



---

Maret 2013

**JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS MULAWARMAN**

***Review***

Pengelolaan dan Pengembangan Alsintan untuk Mendukung Usahatani Padi di Lahan Pasang Surut (*Management and Development of Tool and Farm Machinery to Support of Rice Farming on the Tidal Swamp*) **Sudirman Umar**

***Penelitian***

Pengaruh Konsentrasi Gula dan Starter terhadap Mutu Teh Kombucha (*Effects of Sugar Concentration and Starter on Quality of Kombucha Tea*) **Marwati, Hudaida Syahrumsyah, Ratri Handria**

Pengaruh  $\text{CaCl}_2$  dan Gum Guar terhadap Kualitas Bihun Sukun (*Effects of  $\text{CaCl}_2$  and Guar Gum on the Quality of Breadfruit Bihon-Type Noodle*) **Sukmiyati Agustin**

Produksi Kertas Selulosa Mikroba Nata de Coco dan Analisis Biokonversinya (*Production of Microbial Cellulose Paper from Nata de Coco and Its Bioconversion Analysis*) **Khaswar Syamsu, Han Roliadi, Krishna Purnawan Candra, Siti Sartika Hardiyanti**

Pengaruh Bahan Pengikat (Karagenan, Albumen dan Gelatin) dan Lemak terhadap Komposisi Kimia, Kualitas Fisik dan Karakteristik Sensoris Sosis Sapi (*Effect of Binders (Carrageenan, Albumen and Gelatine) and Fat on Chemical Composition, Physical Quality, and Sensory Characteristic of Beef Sausage*) **Arif Ismanto**

Peningkatan Produktivitas dan Mutu Kakao Melalui Diseminasi Multi-Channel (DMC) di Nagari Parit Malintang, Kabupaten Padang Pariaman (*Increasing the Productivity and Quality of Cocoa through Multi-Channel Dissemination (MCD) at Parit Malintang Village, Padang Pariaman District*) **Nusyirwan Hasan, Rifda Roswita**

---

Bekerjasama dengan

**Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) Kalimantan Timur**

# JTP

## JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN

### **PENERBIT**

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jl. Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua  
Samarinda 75119

### **KETUA EDITOR**

Krishna Purnawan Candra (THP-UNMUL Samarinda)

### **EDITOR**

Bernatal Saragih (THP-UNMUL Samarinda)  
Dahrulsyah (TPG-IPB Bogor)  
Dodik Briawan (GMK-IPB Bogor)  
Khaswar Syamsu (TIN-IPB Bogor)  
Meika Syahbana Roesli (TIN-IPB Bogor)  
V. Prihananto (THP-Unsoed Purwokerto)

### **EDITOR PELAKSANA**

Sulistyo Prabowo  
Hadi Suprpto  
Miftakhur Rohmah

### **ALAMAT REDAKSI**

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jalan Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua  
Samarinda 75119  
Telp 0541-749159  
e-mail: [jtpunmul@gmail.com](mailto:jtpunmul@gmail.com)

**JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS MULAWARMAN**  
**Volume 8 Nomor 2**

**Review**

Halaman

Pengelolaan dan Pengembangan Alsintan untuk Mendukung Usahatani Padi di Lahan Pasang Surut (*Management and Development of Tool and Farm Machinery to Support of Rice Farming on the Tidal Swamp*) **Sudirman Umar** ..... 37-48

**Penelitian**

Pengaruh Konsentrasi Gula dan Starter terhadap Mutu Teh Kombucha (*Effects of Sugar and Starter Concentration on Quality of Kombucha Tea*) **Marwati, Hudaida Syahrumsyah, Ratri Handria** ..... 49-53

Pengaruh  $\text{CaCl}_2$  dan Gum Guar terhadap Kualitas Bihun Sukun (*Effects of  $\text{CaCl}_2$  and Guar Gum on the Quality of Breadfruit Bihon-Type Noodle*) **Sukmiyati Agustin**.. 54-59

Produksi Kertas Selulosa Mikroba Nata de Coco dan Analisis Biokonversinya (*Production of Microbial Cellulose Paper from Nata de Coco and Its Bioconversion Analysis*) **Khaswar Syamsu, Han Roliadi, Krishna Purnawan Candra, Siti Sartika Hardiyanti** ..... 60-68

Pengaruh Bahan Pengikat (Karagenan, Albumen dan Gelatin) dan Lemak terhadap Komposisi Kimia, Kualitas Fisik dan Karakteristik Sensoris Sosis Sapi (*Effect of Binders (Carrageenan, Albumen and Gelatine) and Fat on Chemical Composition, Physical Quality, and Sensory Characteristic of Beef Sausage*) **Arif Ismanto** ..... 69-74

Peningkatan Produktivitas dan Mutu Kakao Melalui Diseminasi *Multi-Channel* (DMC) di Nagari Parit Malintang, Kabupaten Padang Pariaman (*Increasing the Productivity and Quality of Cocoa through Multi-Channel Dissemination (MCD) at Parit Malintang Village, Padang Pariaman District*) **Nusyirwan Hasan, Rifda Roswita**..... 75-82

## PRODUKSI KERTAS SELULOSA MIKROBA NATA DE COCO DAN ANALISIS BIONKONVERSINYA

*Production of Microbial Cellulose Paper from Nata de Coco and Its Bioconversion Analysis*

**Khaswar Syamsu<sup>1,\*</sup>, Han Roliadi<sup>2</sup>, Krishna Purnawan Candra<sup>3</sup>, Siti Sartika Hardiyanti<sup>1</sup>**

<sup>1)</sup> Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB, <sup>2)</sup> Staf Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Departemen Kehutanan, <sup>3)</sup> Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman, \*) corresponding author, khaswars@yahoo.com

Received 12 November 2012 accepted 10 December 2012

### ABSTRACT

The use of wood for pulp, paper, and other cellulose-based products reveals several weaknesses. The favorable alternatives is microbial cellulose synthesized by *Acetobacter*. The addition of kaolin of 5.0 %, tapioca 2.5 %, and combination of kaolin (5 %) and tapioca (2.5 %) on physical characteristics of microbial cellulose are studied. Control prepared by using no addition of the both additives. This experiment proceeded in stages of microbial cellulose synthesis, pulping, paper sheet forming, and physical test. Prior sheet forming, additives added to the microbial cellulose pulp, and alum of 2 % added as retention aid. The yield of microbial cellulose pulp was 38.125 % in average (dry basis). Physical-test results on the corresponding paper revealed in the real basis weight (31.2-49.5 g m<sup>-2</sup>), tensile index (19.84-53.98 Nm g<sup>-1</sup>), tear index (14.27-21.41 mN m<sup>-2</sup> g<sup>-1</sup>) and water absorption (52.11-71.97 g m<sup>-2</sup> for the upper side, and 55.08-85.48 g m<sup>-2</sup> for the lower side). The treatment considered the most optimum to afford satisfactory basis weight and tensile index was combination of tapioca starch and kaolin. The additive that affected the physical strength properties of paper was tapioca starch, while kaolin conversely improved the appearance of paper surface. The microbial cellulose production on 100 ha area can substitute 1,973,116 trees per year of *Acacia mangium*, which is equivalent to conserve 1,183.63 ha of forest area annually (carbon sequestration equal to 276,236.24 tons of CO<sub>2</sub>).

*Keyword: kaolin, tapioca, pulp, CO<sub>2</sub> absorption, Acacia, Acetobacter, nata de coco.*

### PENDAHULUAN

Kertas merupakan produk yang berasal dari pemanfaatan selulosa sebagai bahan bakunya. Kertas digunakan secara meluas dalam bidang pendidikan sampai bidang pengemasan (Syafii, 2000). Produksi dan konsumsi kertas dan karton dunia pada tahun 2010 masing-masing mencapai 399.795.000 dan 395.860.000 ton (FAO, 2010). Dari tahun 2006-2010 produksinya meningkat dengan rata-rata 1,31 % setiap tahun. Walaupun laju peningkatan konsumsi kertas dan karton pada kurun waktu tersebut lebih rendah (1,17 %), tetapi peningkatan wawasan tentang industri hijau memberikan arahan pada substitusi bahan baku kertas dan karton dari kayu ke non kayu (Setiawan, 1999).

Kertas dapat dibuat dari semua bahan setengah jadi (pulp) yang mengandung selu-

losa. Namun demikian, selulosa kayu sampai saat ini masih mendominasi bahan utama yang digunakan dalam proses pembuatan kertas. Pada kayu, selulosa yang digunakan untuk pembuatan kertas masih tercampur bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa dengan kandungan sebanyak 16 % dan 25 % dari kayu lunak atau kayu daun jarum (Sjostrom, 1995). Oleh karena itu diperlukan proses pemisahan selulosa dari bahan lainnya. Proses pemisahan dapat dilakukan dengan tiga macam cara yaitu cara mekanis, kimia, dan semi kimia (Sjostrom, 1995). Dalam menghasilkan pulp, pada ketiga cara ini terdapat beberapa kelemahan antara lain konsumsi energi yang tinggi dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang cukup tinggi. Pencemaran lingkungan timbul akibat penggunaan bahan kimia berbahaya untuk proses delignifikasi (pelarutan lignin) pada metode semi kimia dan kimia. Di

samping itu, pada pembuatan kertas tertentu dibutuhkan proses pemutihan pulp yang menggunakan bahan kimia pemutih yang bisa berakibat pencemaran lingkungan (Departemen Kehutanan Republik Indonesia, 1976). Kelemahan lainnya ada pada produktivitas kayu yang rendah dan masa tebang kayu membutuhkan waktu lama serta isu-isu yang terkait masalah lingkungan. Kelemahan atau masalah yang terjadi ini menuntut sumber selulosa alternatif yang diharapkan dapat menggantikan selulosa kayu menjadi bahan baku pembuatan kertas.

Salah satu sumber selulosa alternatif adalah selulosa mikrobial (Halib *et al.*, 2012). Selulosa mikrobial merupakan hasil produksi dari beberapa jenis mikroorganisme (bakteri) antara lain spesies *Acetobacter*, seperti *A. xylinum*, *A. aceti*, *A. cetianum*, dan *A. Pasteurianum*. Selulosa mikrobial memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki tingkat kemurnian yang tinggi karena terbebas dari kandungan lignin, proses isolasi yang mudah, memiliki kristalinitas dan produktivitas selulosa yang tinggi (White dan Brown, 1983). Aplikasi selulosa mikrobial yang telah banyak diteliti adalah sebagai bahan makanan berserat tinggi (Stephens *et al.*, 1990), sebagai bahan pembalut luka dalam bidang farmasi dan obat-obatan (Czaja *et al.*, 2006), sebagai bahan pembuatan *electronic paper display* (Shah dan Brown, 2005) dan sekat penguat suara (*audio speaker diaphragms*) (Yamanaka *et al.*, 1988) serta sebagai penambah kekuatan fisik kertas dalam proses pembuatan kertas (Iguchi *et al.*, 2000).

Produktivitas selulosa mikrobial relatif lebih tinggi dibandingkan produktivitas selulosa kayu. Hal ini dapat ditunjukkan dari laju pemanenan selulosa mikrobial yang hanya membutuhkan 5-7 hari dibandingkan selulosa kayu yang membutuhkan waktu panen sekitar 4-6 tahun. Produktivitas yang tinggi ini menjadikan selulosa mikrobial sebagai bahan potensial untuk dikembangkan dalam proses pembuatan kertas. Pengembangan pemanfaatan selulosa mikrobial merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kelemahan dalam penggunaan selulosa kayu untuk produksi kertas. Dengan demikian diharapkan dapat diperoleh kertas dengan mutu yang sama dan produktivitas yang lebih baik serta ramah terhadap lingkungan.

Laporan ini mendeskripsikan tentang kajian pemanfaatan selulosa mikrobial berbasis limbah air kelapa sebagai pengganti selulosa kayu dalam proses pembuatan kertas, yaitu mempelajari pengaruh penambahan tapioka dan kaolin sebagai bahan aditif terhadap karakteristik fisik kertas selulosa mikrobial.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah air kelapa, gula, asam asetat, pupuk ZA (amonium sulfat), tapioka, alum (tawas), kaolin, NaOH (teknis), asam asetat. Starter *A. xylinum* diperoleh dari sentra pembuatan *nata de coco* di Darul Falah Ciampea.

Alat-alat yang digunakan adalah panci besi ukuran 15 liter, *niagara beater*, oven, cetakan kertas (30 cm x 21 cm), *paper tensile strength tester*, *tearing tester*, *bursting tester*, dan *cobb tester* (alat pengukur daya serap air).

### Rancangan Percobaan

Studi produksi lembar (kertas) selulosa mikrobial dilakukan sebagai penelitian faktor tunggal (penambahan zat aditif kaolin dan tapioka) menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 2 kali ulangan. Empat formula zat aditif yang digunakan adalah tanpa zat aditif (kontrol), tapioka 2,5 %, kaolin 5,0 %, dan kombinasi tapioka (2,5 %) dan kaolin (5,0 %). Kertas selulosa mikrobial yang dihasilkan diuji karakteristiknya, yaitu kadar air (BSN, 2005a), gramatur (BSN, 1989c), ketahanan tarik (BSN, 1998), ketahanan sobek (BSN, 1989b), daya serap air (BSN, 1989a).

### Prosedur Penelitian

#### *Penyiapan starter (modifikasi dari Cienchanska et al., 1998)*

Satu liter air kelapa (disaring dan dimasak selama 2 jam) ditambahkan 40 g gula pasir, 5,6 g ZA, dan 6 mL asam asetat untuk mendapatkan pH 3-4. Biakan *A. xylinum*, diinokulasikan dan dibiarkan selama 4 hari pada suhu 25-27°C.

#### *Produksi selulosa mikrobial (nata de coco)*

Media produksi selulosa mikrobial dipersiapkan sama dengan persiapan starter hanya saja asam asetat yang ditambahkan lebih sedikit (pH media produksi adalah 5). Setelah dibiarkan semalam, media produksi ditambahkan starter dan difermentasi selama selama 7 hari pada suhu 25–27°C. Selulosa mikrobial yang diperoleh dipurifikasi dengan pemasakan dalam NaOH 1 % (b/v) pada suhu 60°C selama 20 menit (Krystynowicz dan Bielecki, 2005).

#### ***Pembuatan Pulp Selulosa Mikrobial (Casey, 1980)***

Pulp selulosa mikrobial dibuat dengan menggunakan *niagara beater* selama 5 menit (tanpa beban). Serat yang telah diurai, kemudian disaring menggunakan kain. Dilakukan penentuan kadar air dan rendemen pulp yang diperoleh.

#### ***Pembentukan Lembaran (Modifikasi Casey, 1980)***

Lembaran (kertas) selulosa mikrobial yang dibentuk adalah 630 cm<sup>2</sup> (30 cm x 21 cm) dengan gramatur 60 g m<sup>-2</sup>. Bahan yang diperlukan per lembar kertas adalah 3,78 g pulp selulosa mikrobial (berat kering oven, BKO) dengan konsistensi serat 1 %, tawas 2 % BKO, tapioka 0-2,5 % BKO, dan kaolin 0-5 % BKO.

#### ***Analisis Konversi Biomassa***

Analisis konversi biomassa bertujuan untuk mengetahui peranan atau manfaat penggunaan selulosa mikrobial sebagai selulosa alternatif dalam pembuatan kertas. Peranan yang dikaji berdasarkan penghematan jumlah kayu yang dibutuhkan dalam menghasilkan pulp yang disubstitusi dengan menggunakan selulosa mikrobial. Analisis ini dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan yaitu menghitung jumlah serat selulosa mikrobial yang dihasilkan per hektar per tahun. Kemudian menentukan jumlah pulp yang dapat dihasilkan dengan menggunakan rendemen hasil penelitian ini. Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap bobot *Acacia mangium* (tanaman pembanding) yang dibutuhkan untuk menghasilkan pulp dalam jumlah yang sama dengan pulp yang dihasilkan oleh selulosa mikrobial. Setelah itu, menghitung jumlah areal *A. mangium* dan jumlah pohon *A. mangium* yang dihemat serta total penyerapan

CO<sub>2</sub> sebagai dampak dari penghematan hutan tersebut.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Selulosa mikrobial yang dihasilkan memiliki nilai kadar air yang tinggi yaitu 98 %. Pemurnian selulosa mikrobial dalam NaOH 1 % (b/v) menghasilkan lembaran dengan warna yang relatif putih (tidak membutuhkan proses *bleaching*). Pada selulosa mikrobial tidak terkandung lignin dan zat-zat ekstraktif seperti pada kayu. Dengan demikian proses pembuatan pulp selulosa mikrobial relatif sederhana dan ramah lingkungan. Penguraian serat selulosa mikrobial dilakukan dengan alat pengurai serat *niagara beater* cukup dilakukan satu tahap, lebih mudah bila dibandingkan dengan penyiapan pulp dari kayu.

Rendemen pulp selulosa mikrobial yang dihasilkan adalah 38,125 % (basis kering oven serat). Rendahnya rendemen ini disebabkan oleh karakteristik selulosa mikrobial yang tergolong dalam serat halus, sehingga banyak serat yang tercuci bersama air dan lolos dalam saringan. Ukuran serat selulosa mikrobial lebih kecil 0,1 sampai 0,001 dari ukuran serat selulosa kayu (Yoshinaga *et al.*, 1996). Selain itu, perbedaan densitas serat selulosa mikrobial dan selulosa kayu menentukan berat rendemen akhir pulp. Pada umumnya selulosa terdiri dari selulosa  $\alpha$  dan selulosa  $\beta$ . Selulosa kayu dan selulosa mikrobial terdiri dari kedua selulosa tersebut, hanya memiliki perbedaan komposisi. Pada selulosa kayu, kandungan selulosa  $\alpha$  lebih tinggi yaitu sekitar 70 % dan sisanya 30 % adalah selulosa  $\beta$ . Sedangkan pada selulosa bakteri kandungan selulosa  $\beta$  lebih besar yaitu sebanyak 60 %. Densitas selulosa  $\alpha$  lebih besar dari densitas selulosa  $\beta$ , maka densitas selulosa mikrobial lebih kecil dibandingkan dengan selulosa kayu (Sugiyama *et al.*, 1991). Dengan demikian dapat menjadikan perbedaan berat serat antara selulosa mikrobial dan selulosa kayu yang pada akhirnya menyebabkan perbedaan rendemen.

#### **Gramatur Kertas Selulosa Mikrobial**

Gramatur adalah nilai yang menunjukkan bobot kertas per satuan luas (g m<sup>-2</sup>). Pada pembuatan kertas selulosa mikrobial ini, target gramatur yang ingin

dicapai adalah 60 g m<sup>-2</sup>. Penentuan gramatur kertas akan sangat berguna untuk menentukan kekuatan fisik kertas. Gramatur yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar antara 31,2–49,5 g m<sup>-2</sup>. Gramatur kertas selulosa mikrobial yang berkisar antara 31,2–49,5 g m<sup>-2</sup> sesuai untuk jenis kertas tik (28–31,5 g m<sup>-2</sup>), kertas kitab (25–31,5 g m<sup>-2</sup>), kertas lito (40–

50 g m<sup>-2</sup>), dan kertas toilet (16–31,5 g m<sup>-2</sup>) (Departemen Perindustrian, 1982). Gramatur tertinggi dihasilkan dari perlakuan penambahan bahan aditif tapioka 2,5 % dan kaolin 5 % sedangkan gramatur terendah dihasilkan dari kombinasi perlakuan penambahan aditif tapioka 2,5 %.

**Table 1.** Influence of kaolin and tapioca on physical characteristics of microbial cellulose

Additive	Gramatur (g/m <sup>2</sup> )	Tensile index (Nm/g)	Tear index (m Nm <sup>2</sup> /g)	Water adsorption (g/m <sup>2</sup> )	
				Upper Part	Below Part
Control (w/o Kaolin, Tapioca)	36.3±1.8	19.84±0.00	18.05±0.00	71.970±7.409	62.388±5.947
Kaolin 5.0 %	34.3±2.8	32.45±2.70	18.04±0.00	52.117±3.705	59.079±11.796
Tapioca 2.5 %	31.4±3.5	39.81±0.00	21.56±0.01	65.146±9.067	55.081±14.331
Kaolin 5.0 %, Tapioca 2.5 %	49.1±6.3	53.98±6.60	14.27±0.26	63.491±2.243	85.482±4.680

**Notes:** Data calculated from two replications (value ± standard deviation). Microbial cellulose prepared by *A. xylinum* fermentation of coconut water for 7 d at 25–27°C, followed by purification using NaOH 1 % (b/v) at 60°C for 20 min. Microbial cellulose paper of 630 cm<sup>2</sup> (30 cm x 21 cm) prepared by adding 3.78 g pulp (1 %) of microbial cellulose, alum 2 %, and additives (all matter in dry basis) following pulping process by Niagara beater w/o load for 5 min. The physical characteristics analyzed under Indonesian National Standard (SNI).

Hasil gramatur yang didapat berada di bawah target gramatur yang hendak dicapai 60 g m<sup>-2</sup>. Hal ini disebabkan faktor tingkat penyebaran serat yang kurang merata menyebabkan jumlah serat pada tiap sisi tidak seimbang dan mengakibatkan nilai gramatur kertas tidak tercapai. Penyebaran serat yang kurang merata disebabkan oleh proses pembentukan lembaran yang masih manual (*hand-made*). Pencapaian gramatur kertas selulosa mikrobial yang diinginkan dapat dilakukan dengan pencampuran pulp selulosa mikrobial dan pulp kayu. Pencapaian gramatur tanpa pencampuran dengan pulp kayu, dapat dilakukan dengan menggunakan alat pembentukan lembaran kertas.

Berdasarkan analisa ragam pada taraf 5 %, perlakuan penambahan bahan aditif tapioka 2,5 % dan kaolin 5 % sangat berpengaruh nyata terhadap gramatur kertas yang dihasilkan dibandingkan kontrol, penambahan tapioka 2,5 %, dan penambahan kaolin 5 %. Kombinasi penambahan kedua bahan aditif tapioka 2,5 % dan kaolin 5 % menyebabkan kenaikan nilai gramatur kertas dibandingkan dengan penambahan salah satu jenis bahan aditif dan tanpa bahan aditif, hal ini disebabkan oleh akumulasi kedua bahan tambahan tersebut yang menambah berat

kertas. Penambahan tapioka cenderung meningkatkan gramatur kertas karena meningkatkan daya ikatan antar serat, sedangkan kaolin sebagai bahan anorganik yang berikatan pada permukaan serat selulosa mikrobial juga menambah berat lembaran kertas yang terbentuk.

#### Indeks Tarik Kertas Selulosa Mikrobial

Ketahanan tarik merupakan daya tahan maksimum per satuan lebar jalur uji lembaran terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua jalur uji tersebut sampai putus, dinyatakan dalam satuan gaya per satuan lebar uji. Indeks tarik adalah ketahanan tarik per gramatur kertas (BSN, 1998b). Nilai indeks tarik yang diperoleh berkisar antara 19,84–58,65 Nm g<sup>-1</sup>. Indeks tarik yang dihasilkan berada diatas nilai indeks tarik *Acacia mangium* dengan nilai 2,93–25,68 Nm g<sup>-1</sup> (Ramadona, 2001), jerami dengan nilai 26,88–42,66 Nm g<sup>-1</sup> dan bagas dengan nilai 36,79 Nm g<sup>-1</sup> (Ibnusantosa, 1987). Nilai indeks tarik kertas selulosa mikrobial dengan penambahan aditif memenuhi standar kertas koran dengan indeks tarik min 23,46 Nm g<sup>-1</sup> dan kertas bungkus dengan indeks tarik 27,52 Nm g<sup>-1</sup> (BSN, 2008). Nilai indeks tarik kertas tanpa penambahan aditif berada dibawah nilai SNI indeks tarik kedua kertas tersebut.

Kertas yang terbuat dari serat halus memiliki kekuatan tarik yang tinggi karena memiliki ikatan antar serat yang lebih tinggi dan lebih kompak yang menyebabkan kekuatan tarik kertas menjadi tinggi (Handayani, 1991; Page, 1985). Dalam hal ini, selulosa mikrobial terdiri dari serat-serat halus yang memiliki kristalinitas tinggi dan kekompakan serat. Oleh karena itu nilai indeks tarik yang diperoleh relatif tinggi.

Nilai indeks tarik tertinggi dihasilkan dari perlakuan penambahan zat aditif tapioka 2,5 % dan kaolin 5 %, sedangkan yang terendah dihasilkan dari perlakuan tanpa penambahan bahan aditif. Analisis ragam pada taraf 5 % menunjukkan bahwa penambahan tapioka 2,5 % berpengaruh nyata terhadap kekuatan tarik kertas dan berbeda nyata dengan kontrol (perlakuan kode NA) tanpa aditif.

Tapioka digunakan untuk memperbaiki ikatan antar serat sehingga serat lebih kompak dan dapat meningkatkan ketahanan tarik kertas, kemampuan cetak dan memperbaiki retensi terhadap cairan kecuali air (Casey, 1980). Pada perlakuan penambahan tapioka 2,5 % dan kaolin 5 %, tapioka yang ditambahkan meningkatkan daya ikatan antar serat dan kaolin mengisi ruang kosong serat yang tidak berikatan. Penambahan kaolin dapat meningkatkan opasitas cetak karena kaolin menambah luas pantul cahaya, meningkatkan derajat putih, memperbaiki kehalusan kertas serta memperbaiki sifat cetak karena molekul-molekul kaolin mengisi ruang antar serat.

#### Indeks Sobek Kertas Selulosa Mikrobial

Ketahanan sobek adalah gaya dalam gram gaya (gf) atau mili Newton (mN) yang dibutuhkan untuk menyobek lembaran pulp pada kondisi standar. Ketahanan sobek dinyatakan dalam indeks sobek yaitu ketahanan sobek per satuan gramatur ( $\text{g m}^{-2}$ ) (BSN, 1989b). Pada penelitian ini nilai indeks sobek yang didapat berkisar antara 14,27 sampai 21,41  $\text{mN m}^{-2} \text{g}^{-1}$ . Indeks sobek yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan indeks sobek *Acacia mangium* dengan nilai 2,24-4,7  $\text{mN m}^{-2} \text{g}^{-1}$  (Romadona, 2001) dan jerami 3,94-5,38  $\text{mN m}^{-2} \text{g}^{-1}$  serta bagas dengan nilai 5,88  $\text{mN m}^{-2} \text{g}^{-1}$  (Ibnu-santosa, 1987). Untuk kontrol (tanpa aditif), dengan tapioka 2,5 %, dan dengan kaolin 5 %, nilai indeks sobek yang dihasilkan lebih tinggi

dibandingkan indeks sobek abaka dengan nilai 15,69  $\text{mN m}^{-2} \text{g}^{-1}$  (Allia, 2001).

Indeks sobek kertas lebih dipengaruhi oleh keterpaduan dan kelenturan serat dibandingkan dengan besarnya ikatan antar serat (Haygreen dan Bowyer, 1996). Selulosa mikrobial mempunyai beberapa keunggulan antara lain derajat kristalinitas yang tinggi, mempunyai kerapatan antara 300 dan 900  $\text{kg m}^{-3}$  dan elastis (Krystynowicz dan Bielecki, 2001). Keunggulan ini yang menyebabkan indeks sobek kertas dari pulp selulosa mikrobial yang dihasilkan relatif tinggi dibandingkan indeks sobek kertas dari pulp *Acacia mangium*, jerami, bagas dan abaka.

Penambahan kaolin cenderung menurunkan indeks sobek kertas, hal ini dikarenakan kaolin yang melekat pada permukaan serat selulosa mikrobial menambah tingkat kekakuan serat sehingga sifat kelenturan serat berkurang. Penambahan aditif tidak mempengaruhi kekompakan dan kelenturan serat yang ada sehingga indeks sobek pada tiap perlakuan tidak berbeda nyata satu sama lain.

#### Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan kertas untuk menyerap air dalam waktu tertentu. Daya serap air pada kertas selulosa mikrobial berkisar pada nilai 52,11-71,97  $\text{g m}^{-2}$  untuk bagian atas dan untuk bagian bawah nilai daya serap berkisar antara 55,08-85,48  $\text{g m}^{-2}$ . Daya serap air kertas selulosa mikrobial pada kedua sisinya tidak memiliki perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan oleh tingkat kehalusan serat yang tinggi sehingga tidak terjadi perbedaan bentuk permukaan antara kedua sisi kertas. Bentuk permukaan kertas yang halus cenderung memiliki pori-pori yang lebih sedikit dibandingkan bentuk permukaan yang kasar. Karakteristik selulosa mikrobial yang tergolong serat halus dapat membentuk kertas dengan jalinan serat yang kompak dengan pori-pori yang lebih kecil, sehingga kertas dari selulosa mikrobial ini kedua sisinya termasuk kedalam bentuk rol.

Daya serap kertas selulosa mikrobial yang secara keseluruhan berkisar antara 52,11-85,48  $\text{g m}^{-2}$ , nilai tersebut lebih rendah dibandingkan daya serap air kertas bungkus standar yaitu sebesar 119,73  $\text{g m}^{-2}$  (BSN, 1989a) dan kertas batang pisang ambon sebesar 105,23  $\text{g m}^{-2}$  (Suwarna, 2005). Hal ini

menunjukkan bahwa kertas selulosa mikrobial memiliki ketahanan terhadap penetrasi air yang tinggi.

Penambahan zat aditif tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap daya serap air kertas. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan zat aditif tidak mengubah tingkat kehalusan serat. Penambahan tapioka cenderung menurunkan daya serap air, karena tapioka yang berfungsi sebagai pengikat jalinan antar serat meningkatkan jumlah ikatan antara serat dengan serat sehingga mengurangi jumlah pori yang dapat menyerap air. Sedangkan kombinasinya dengan penambahan kaolin meningkatkan daya serap air.

Hal ini dikarenakan sifat kaolin yang merupakan bahan anorganik bersifat padat dan kaku sehingga mengurangi efektivitas ikatan antar serat. Dengan demikian menimbulkan rongga udara pada bidang kontak antara serat sehingga air dapat masuk lebih mudah.

#### Analisis Konversi Biomassa

Asumsi produksi selulosa mikrobial yang dapat dihasilkan per satuan luas lahan per tahun serta analisis penghematan tegakan *Acacia* yang dapat diperoleh serta jumlah penyerapan CO<sub>2</sub> disajikan pada Tabel 2.

**Table 2.** Bioconservation of *Acacia* forest and carbon (CO<sub>2</sub>) sequestration obtained by using microbial cellulose

Analysis steps	Values
Microbial cellulose fiber	369,778 tons ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup>
Microbial cellulose fiber pulp	14,097.78 tons year <sup>-1</sup>
Weight of <i>A. mangium</i> conserved	18,464.87 tons year <sup>-1</sup>
Area of <i>A. mangium</i> conserved	1,183.63 ha year <sup>-1</sup>
Number of <i>A. mangium</i> conserved	1,973,116 trees year <sup>-1</sup>
Carbon (CO <sub>2</sub> ) sequestration	276,236.24 tons year <sup>-1</sup>

#### Serat Selulosa Mikrobial

Selulosa mikrobial yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 30 lembar *nata de coco* dengan konversi berat 0,8 kg (basah) per 1 lembar *nata de coco* (selulosa mikrobial), dan serat yang dapat diperoleh adalah sebesar 2 % (480 gram basis kering). Selulosa mikrobial ini diperoleh dari fermentasi kultur diam dengan luas satu wadah fermentasi selulosa mikrobial adalah 30 cm x 30 cm, setara dengan 111.111,11 lembar selulosa mikrobial per hektar bila digunakan 1 tingkat rak fermentasi. Asumsi yang digunakan untuk produksi selulosa mikrobial adalah menggunakan 4 rak fermentasi pada lahan seluas 100 ha dengan frekuensi panen 52 kali per tahun. Dengan menggunakan faktor konversi berat selulosa mikrobial dan presentasi serat maka massa total selulosa mikrobial yang diperoleh adalah 36.977,78 ton per tahun, dan menghasilkan pulp sebesar 14.097,78 ton per tahun (rendemen pulp selulosa mikrobial yang diperoleh pada penelitian ini adalah 38,125 % (basis kering oven serat).

#### Penghematan *Acacia mangium*

Peranan substitusi selulosa mikrobial dalam penghematan hutan dihitung berdasarkan perbandingan banyaknya kebutuhan kayu dalam menghasilkan pulp dengan basis *A. mangium*, yaitu 76,35 % (Ramadona, 2001). Substitusi pulp selulosa mikrobial sebesar 14.097,78 ton tahun<sup>-1</sup> setara dengan produksi *A. mangium* sebesar 18.464,673 ton tahun<sup>-1</sup>.

Rata-rata pertumbuhan *A. mangium* adalah 40 m<sup>3</sup> per ha per tahun dengan volume kayu sebesar 415 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> dengan berat jenis 0,39 g cm<sup>-3</sup> (Uzair, 1989), sehingga luasan tegakan *A. mangium* yang dapat disubstitusi adalah 1.183,63 ha tahun<sup>-1</sup>. Jumlah tegakan *A. mangium* untuk 1 ha dengan jarak tanam 2 x 3 m adalah 1667 (Yulistina, 2001), sehingga jumlah total substitusi pohon *A. mangium* adalah 1.973.116 tegakan tahun<sup>-1</sup>.

#### Penyerapan CO<sub>2</sub>

Analisa lain yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menghitung banyaknya penyerapan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penghematan pohon *Acacia mangium*. Rata-rata penyerapan CO<sub>2</sub> untuk satu batang pohon (berumur 10-15 tahun) adalah 0,14 ton

CO<sub>2</sub> tahun<sup>-1</sup> (Gusmailina, 1995), sehingga penyerapan CO<sub>2</sub> dari jumlah pohon *Acacia mangium* yang dihemat adalah 276.236,24 ton CO<sub>2</sub> tahun<sup>-1</sup>.

Untuk memenuhi kapasitas industri pulp pada tahun 2000 dibutuhkan 1,2 milyar batang pohon dengan dampak tidak terikatnya CO<sub>2</sub> sebesar 166 juta ton (Aswandi, 2001). Dengan demikian penggunaan selulosa mikrobial sebagai bahan baku pembuatan pulp dan kertas dapat menghemat jumlah kayu dan kerusakan lingkungan dengan indikator CO<sub>2</sub> dapat dikurangi.

### KESIMPULAN

Proses pembuatan kertas selulosa mikrobial mengadaptasi proses pembuatan kertas menggunakan selulosa kayu. Namun, proses ini tidak memerlukan proses delignifikasi yang umumnya terdapat pada proses pembuatan kertas dari selulosa kayu. Rendemen pulp yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 38,125 % (basis kering). Kertas selulosa mikrobial yang dihasilkan mempunyai karakteristik nilai gramatur, nilai indeks tarik, dan nilai indeks sobek sebesar 31,2-49,5 g m<sup>-2</sup>, 19,84-53,98 Nm g<sup>-1</sup>, dan 14,27-21,41 mN m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. Sedangkan daya serap air kertas bagian atas dan bagian bawah adalah 26,25-36,25 dan 27,74-43,05 g m<sup>-2</sup>.

Penggunaan zat aditif memberi pengaruh nyata terhadap gramatur dan indeks tarik kertas, tetapi tidak untuk indeks sobek dan daya serap air kertas. Nilai gramatur kertas dan indeks tarik selulosa mikrobial paling baik diperoleh dari perlakuan penambahan tapioka dan kaolin, masing-masing sebesar 2,5 dan 5 %. Tapioka (2,5 %) berpengaruh dalam memperbaiki kualitas kertas (kekuatan fisik), sedangkan kaolin dapat memperbaiki penampakan kertas. Kualitas pulp selulosa mikrobial yang dihasilkan untuk indeks tarik dan indeks sobek berada diatas kualitas pulp *Acacia mangium*, jerami, bagas dan pulp abaka. Daya serap air kertas lebih rendah dibandingkan standar daya serap air kertas bungkus dan kertas dari batang pisang ambon, sehingga retensi terhadap air lebih baik. Dengan demikian selulosa mikrobial dapat digunakan sebagai selulosa alternatif dalam proses pembuatan kertas.

Analisis konversi biomassa menunjukkan bahwa dengan pengembangan produksi selulosa mikrobial seluas 100 ha dapat mensubstitusi 1.973.116 tegakan *Acacia* per tahun atau setara dengan lahan hutan seluas 1.183,63 ha tahun<sup>-1</sup> (peningkatan jumlah penyerapan CO<sub>2</sub> sebesar 276.236,24 ton CO<sub>2</sub> tahun<sup>-1</sup>).

### DAFTAR PUSTAKA

- Allia (2001) Sifat Pulp Abaka Asal Indonesia. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Brahmana, Ricky Aswandi (2001) Pemanfaatan Serat Garut sebagai Bahan Baku Pembuatan Pulp. Skripsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, IPB, Bogor.
- BSN (1989a) SNI 14-0499-1989. Cara Uji Daya Serap Air Kertas dan Karton. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (1989b) SNI 14-0436-1989. Cara Uji Ketahanan Sobek Kertas dan Karton. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (1989c) SNI 14-0439-1989. Cara Uji Gramatur dan Densitas Kertas dan Karton. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (2005a) SNI 08-7070-2005. Cara Uji Kadar Air. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (2005b) SNI 08-7070-2005. Cara Uji Daya Serap Air Kertas. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (1998) SNI 14-4737-1998. Cara Uji Ketahanan Tarik Kertas dan Karton. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN (2008) SNI 7273-2008. Persyaratan Mutu Kertas Koran. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Casey JP (1980) Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology. Volume I, 3<sup>rd</sup> ed. Interscience Publisher Inc, New York.
- Ciechanska D, Struszczyk H, Gruzinska K (1998) Modification of Bacterial Cellulose, Fiber and Textiles in Eastren Europe 4(23): 61-65.

- Czaja W, Krystynowicz S, Bielecki RM, Brown Jr (2006) Microbial cellulose – The natural power to heal wounds. *Biomaterial* 27: 145-151.
- Departemen Kehutanan Republik Indonesia (1976) *Vademecum Kehutanan Indonesia*. Direktorat Jendral Kehutanan, Departemen Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Departemen Perindustrian (1982) SII 0658–82. Tata nama kertas dan karton di Indonesia (bagian 1). Departemen Perindustrian, Jakarta.
- FAO (2010) *FAO Year Book Forest Products 2006-2010*. FAO, Roma.
- Gusmailina (1995) Pengukuran Kadar CO<sub>2</sub> Udara Di Dalam Tegakan Beberapa Jenis Hutan Tanaman Di Cikole Dan Ciwidey, Jawa Barat. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan, IPB, Bogor.
- Halib N, Amin MCIM, Ahmad I (2012) Physicochemical properties and characterization of *nata de coco* from local food industries as a source of cellulose. *Sains Malaysiana* 41(2): 205-211.
- Handayani (1991) *Struktur Serat*. Balai Besar Selulosa dan PT. Kertas Leces, Bandung dan Probolinggo.
- Haygreen JG, Bowyer JL (1996) *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Suatu Pengantar. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Iguchi M, Yamanaka S, Budhiono A (2000) Bacterial cellulose a masterpiece of nature arts. *J Mater Sci* 35: 261 – 270.
- Ibnusantosa G (1987) *Pulp untuk Kertas*. Lembaga Penelitian Selulosa, Bandung.
- Krystynowicz A, Bielecki S (2001) Biosynthesis of Bacterial Cellulose and Its Potential Application in the Different Industries. *Polish Biotechnology News*. <http://www.Biotechnology-pl.com/science/krystynowicz.htm> [12 Agu 2012].
- Krystynowicz A, Bielecki S, Turkiwicz M, Kalinowska H (2005) Bacterial Cellulose. *In Polysaccharides and polyamides in the food industry*. Weinheim, Germany pp. 31-85.
- Page DH (1985) Mekanisme Pengembangan Pulp Kering dengan Penggilangan, *Berita Selulosa* 21(1): 30.
- Romadona R (2001) Pengaruh Perlakuan Pendahuluan dengan Bahan Kimia terhadap Pelunakan Kayu Acacia Mangium dalam Pembuatan Pulp Putih secara Kimia Mekanis. Skripsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, IPB. Bogor.
- Setiawan I (1999) *Manajemen Hutan Sebagai Upaya Pengurangan Gas Rumah Kaca*. Skripsi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. IPB, Bogor.
- Shah J, Brown Jr (2005) Toward electronic paper displays made from microbial cellulose, *Appl Microbiol Biotechnol* 66: 352 – 355.
- Sjostrom, E. 1995. *Kimia Kayu*. Dasar-dasar dan Penggunaan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sugiyama J, Vuong R, Chanzy H (1991) Electron diffraction study on the two crystalline phase occurring in native cellulose from an algal cell wall. *Macromolecules* 24(14): 4168-4175.
- Suwarna (2005) Pemanfaatan Batang Pisang Ambon (*Musa sapientum* L.) sebagai Bahan Baku Pulp untuk Kertas Bungkus. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Stephens JA, Westland A, Neogi N (1990) Method Using Bacterial Cellulose as a Dietary Fiber Component. US patent 4960763.
- Syafii W (2000) Sifat Pulp Daun Kayu Lebar dengan Proses Organosolv. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 10(2): 54-55.
- Uzair (1989) Pembuatan pulp rayon dari kayu Acacia mangium. *Berita Selulosa* 25(2): 31-35.
- White DG, Brown Jr. 1983. *Prosefect for The Commercialitation of Biosynthesis of Microbial Cellulose*. Departemen Botany. University of Texas, USA.

Yamanaka S, Iguchi M, Ichimura K, Nishi Y, Uryu M, Watanabe K (1988) Bacterial cellulose containing molding material having high dynamic strenght. US Patent 4742164.

Yoshinaga F, Tonouchi N, Watanabe K (1996) Research Progrees of Bacterial Cellulose by Aeration and Agitation Culture and Its Application as A New Industrial Material.

Yulistina ND (2001) Analisis Energi dan Biomassa dalam Proses Pembuatan Briket Arang. Skripsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, IPB, Bogor.

**PEDOMAN PENULISAN**  
**Jurnal Teknologi Pertanian**  
**Universitas Mulawarman**

**Pengiriman**

Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman menerima naskah berupa artikel hasil penelitian dan ulasan (review) yang belum pernah dipublikasikan pada majalah/jurnal lain. Penulis diminta mengirimkan tiga eksemplar naskah asli beserta softcopy dalam disket yang ditulis dengan program Microsoft Word. Naskah dan disket dikirimkan kepada:

**Editor Jurnal Teknologi Pertanian**  
*d. a. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian*  
*Fakultas Pertanian*  
*Universitas Mulawarman*  
*Jalan Tanah Grogot*  
*Samarinda 75119*

**Format**

**Umum.** Naskah diketik dua spasi pada kertas A4 dengan tepi atas dan kiri 3 centimeter, kanan dan bawah 2 centimeter menggunakan huruf Times New Roman 12 point, maksimum 12 halaman. Setiap halaman diberi nomor secara berurutan. Ulasan (review) ditulis sebagai naskah sinambung tanpa subjudul Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan. Selanjutnya susunan naskah dibuat sebagai berikut :

**Judul.** Pada halaman judul tuliskan judul, nama setiap penulis, nama dan alamat institusi masing-masing penulis, dan catatan kaki yang berisi nama, alamat, nomor telepon dan faks serta alamat E-mail jika ada dari corresponding author. Jika naskah ditulis dalam bahasa Indonesia tuliskan judul dalam bahasa Indonesia diikuti judul dalam bahasa Inggris.

**Abstrak.** Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris dengan judul "ABSTRACT" maksimum 250 kata. Kata kunci dengan judul "Key word" ditulis dalam bahasa Inggris di bawah abstrak.

**Pendahuluan.** Berisi latar belakang dan tujuan.

**Bahan dan Metode.** Berisi informasi teknis sehingga percobaan dapat diulangi dengan teknik yang dikemukakan. Metode diuraikan secara lengkap jika metode yang digunakan adalah metode baru.

**Hasil.** Berisi hanya hasil-hasil penelitian baik yang disajikan dalam bentuk tubuh tulisan, tabel, maupun gambar. Foto dicetak hitam-putih pada kertas licin berukuran setengah kartu pos.

**Pembahasan.** Berisi interpretasi dari hasil penelitian yang diperoleh dan dikaitkan dengan hasil-hasil penelitian yang pernah dilaporkan (publikasi).

**Ucapan Terima Kasih.** Digunakan untuk menyebutkan sumber dana penelitian dan untuk

memberikan penghargaan kepada beberapa institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penelitian dan atau penulisan laporan.

**Daftar Pustaka.** Daftar Pustaka ditulis memakai sistem nama tahun dan disusun secara abjad. Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

**Jurnal**

Wang SS, Chiang WC, Zhao BL, Zheng X, Kim IH (1991) Experimental analysis and computer simulation of starch-water interaction. *J Food Sci* 56: 121-129.

**Buku**

Charley H, Weaver C (1998) *Food a Scientific Approach*. Prentice-Hall Inc USA

**Bab dalam Buku**

Gordon J, Davis E (1998) Water migration and food storage stability. Dalam: *Food Storage Stability*. Taub I, Singh R. (eds.), CRC Press LLC.

**Abstrak**

Rusmana I, Hadioetomo RS (1991) *Bacillus thuringiensis* Berl. dari peternakan ulat sutera dan toksisitasnya. Abstrak Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia. Bogor 2-3 Des 1991. p. A-26.

**Prosiding**

Prabowo S, Zuheid N, Haryadi (2002) Aroma nasi: Perubahan setelah disimpan dalam wadah dengan suhu terkendali. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional PATPI*. Malang 30-31 Juli 2002. p. A48.

**Skripsi/Tesis/Disertasi**

Meliana B (1985) Pengaruh rasio udang dan tapioka terhadap sifat-sifat kerupuk udang. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta.

**Informasi dari Internet**

Hansen L (1999) Non-target effects of Bt corn pollen on the Monarch butterfly (*Lepidoptera: Danaidae*). <http://www.ent.iastate.edu/entsoc/ncb99/prog/abs/D81.html> [21 Agu 1999].

Bagi yang naskahnya dimuat, penulis dikenakan biaya Rp 175.000,00 (seratus tujuh puluh lima ribu rupiah).

Hal lain yang belum termasuk dalam petunjuk penulisan ini dapat ditanyakan langsung kepada REDAKSI JTP ([jtpunmul@gmail.com](mailto:jtpunmul@gmail.com); <http://jtpunmul.wordpress.com>).