sifat-sifat unggul ini membuat selulosa mikrobial cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Produktifitas selulosa mikrobial relatif lebih tinggi dibandingkan selulosa kayu. Hal ini bisa ditunjukkan dari laju pemanenan selulosa mikrobial yang hanya membutuhkan waktu 8 hari (Misgiyarta, 2011) dibandingkan dengan selulosa kayu yang membutuhkan waktu panen sekitar 4-6 tahun (Hardiyanti, 2010)

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembaran *nata de cassava*, NaOH, tapioka, alum, kaolin, aquades dan sabut kelapa. Sedangkan Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *niagara beater*, oven, gelas ukur, timbangan, mesin pencetak kertas, alat pencampur dilusi, mistar ukur, kain saring, gunting, *papper tensile strenght tester*, *elemendorf tearing tester*, *photovoltmeter*, dan *COBB tester*.

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Purifikasi Selulosa Mikrobial (Krystynowicz, et al., 2005).

Sebelum dibuat pulp *nata de cassava* dimurnikan terlebih dahulu dengan pemasakan

selama 20 menit menggunakan larutan NaOH 1% (b/v) pada suhu 60°C.

2. Pemasakan Pulp Sabut Kelapa (Modifikasi Gullichsen, et al., 2000)

Proses yang digunakan adalah semi kimia dengan soda pulping. Bahan kimia yang digunakan sebagai larutan pemasak adalah larutan NaOH 10% (b/v) pada suhu 100°C dengan lama pemasakan 3 jam.

3. Pulp Kombinasi selulosa Mikrobial dan Sabut Kelapa (Modifikasi Casey 1980 dan Smook 1994)

Sejumlah bobot dari kedua pulp diambil sebagian sebagai sampel untuk ditentukan kadar airnya agar dapat menentukan rendemen hasil pemasakan kemudian dihomogenisasi dengan pengadukan. Kombinasi perlakuan yang digunakan adalah kombinasi *nata de cassava* dan sabut kelapa 100:0, 75:25, 50:50 dan 25:75.

4. Pembentukan Lembaran (Casey, 1980, SNI 14-0489-2003 dan TAPPI Test Methode Standards, 2012)

Pembentukan lembaran diawali dengan penimbangan pulp, penguraian serat, serta dilakukan penambahan alum 2 %, kaolin 5% dan tapioka 2,5 % untuk perlakuan dengan penambahan aditif. Setelah itu, buburan ini dicetak menggunakan mesin pencetak kertas dan dikeringkan.

5. Pengujian sifat fisik dan kekuatan kertas

Uji yang dilakukan yaitu penentuan rendemen pulp, kadar air kertas, gramatur, indeks tarik, indeks sobek, derajat putih kertas, opasitas cetak dan daya serap air. Selain itu juga dilakukan analisis konversi biomassa.

6. Perhitungan Analisis Konversi Biomassa

Analisis ini diawali dengan menghitung jumlah serat selulosa mikrobial *nata de cassava* dan sabut kelapa per ha. Presentase serat diperoleh berdasarkan rendemen hasil penelitian ini. Setelah itu, dihitung banyaknya pulp yang dapat dihasilkan. Lalu dibandingkan dengan pulp dari kayu yang umum digunakan dalam industri pulp yang ada di Indonesia yaitu pulp kayu *Acacia mangium*. Jumlah kayu *Acacia mangium* yang dibutuhkan dapat dihitung dengan membagi jumlah pulp kayu dengan rendemen pulp kayu. Setelah jumlah kayu diketahui maka dapat diketahui luasan *Acacia mangium* yang dapat dihemat per tahun dengan terlebih dahulu mengetahui riap dan berat jenis kayu. Setelah dilakukan analisis biomassa maka dilanjutkan dengan analisis penyerapan CO₂.

Formulasi yang digunakan dalam penelitian ini dibuat berdasarkan beberapa ketentuan seperti yang terdapat pada Tabel 1. Ketentuan ini di

dasarkan pada beberapa penelitian terdahulu dan hasil pengamatan pada bahan baku ini (selulosa mikrobial dan sabut kelapa).

Tabel 1. Asumsi dalam pembuatan kertas

Parameter	Nilai
Diameter kertas yang akan dibuat	21,7 cm
Luas kertas	369,65 cm ²
Bobot kertas	2,22 g
Konsistensi yang diharapkan	1,57 %
Jumlah tambahan air yang dikehendaki	8,159.88 ml
Gramatur kertas yang diinginkan	60 g/m ³
Kadar air pulp selulosa mikrobial	89,48 %
Kadar air pulp sabut kelapa	68,41 %
Jumlah serat dalam campuran	632,22 g
Target jumlah kertas yang dibuat	60 lembar
Pengambilan suspensi per 10 lembar	1,382.18 ml
Kaolin	5% (basis kering kertas)
Alum	2% (basis kering kertas)
Tapioka	2,5% (basis kering kertas)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Pulp

Rendemen diperoleh dari perbandingan bobot pulp yang dihasilkan dengan jumlah bobot awal bahan sebelum dilakukan penggilingan (basis kering oven). Pulp yang digunakan dalam penelitian ini adalah pulp selulosa mikrobial dari nata de cassava dan pulp sabut kelapa. Pulp selulosa mikrobial (nata de cassava) merupakan hasil metabolisme dari mikroorganisme *Acetobacter xylinum* dengan menggunakan substrat yang berasal dari limbah cair pembuatan tapioka. Selama penelitian ini, dilakukan tiga kali pembuatan pulp dan diperoleh rendemen yang berbeda-beda yaitu 78.55%, 75.41%, dan 86.13%. Rata-rata rendemen dari tiga kali pembuatan pulp ini adalah 80.03%.

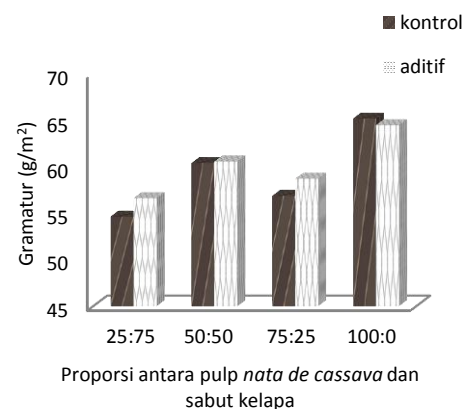
Pembuatan pulp sabut kelapa dilakukan sebanyak dua kali dan diperoleh rendemen yang berbeda yaitu 37.76% dan 40.79% sehingga rata-rata rendemen pulp ini adalah 39.27%. Rendemen pulp sabut kelapa ini lebih rendah dari rendemen pulp selulosa mikrobial dan pulp semikimia dengan bahan baku kayu, yaitu 60-75%. Diduga ini karena struktur anatominya yang berbeda. Menurut Fengel dan Weneger (1984), tanaman kelapa merupakan tanaman kelas monokotil dengan demikian dalam sabut kelapa secara anatomi terdapat bahan bukan serat, yaitu sel parenkim dalam bentuk aerenchyma dan *fiber-vascular bundle* yang mudah hancur oleh bahan kimia, termasuk NaOH dalam pengolahannya menjadi pulp. Pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pulp nata de cassava (kiri) dan pulp sabut kelapa (kanan)

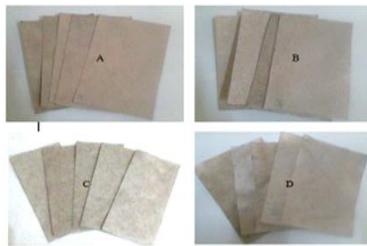
Gramatur Kertas

Gramatur kertas merupakan bobot kertas per satuan luas yang dinyatakan dalam g/m². Gramatur ini akan berpengaruh pada nilai pengukuran indeks tarik dan indeks sobek. Pada pembuatan kertas ini, gramatur target yang diinginkan adalah 60 g/m². Kertas yang dihasilkan dari beberapa formulasi antara *nata de cassava* dan sabut kelapa dapat dilihat pada gambar 3. Gramatur yang dihasilkan antara 53.72 sampai 68.56 g/m² (basis kering oven). Pengaruh perbedaan komposisi antara pulp *nata de cassava* dan pulp dari sabut kelapa terhadap gramatur kering oven kertas dapat dilihat pada gambar 2. Gramatur yang dihasilkan tidak terlalu jauh dari gramatur target yang ditetapkan. Menurut perbandingan SNI 7274-2008, kertas ini sesuai untuk kertas cetak jenis A (50-100 g/m²) dan menurut SNI 7273-2008, kertas ini sesuai untuk kertas koran (45-60 g/m²). Gramatur tertinggi dihasilkan oleh formulasi pulp *nata de cassava* 100% dengan penambahan aditif sedangkan gramatur terendah dihasilkan oleh kertas dengan jumlah pulp sabut kelapa yang lebih banyak yaitu 75%.

Gambar 2. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap gramatur kertas

Berdasarkan hasil analisis ragam, diketahui bahwa pada taraf nyata 5% penambahan komponen aditif, kombinasi pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa maupun interaksi antara kedua faktor tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap gramatur yang dimiliki oleh kertas. Gramatur yang dihasilkan cenderung meningkat

seiring bertambahnya jumlah pulp *nata de cassava* dalam kertas. Penggunaan aditif cenderung meningkatkan gramatur terutama pada kertas dengan proporsi sabut kelapa lebih banyak. Hal ini dikarenakan bahan aditif yang ditambahkan tersebut ikut menambah berat kertas dan gramturnya. Adanya perekat dari tapioka membuat ikatan antar seratnya menjadi semakin kuat, sehingga jumlah serat dalam lembaran kertas akan semakin banyak. Hal ini akan membuat gramatur kertas menjadi bertambah.



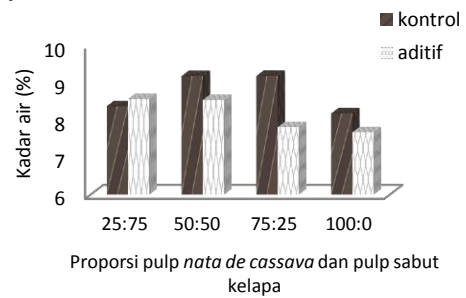
Gambar 3. Kertas dengan formulasi nata de cassava : sabut kelapa 25:75 (A), 50:50 (B), 75:25 (C), dan 100:0 (D)

Kadar Air Kertas

Dari hasil analisis ragam yang dilakukan pada taraf 5%, penambahan komponen aditif tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air yang dimiliki oleh kertas. Begitu pula dengan kombinasi antara pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa dan kombinasi antara faktor penambahan aditif dan kombinasi antara kedua pulp. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap kadar air kertas dapat dilihat pada gambar 4.

Umumnya, kadar air kertas yang diberi tambahan bahan aditif lebih rendah. Hal ini di duga karena bahan-bahan aditif yang ditambahkan ini mengisi celah antar serat sehingga memperkecil kemungkinan masuknya air kedalam celah-celah tersebut, khususnya akibat adanya tapioka yang berfungsi sebagai sizing. Tapioka dapat menghalangi akses terhadap gugus OH bebas pada selulosa mikrobial yang jumlahnya lebih banyak yang akan berikatan dengan hidrogen membentuk air. Demikian pula sabut kelapa yang memiliki sifat mudah menyerap air akibat adanya sel gabus yang dikandungnya bisa membuat kadar air kertas yang dihasilkan cenderung tinggi. Pada kertas dengan kandungan pulp *nata de cassava* 100%, rongga-rongga antar seratnya semakin rapat sehingga jumlah gugus OH bebas menjadi sedikit, akibatnya kadar air yang dimiliki oleh kertas menjadi lebih rendah. Kadar air kertas yang dihasilkan berkisar antara 7.21893 sampai 10.45643%. Nilai ini apabila dibandingkan dengan kertas multiguna berdasarkan SNI 6601-2011 jauh lebih besar (3.5-5.5 %). Namun, untuk kertas medium menurut SNI 14-0094-

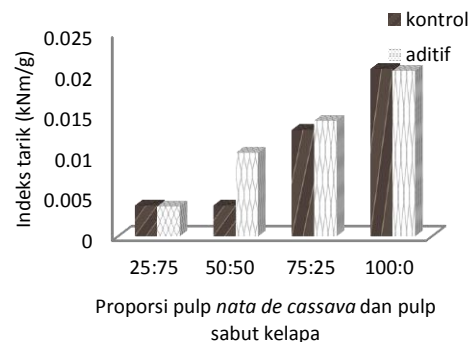
2006 ada beberapa kertas yang masih memenuhi syarat yaitu 6-9 %.



Gambar 4. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap kadar air kertas

Indeks Tarik Kertas

Nilai indeks tarik yang dihasilkan berkisar antara 0.0033476 – 0.0293795 kNm/g. Nilai indeks tarik tertinggi yang dihasilkan ini masih lebih besar dari indeks tarik *Acacia mangium* yaitu 0.02568 kNm/g (Romadona, 2001) dan jerami untuk nilai terendahnya 0.02688 kNm/g (Ibnusantosa, 1987). Menurut Krystynowicz et al. (2005) selulosa mikrobial memiliki indeks kristalinitas yang tinggi (diatas 60%) dan derajat polimerisasi yang berbeda, biasanya antara 2,000-6,000, namun dalam beberapa penelitian derajat polimerisasinya bisa mencapai hingga 16,000-20,000 dimana derajat polimerisasi polimer dari tanaman berkisar antara 13,000-14,000. Tingginya indeks kristalinitas inilah yang membuat ketahanan tarik kertas dengan bahan selulosa mikrobial sangat tinggi. Selain itu, ukuran serat yang dimilikinya pun pendek sehingga membuat ikatan antar serat semakin kuat sehingga ketahanan tariknya ikut meningkat. Lain halnya dengan serat selulosa mikrobial yang kuat, sabut kelapa mempunyai serat yang rapuh sehingga indeks tarik yang dihasilkannya pun rendah. Diduga hal ini diakibatkan oleh seratnya yang bersifat amorfus dan kandungan ligninnya yang tinggi menyebabkan serat lebih kaku. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap indeks tarik kertas dapat dilihat pada gambar 5.



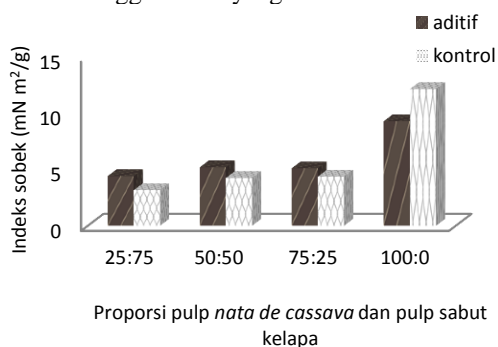
Gambar 5. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap indeks tarik kertas

Umumnya kertas yang ditambah aditif memiliki indeks tarik yang lebih tinggi. Sebab adanya penambahan tapioka dapat memberikan efek perekat terhadap jalinan serat yang terbentuk. Hasil analisis ragam yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa pada taraf 5%, penambahan komponen aditif dan kombinasi antara pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa memberikan pengaruh yang nyata terhadap indeks tarik kertas yang dimiliki, sedangkan interaksi antara kedua faktor tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap indeks tarik yang dimiliki oleh kertas. Berdasarkan uji lanjut LSD dan Duncan yang dilakukan, kombinasi perlakuan pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa 100:0 memberikan pengaruh terhadap indeks tarik kertas yang berbeda nyata pada taraf 5% dengan kombinasi perlakuan 25:75, namun kedua kombinasi pulp tersebut tidak berbeda nyata dengan kombinasi 50:50 dan 75:25.

Indeks Sobek Kertas

Nilai indeks sobek yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar antara 2.5840 sampai 16.5987 mN m²/g. Indeks sobek yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan indeks sobek *Acacia mangium* dengan nilai 2.24-4.7 mN m²/g (Romadona, 2001), jerami 3.94-5.38 mN m²/g dan bagas 5.88 mN m²/g (Ibnusantosa, 1987). Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap indeks sobek kertas ini dapat dilihat pada gambar 6.

Nilai indeks sobek yang dihasilkan ini cenderung meningkat seiring meningkatnya komposisi pulp *nata de cassava* yang ditambahkan. Menurut Krystynowisch dan Bielecki (2005), selulosa mikrobial mempunyai beberapa keunggulan antara lain derajat kristalinitasnya tinggi, mempunyai kerapatan 300-900 kg/m³ dan elastis. Keunggulan ini membuat indeks sobek dari kertas yang mengandung pulp selulosa mikrobial dari *nata de cassava* relatif tinggi dibandingkan dengan kertas yang mengandung pulp sabut kelapa lebih banyak. Serat sabut kelapa mempunyai bilangan Runkel kelas III sehingga kertas yang dihasilkan lebih kaku.



Gambar 6. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap indeks sobek kertas

Dari hasil analisis ragam yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan komponen aditif tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap indeks sobek yang dimiliki oleh kertas. Begitu pula interaksi antara faktor penambahan aditif dengan kombinasi pulp. Namun, kombinasi antara pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa yang digunakan memberikan pengaruh yang nyata terhadap indeks sobek yang dimiliki oleh kertas dalam taraf nyata 5%. Setelah di uji lanjut dengan metode LSD dan Duncan, hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa 100:0 memberikan pengaruh terhadap indeks sobek kertas yang berbeda nyata pada taraf 5% dengan pulp 25:75, 50:50 dan 75:25. Namun, antar ketiga kombinasi 25:75, 50:50 dan 75:25 tersebut tidak menghasilkan perbedaan nyata.

Daya Serap Air

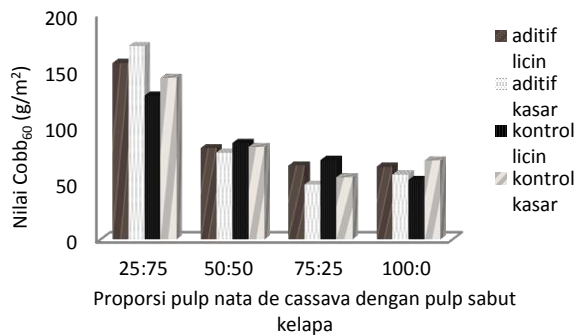
Nilai daya serap air (Cobb₆₀) pada permukaan kasar yang dihasilkan berkisar antara 28.220-183.917 g/m² sedangkan untuk permukaan yang halus nilainya berkisar antara 46.798-168,171 g/m².

Gambar 7 yang menunjukkan pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap kemampuan daya serap air kertas, semakin banyak kandungan selulosa mikrobial yang terdapat dalam kertas semakin rendah nilai daya serap air yang dihasilkan. Kombinasi pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa 25:75 memiliki kemampuan daya serap paling tinggi dibandingkan dengan kombinasi lainnya. Menurut penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Subiyanto *et al.* (2003), serbuk sabut kelapa mempunyai kemampuan untuk menyerap air sebesar 510% dan minyak sebesar 390% dari massa bahan penyerap dikarenakan mengandung sejumlah porsi tertentu jaringan sel-sel gabus. Kertas yang mengandung pulp selulosa mikrobial lebih banyak cenderung lebih rendah daya serap airnya karena jalinan antar serat yang membentuk kertas sangat rapat sehingga sulit dipenetrasi oleh air.

Pada saat pembentukan lembaran, akibat adanya gaya gravitasi aliran air ke bawah, suspensi larutan yang terdiri dari komponen serat akan mengumpul pada bagian saringan alat pembentuk lembaran sehingga permukaannya menjadi kasar. Sedangkan pada sisi lainnya nantinya akan menempel pada alat cetak kertas sehingga permukaannya menjadi licin. Oleh karena itu, kerapatan bahan lebih padat pada bagian kasar daripada bagian licin. Hal ini bisa memungkinkan daya serap air menurun terutama pada komposisi kertas yang kandungan pulp *nata de cassava* lebih banyak.

Dari hasil analisis ragam, penambahan komponen aditif dan permukaan sisi kertas yang diuji tidak memberikan pengaruh yang nyata

terhadap kemampuan daya serap air pada taraf 5%. Kombinasi antara pulp selulosa mikrobial dan pulp sabut kelapa memberikan pengaruh nyata terhadap kemampuan daya serap air di kedua sisi kertas. Setelah diuji lanjut dengan menggunakan metode LSD dan Duncan, diketahui bahwa kombinasi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa 100:0 berbeda nyata dengan kombinasi 25:75 dan 50:50 tetapi tidak berbeda nyata dengan kombinasi 75:25. Sedangkan untuk kombinasi 25:75 berbeda nyata dengan ketiga kombinasi yang lain. Hal yang sama terjadi juga dengan kertas yang memiliki kombinasi 50:50 untuk pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa.



Gambar 7. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap kemampuan daya serap air kertas

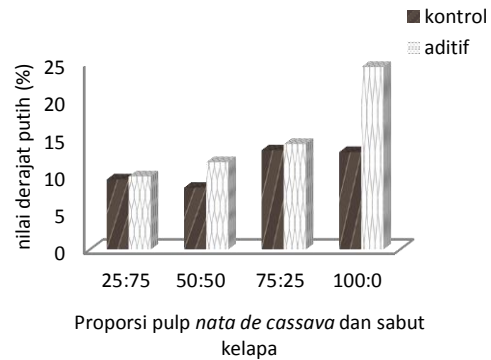
Derajat Putih Kertas

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai derajat putih kertas yang dihasilkan berkisar antara 8.15 sampai 35.1%, dimana derajat putih terendah dihasilkan oleh kertas dengan kombinasi pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa 100:0. Sedangkan nilai derajat putih kertas tertinggi dihasilkan oleh kertas dengan komposisi 100% *nata de cassava*. Hal ini diduga disebabkan karena serat sabut kelapa merupakan bahan berlignoselulosa yang mengandung lignin 39,50% (Tyas, 2000). Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap nilai derajat putih kertas ini dapat dilihat pada gambar 8.

Derajat putih kertas yang dihasilkan umumnya cenderung meningkat dengan bertambahnya kandungan selulosa mikrobial dalam kertas tersebut. Adanya penambahan komponen aditif juga dapat meningkatkan derajat putih kertas sebab kaolin dapat meningkatkan derajat putih kertas (Casey, 1980). Namun dari hasil analisis ragam yang dilakukan, penambahan aditif, kombinasi antara pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa serta interaksi antara kedua faktor tersebut tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap derajat putih yang dimiliki oleh kertas pada taraf 5%.

Nilai derajat putih yang dihasilkan ini cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan derajat putih kertas dari pulp *Eucalyptus sp.*

dan *P. merkusii* tanpa proses pemutihan yaitu sebesar 29.89% dan 24,13% (Sitorus, 1989). Namun nilai ini lebih kecil dari derajat putih kertas dengan kombinasi pulp *nata de cassava* 100% dengan tambahan aditif. Apabila dibandingkan dengan standar untuk derajat putih kertas *bond* sesuai dengan SNI 2185-2010 yang nilai minimumnya 80 dan untuk derajat putih kertas multiguna sesuai SNI 6601-2010 yang nilai minimumnya 85, nilai derajat putih kertas yang dihasilkan jauh lebih rendah sebab kertas yang dibuat tidak mengalami proses pemutihan.

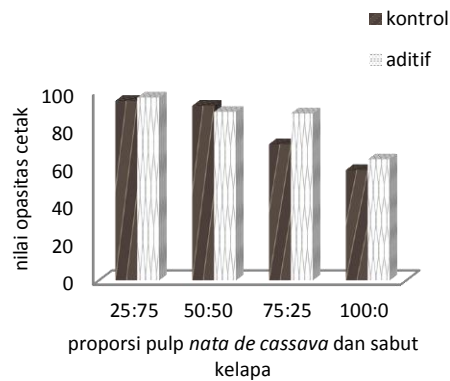


Gambar 8. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap derajat putih kertas

Opasitas Cetak

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai opasitas cetak kertas yang dihasilkan berkisar antara 45,99 sampai 97,08 dimana nilai terendah dihasilkan oleh kertas dengan kombinasi pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa 100:0 tanpa aditif dan nilai tertinggi dihasilkan oleh kertas dengan kombinasi pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa 25:75 dengan penambahan aditif. Nilai opasitas cetak cenderung menurun dengan bertambahnya komposisi *nata de cassava* pada kertas. Kadar selulosa yang tinggi pada pulp *nata de cassava* menyebabkan sifat transparansi pada kertas meningkat sehingga opasitas cetak yang dimiliki oleh kertas menurun. Sedangkan pada pulp sabut kelapa, kadar ligninnya masih tinggi sehingga menyebabkan opasitas cetak yang dimiliki oleh kertas dengan komposisi pulp sabut kelapa lebih banyak menjadi lebih tinggi. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap nilai opasitas cetak kertas ini dapat dilihat pada gambar 9.

Nilai opasitas cetak yang dihasilkan, apabila dibandingkan dengan SNI 2185-2010 yang disyaratkan untuk kertas *bond* yaitu minimal 80, sebagian sudah memenuhi syarat. Begitu pula persyaratan sebagai kertas multi guna sesuai dengan SNI 6601-2010 (minimal 85), kertas koran sesuai dengan SNI 7273-2008 (minimal 85), kertas cetak A sesuai dengan SNI 7274-2008 (80-96), dan kertas cetak B sesuai dengan SNI 7273-2008 (minimal 90).



Gambar 9. Pengaruh komposisi pulp *nata de cassava* dan sabut kelapa serta penambahan aditif terhadap opasitas cetak kertas

Dari hasil analisis ragam yang telah dilakukan, diketahui bahwa kombinasi antara pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa memberikan pengaruh yang nyata terhadap opasitas cetak yang dimiliki kertas dalam taraf 5%. Setelah di uji lanjut menggunakan uji LSD dan Duncan, hasilnya menunjukkan bahwa bahwa kombinasi antara pulp *nata de cassava* dan pulp sabut kelapa 100:0

memberikan pengaruh terhadap opasitas cetak yang berbeda nyata pada taraf 5% dengan kombinasi pulp 25:75, 50:50 dan 75:25. Namun antar ketiga kombinasi pulp 25:75, 50:50 dan 75:25 tidak menghasilkan perbedaan yang nyata.

Analisis konversi biomassa

Analisis konversi biomassa digunakan untuk menghitung seberapa besar peranan penggunaan sabut kelapa dan selulosa mikrobial dari *nata de cassava* dalam menghemat bahan baku kertas berupa kayu. Analisis ini dimulai dengan menghitung jumlah selulosa mikrobial dan sabut kelapa yang dihasilkan per hektar per tahunnya dengan luas masing-masing 100 ha. Perhitungan ini berdasarkan pada rendemen pulp yang didapat pada penelitian ini. Setelah itu, dihitung jumlah pulp *Acacia mangium* yang dapat dihemat dengan asumsi substitusi yang dilakukan adalah 50% selulosa mikrobial dan 50% sabut kelapa. Kemudian dapat diketahui berapa jumlah pohon yang dapat dihemat dan jumlah CO₂ yang dapat diserap. Hasil analisis konversi biomassa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis konversi biomassa

Analisa	Hasil
Selulosa mikrobial setelah perluasan lahan produksi	109,928.571 ton/ thn
Pulp selulosa mikrobial	43,987.918 ton/ thn
Sabut kelapa setelah perluasan lahan	92.08815 ton/ thn
Pulp sabut kelapa	46.044 ton/ thn
Pulp selulosa kayu yang dapat dihemat	44,033.962 ton/ thn
Massa kayu <i>Acacia mangium</i> yang dihemat	82,429.730 ton/ thn
Areal <i>Acacia mangium</i> yang dihemat	5,283.975 ha/ thn
Jumlah <i>Acacia mangium</i> yang dihemat	8,808,356.438 pohon/ thn
Jumlah penyerapan CO ₂	1,233,169.901 ton CO ₂ / thn

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Selulosa mikrobial dari *nata de cassava* dapat dikombinasikan dengan sabut kelapa untuk dijadikan sebagai bahan baku kertas. Rendemen pulp selulosa mikrobial dari *nata de cassava* dan sabut kelapa dalam penelitian ini adalah 80.03% dan 39.27%. Hasil pengujian yang telah dilakukan memberikan hasil nilai gramatur kertas 53.72-68.56 g/m², nilai kadar air 7.22-10.46%, nilai indeks tarik kertas 0.0033 – 0.0293 kNm/g, nilai indeks sobek kertas 2.58-16.59 mN m²/g, nilai daya serap air untuk sisi kasar berkisar 28.22-183.92 g/m² dan nilai daya serap air untuk sisi halus nya 46.79-168.17 g/m². Nilai derajat putih kertas yang dihasilkan berkisar antara 8.15-35.1% sedangkan untuk opasitas cetak kertas yang dihasilkan, nilainya berkisar 45.99-97.08.

Hasil analisis ragam pada taraf 5% menunjukkan bahwa penambahan komponen aditif

tidak berpengaruh nyata terhadap semua uji yang dilakukan. Kombinasi pulp yang digunakan berpengaruh nyata terhadap opasitas cetak kertas, indeks sobek, indeks tarik dan daya serap air. Hasil analisis konversi biomassa dengan asumsi kertas yang dibuat dengan 50% pulp *nata de cassava* dan 50% pulp sabut kelapa menunjukkan bahwa dengan perluasan lahan produksi masing-masing 100 hektar, dapat dihasilkan 43,987.918 ton pulp selulosa mikrobial/tahun dan 46.044 ton pulp sabut kelapa/tahun sehingga bobot *Acacia mangium* yang bisa dihemat sebanyak 82,429.730, dan areal *Acacia mangium* yang dihemat seluas 5,283.975 hektar/tahun. Jumlah ini setara dengan jumlah *Acacia mangium* yang dihemat sebanyak 8,808,356.438 pohon/ tahun. Jumlah penyerapan CO₂ pun dapat ditingkatkan hingga 1,233,169.901 ton CO₂/ tahun. Penghematan ini akan sangat berarti untuk mengurangi laju deforestasi hutan dan pemanasan global di dunia ini.

Saran

1. Untuk peningkatan kualitas kertas perlu dibuat alat pencetak kertas yang cocok untuk selulosa mikrobial yang dilengkapi dengan pompa vacum dan saringan yang ukurannya disesuaikan dengan ukuran serat dari kombinasi pulp ini.
2. Dilakukan tahap pengeringan dengan alat pengering untuk menghindari hasil kertas yang kurang baik akibat lamanya proses pengeringan dan tahap penyempurnaan untuk memperbaiki kehalusan kertas, menyeragamkan ketebalan kertas dan menghaluskan noda dengan calendering.
3. Apabila ingin membuat kertas dengan warna putih bisa dilakukan proses bleaching yang disesuaikan dengan jenis kertas yang ingin dihasilkan.
4. Untuk memperbaiki permukaan fisik kertas dapat diberi bahan sizing yang bisa berasal dari lilin, resin maupun pati alami.
5. Perlu dilakukan penghitungan analisis kelayakan usaha pembuatan kertas agar dapat diaplikasikan pada industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Casey J.P. 1980. Pulp and Paper. Chemistry and Chemical Technology vol. 1. 3rd ed. New York: Interscience Publisher Inc.
- Fengel D, Wegerner G. 1984. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, reaksi-reaksi*, Penerjemah: Sastrohamidjojo. Editor: Prawirohatmodjo. Gajah mada University Press. Yogyakarta.
- Gullichsen, J., Paulapuro, dan C. J. Fogeholm. 2000. *Papermaking Science and Technology, Book 6A, Chemical Pulping*. Finish Paper Engineers Association and TAPPI. Finland.
- Hardiyanti Siti Sartika. 2010. Kajian Penggunaan Selulosa Mikrobial Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- <http://faostat.fao.org>. Diakses pada Desember 2011
- Ibnusantosa, G. 1987. *Pulp untuk Kertas*. Lembaga Penelitian Selulosa, Bandung.
- Krystynowicz A, Bieclecki S, Turkiwicz M, Kalinowska H. 2005. Bacterial Cellulosa Polysaccharide and polyamides in the food industry. Willey-VCH, Weinheim.
- Misgiyarta. 2011. Produksi Nata de Cassava dengan Substrat Limbah Cair Tapioka. <http://pascapanen.litbang.deptan.go.id>. [19 february 2012].
- Romadona, R. 2001. Pengaruh Perlakuan Pendahuluan dengan Bahan Kimia Terhadap Pelunakan Kayu *Acacia mangium* dalam Pembuatan Pulp Putih Secara Mekanis. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sitorus Charles. 1989. Pengaruh Daur Ulang Kertas Terhadap Sifat Fisik Kertas yang Dihasilkan. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Smook Gary A. 1994. *Handbook for Pulp & Paper Technologist Second Ed*. Canada: Friesen Printers.
- SNI (Standard Nasional Indonesia) 14-0094-2006. Persyaratan Mutu Kertas Medium. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- SNI (Standard Nasional Indonesia) 2185-2010. Persyaratan Mutu Kertas *Bond*. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- SNI (Standard Nasional Indonesia) 6601-2011. Persyaratan Mutu Kertas Multiguna. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- SNI (Standard Nasional Indonesia) 7273-2008. Persyaratan Mutu Kertas Cetak B. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI (Standard Nasional Indonesia) 7274-2008. Persyaratan Mutu Kertas Cetak A. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Subiyanto, B., Saragih, R., dan Husein, E. 2003. Pemanfaatan Serbuk Sabut Kelapa Sebagai Bahan Penyerap Air dan Oli Berupa Panel Papan Partikel. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, Vol.1. No.1. Hlm 26-34.
- Suryani Ani, Darwis Aziz, Syamsu Khaswar, Yarni Desi. 2000. Proses Produksi dan pemurnian Selulosa Mikrobial untuk Membran Mikrofiltrasi. IND Paten 0 000 619 S.
- Syafii W. 2000. Sifat Pulp Daun Kayu Lebar dengan Proses Organosolv. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 10 (2): 54-55.
- Tejano. 1985. State of Art of Coconut Coir Dust and Husk Utilization General overview). *Philippine Journal of Coconut Studies*, Filipina. 10(2): 36-41.
- Tyas S.I.S. 2000. Studi Netralisasi Limbah Serbuk Sabut Kelapa (*Cocoapeat*) sebagai media Tanam. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.