



Biopulping Rami Menggunakan Jamur Pelapuk Putih

Chandra Apriana Purwita, Hendro Risdianto*

Balai Besar Pulp dan Kertas, Kementerian Perindustrian
Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132, Bandung 40258

*E-mail: hendrorisdianto@yahoo.com

Abstract

Ramie is a fast growing species and contains long fiber that suitable for pulpmaking. The objective of this study was to investigate the white rot fungi that can be used as a biological agent on biopulping process. A four species white rot fungi namely *Phanerochaete chrysosporium*, *Marasmius* sp., *Trametes hirsuta* and *Trametes versicolor* have been used for the pretreatment on biopulping. Each fungus was grown on ramie fiber at room temperature ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) for 7 days. Lignin, cellulose and hemicellulose were observed to study the efficacy of each fungus. The result showed that *Marasmius* sp. could remove lignin at highest level (40.7%) than others and produced laccase at highest activity of 163,82 U/L. Cellulose and hemicellulose were insignificantly removed by fungi. At the pulping process, Kappa number of treated ramie by *Marasmius* sp. was lower than untreated.

Keywords: biopulping, Kappa number, lignin, white rot fungi

Pendahuluan

Kebutuhan kertas di dunia semakin meningkat walaupun adanya penetrasi teknologi digital (internet) yang juga terus meningkat. Kertas tulis cetak (koran, buku, dan majalah) semakin menurun penggunaannya karena perkembangan teknologi digital namun kenaikan terjadi pada produk kertas kemasan dan kertas tisu (Andrés dkk., 2014). Penggunaan kertas rata-rata naik 1,9% per tahun pada satu dekade terakhir dan diperkirakan akan menjadi 2,4% untuk lima tahun mendatang (Brandt, 2014). Bahan baku utama untuk membuat pulp dan kertas adalah kayujarum (*softwood*) dan kayudaun (*hardwood*). Namun, penggunaan kayu terus menerus dengan penebangan hutan mendapatkan perhatian serius dari pemerhati lingkungan karena kekhawatiran efek jangka panjang terhadap habitat alam sekitarnya. Oleh karena itu, perlu alternatif bahan baku untuk pulp dan kertas yang salah satunya adalah bahan non kayu (Ashori, 2006).

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber tanaman serat non-kayu. Sampai saat ini keberlangsungan serat non kayu belum dapat mencukupi seluruh kebutuhan pulp dan kertas sehingga digunakan untuk beberapa kebutuhan khusus seperti kertas uang. Serat alam (*non-wood*) tersebut sangat berguna karena seratnya panjang. Sampai saat ini kebutuhan serat panjang masih impor. Beberapa serat non kayu yang memiliki potensi antara lain abaka, kenaf, dan rami (Sudjindro, 2011). Rami (*Bohmeria niveai*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh di daerah sub tropis dan tropis dengan umur 6 – 20 tahun dan dapat di panen 5 – 6 kali dalam satu tahun. pemanenan dapat menghasilkan 26 ton batang basah dengan 3,5 – 4% (sekitar 1,3 ton serat rami per hektar) tergantung kondisi lingkungan dan perawatannya (Eriningsih, 2009). Serat rami merupakan salah satu serat alam untuk bahan tekstil (Kalita dkk., 2013), namun dapat dimanfaatkan juga untuk aplikasi lainnya seperti komposit peredam suara (Eriningsih, 2009; Yang dan Li, 2012), interior automotif (Chen dkk., 2005), pulp (Sugesty dkk., 1999), dan kertas (Wirawan dkk., 2010).

Teknologi bioproses melalui penggunaan mikroorganisme yang mampu mendegradasi lignin merupakan salah satu metode ramah lingkungan karena lignin didegradasi secara biologis dengan produk akhir berupa karbondioksida. Bioproses dapat diterapkan pada tahapan pulping (biopulping) dan pemutihan (bleaching). Biopulping merupakan salah satu proses yang sedang dikembangkan pada industri pulp dan kertas. Proses ini melibatkan mikroorganisme pendegradasi lignin untuk proses inkubasi pada serpih kayu atau bahan lignoselulosa lainnya. Mikroba yang digunakan memiliki kemampuan selektif hanya mendegradasi bagian tertentu biomassa sebelum proses pulping menggunakan bahan kimia (Kirk dkk., 1992; Scott dkk., 2001; Wan dan Li, 2012). Mikroorganisme yang banyak digunakan adalah dari jenis jamur yang secara alami dapat menghasilkan enzim untuk mendegradasi lignin dan fragmen serat kayu/non kayu sehingga lebih mudah dilakukan digestasi lebih lanjut. Proses biopulping melibatkan enzim lignin peroksidase, manganese peroksidase dan lakase dalam delignifikasi batang sawit menggunakan *Trametes versicolor* (Singh dkk., 2013). Proses biopulping memberikan keuntungan antara lain





penghematan energi (Ferraz dkk., 2008), mengurangi konsumsi klorin pada proses pemutihan dan mengurangi polutan ke lingkungan (Yadav dkk., 2010; Risdianto dkk., 2011).

Penggunaan jamur pelapuk putih pada rami pada bidang pulp dan kertas belum banyak diaplikasikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk evaluasi perlakuan lignoselulosa dari rami menggunakan jamur pelapuk putih untuk pembuatan pulp.

Metodologi

Bahan Lignoselulosa

Serat rami berasal dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang. Serat rami dikeringkan di bawah sinar matahari dan dipotong menjadi berukuran sekitar 5 cm.

Jamur Pelapuk Putih

Jamur pelapuk putih yang digunakan adalah *Marasmius* sp. *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes hirsuta* dan *Trametes versicolor* berasal dari Laboratorium Mikrobiologi dan Teknologi Bioproses, Teknik Kimia – ITB. Jamur pelapuk putih tersebut ditumbuhkan menggunakan media *Potato Dextrose Agar* dalam cawan petri diameter 9 cm dan diinkubasi pada suhu 28°C selama 7 hari. Hasil inkubasi disimpan dalam suhu 4°C sebelum digunakan.

Inokulasi Jamur pada Bahan Lignoselulosa

Potongan serat rami sebanyak 50 gram direndam menggunakan Medium Kirk termodifikasi (Risdianto dkk., 2012) sebanyak 100 mL yang mengandung glukosa 10 g/L, KH_2PO_4 1,7 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,4 g/L, CaCl_2 0,09 g/L, sodium acetate 2,3 g/L, diammonium tartrate 0,4 g/L, MnCl_2 0,02 g/L, ekstrak ragi 0,3 g/L, $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,01 g/L, H_2MoO_4 0,007 g/L, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,01 g/L, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,006 g/L, dan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,007 g/L. Serat rami yang telah mengandung medium Kirk ditempatkan dalam plastik tahan panas dan disterilisasi pada suhu 121°C selama 21 menit.

Uji aktivitas lakase

Analisis aktivitas enzim tiap hari diawali dengan ekstraksi enzim dari kultur jamur menggunakan larutan penyangga asetat (pH = 4,6) sebanyak 2 kali medium kirk awal pada *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 2 jam. Larutan dan substrat dikeluarkan dari labu kemudian ditumbuk menggunakan mortar. disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 6000 rpm suhu 4°C dan dianalisis aktivitas lakase. Pengukuran aktivitas enzim dilakukan dengan cara memasukkan supernatan contoh sebanyak 60 μL ke dalam 1140 μL larutan 0,4 mM ABTS (2,2'-azino-di-[3-ethyl-benzo-thiazolin- 6-sulphonic acid]) dalam larutan penyangga natrium asetat (pH 4.6) yang terdapat di dalam kuvet selanjutnya campuran supernatan dan ABTS dikocok agar tercampur homogen. Absorbansi radikal kation diamati pada panjang gelombang 420 nm ($\epsilon_{\text{mM}} = 36 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) selama lima menit menggunakan spektrofotometer Genesys 20. Perubahan absorbansi radikal kation diamati setiap menit selama 5 menit. Satu unit aktivitas didefinisikan sebagai jumlah enzim yang dapat mengoksidasi 1 μmol ABTS tiap menit pada suhu 28°C.

Proses Pemasakan

Serat rami hasil perlakuan dengan jamur yang terpilih dimasak menggunakan proses soda dalam digester dengan kondisi alkali aktif 12%, rasio padatan terhadap cairan pemasak 1:5, suhu 165°C, Waktu 3,5 jam (waktu tuju 2 jam dan waktu pada 1,5 jam). Pulp keluaran digester dicuci, disaring, dan *dipress* untuk menentukan kadar air dan Bilangan Kappa. Penentuan Bilangan Kappa menggunakan SNI 0494-2008: Pulp – Cara uji bilangan Kappa. Efektivitas proses perlakuan dengan jamur pelapuk putih dibandingkan dengan pulp rami dengan kondisi pemasakan yang sama namun tanpa perlakuan jamur.

Hasil dan Pembahasan

Komponen utama rami adalah selulosa, hemiselulosa, lignin, ekstraktif dan mengandung sedikit silika seperti disajikan dalam Tabel 1. Kadar holoselulosa mencapai 71,02%, hemiselulosa sekitar 15,53%, dan selulosa sekitar 43,34%. Menurut Abdul-Khalil dkk., (2001) bahan baku yang sesuai untuk pembuatan pulp harus mengandung kadar selulosa mendekati atau lebih dari 40%. Lignin merupakan polimer yang tidak diinginkan berada dalam pulp dan selama proses pulping perlu disisihkan menggunakan bahan kimia dan energy yang besar. Kadar lignin pada rami adalah 22,77%. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan kadar lignin dalam kayujarum dan sebanding dengan kadar lignin dalam kayudaun. Kadar ekstraktif rami yaitu 3,19%. Ekstraktif dapat menyebabkan masalah selama proses pembuatan pulp dan menurunkan kualitas produk akhir. Kadar ekstraktif yang tinggi dapat menyebabkan menurunnya perolehan pulp. Silika tidak terdeteksi pada rami. Keberadaan silika dapat menyebabkan masalah serius selama pemulihan bahan kimia pemasakan dan juga drainase selama proses pembuatan kertas (Singh dkk., 2011).



Tabel 1. Komponen Kimia Rami

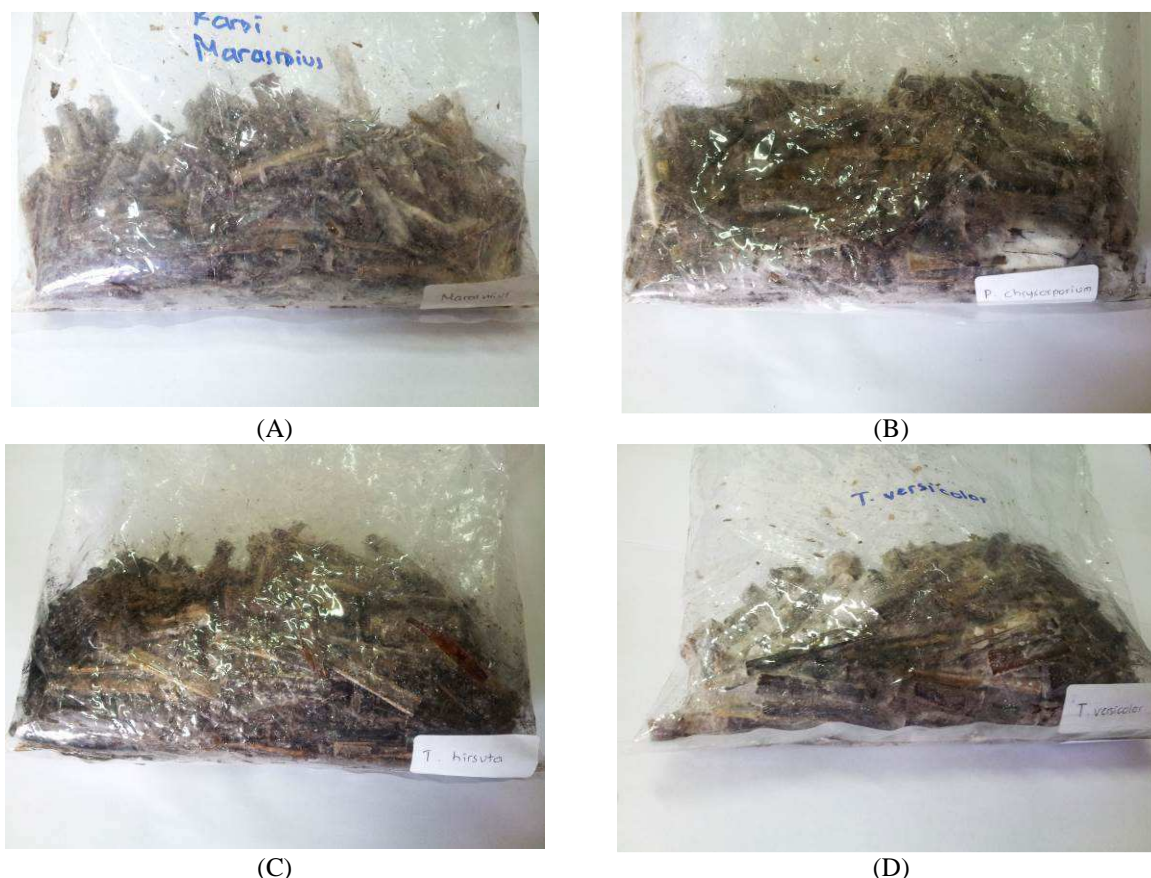
No	Parameter	Nilai, %
1	Silika	-
2	Hemiselulosa	15,53
3	Ekstraktif	3,19
4	Holoselulosa	71,02
5	Selulosa α	43,34
5	Lignin	22,77

Dimensi dan turunan dimensi serat rami disajikan dalam Tabel 2. Rami memiliki panjang serat sekitar 17,12 mm sehingga termasuk dalam serat panjang karena dan nilainya di atas panjang serat kayujarum dan setara dengan panjang serat *hemp* (15 – 55 mm) (Chandra, 1998) dan mendekati panjang serat dari kapas (20 – 30 mm). Serat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok berdasarkan panjangnya. Kelompok pertama adalah serat dengan panjang kurang dari 0,9 mm, kelompok kedua adalah serat dengan panjang antara 0,9 – 1,9 mm dan kelompok ketiga adalah serat dengan panjang lebih dari 1,9 mm (Khakifirooz dkk., 2013). Dengan demikian, rami termasuk dalam kelompok ketiga. Nilai kelangsingan rami (615,83) lebih besar daripada kenaf (105,9) dan kayujarum (95 – 120) (Ververis dkk., 2004). Nilai kelangsingan yang baik untuk pembuatan pulp dan kertas adalah di atas 33 (Kiaei, 2014). Panjang serat dan nilai kelangsingan tinggi akan menghasilkan pulp dengan kekuatan sobek yang tinggi. Rami memiliki bilangan Runkel 0,99 yang berarti mudah untuk digiling (*refining*). Nilai standar bilangan Runkel agar mudah digiling adalah kurang dari 1 (Udohitinah dan Oluwadare, 2011). Fleksibilitas rami adalah 50%, yang menandakan bahwa serat rami bersifat elastis. Serat yang elastis memiliki nilai fleksibilitas antara 50-75% (Kiaei, 2014). Oleh karena itu, berdasarkan bilangan *Runkel* dan fleksibilitas maka serat rami ini akan sesuai untuk proses *refining* pada pembuatan pulp.

Tabel 2. Morfologi Rami

No	Parameter	Nilai
1	Panjang serat, rata-rata, L (mm)	17,12
2	Diameter luar, D (μm)	27,8
3	Diameter dalam (lumen), l (μm)	13,97
4	Tebal dinding, w (μm)	6,92
5	Bilangan <i>Runkel</i> , $2w/l$	0,99
6	Kelangsingan, L/D	615,83
7	Kekakuan, w/D	0,25
8	Kelenturan, l/D	0,5
9	Perbandingan Muhlstep (%)	74,74

Pertumbuhan jamur pelapuk putih terlihat seperti pada Gambar 1. Pertumbuhan ini mengindikasikan bahwa jamur dapat menggunakan nutrisi dalam rami dan mengikatnya. Proses perlakuan dengan jamur ini mirip dengan fermentasi kultur padat (*solid state fermentation*). Pemotongan serat dengan ukuran 5 cm membantu pertumbuhan jamur karena meningkatkan luas permukaan untuk pertumbuhan hifa jamur. Niladevi dkk. (2007) menyatakan bahwa luas permukaan merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan jamur pada fermentasi kultur padat. Proses perlakuan jamur ini dilaksanakan pada suhu ruang ($\pm 28^\circ\text{C}$), dan sejalan dengan fermentasi kultur padat yang dilakukan oleh Pandey dkk. (2008) dan Risdianto dkk. (2010), yang melaporkan bahwa fermentasi umumnya dilakukan menggunakan mikroorganisme mesofilik pada rentang suhu 20 - 50 $^\circ\text{C}$.

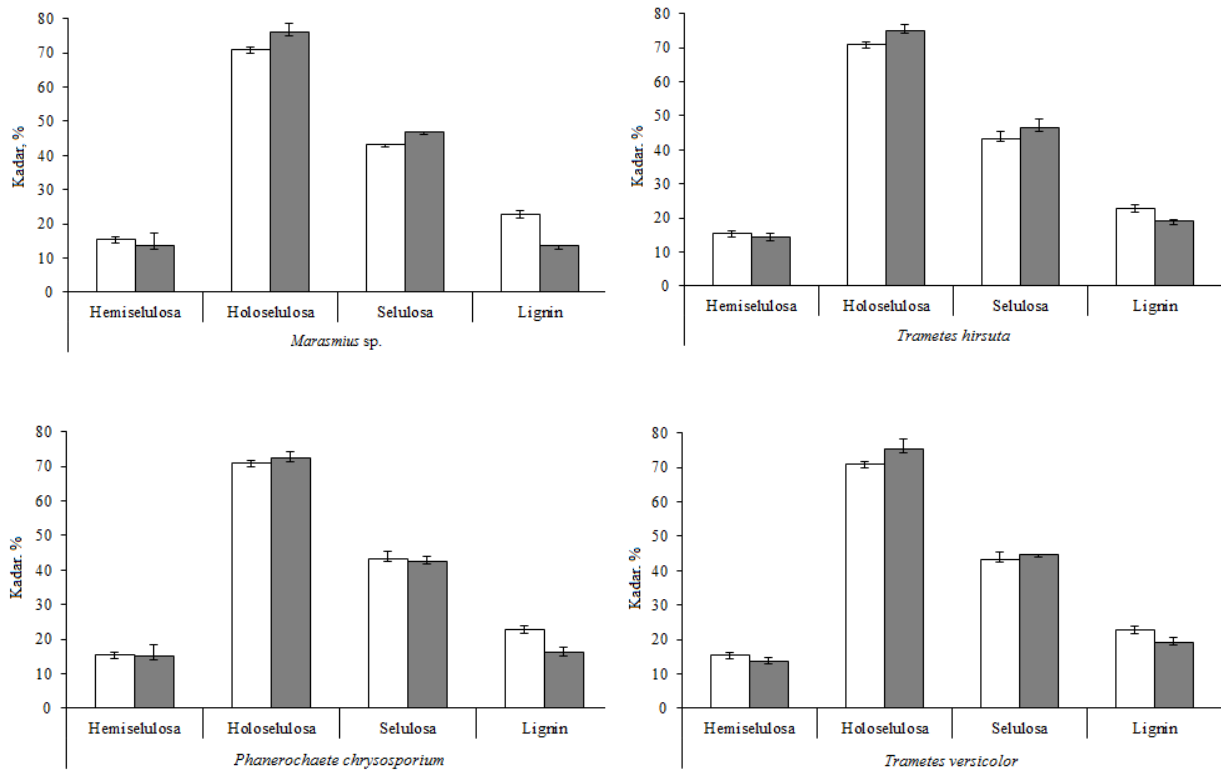


Gambar 1. Pertumbuhan Jamur Pelapuk Putih pada Rami (A) *Marasmius* sp., (B) *Phanerochaete chrysosporium* (C) *Trametes hirsuta*, (D) *Trametes versicolor*

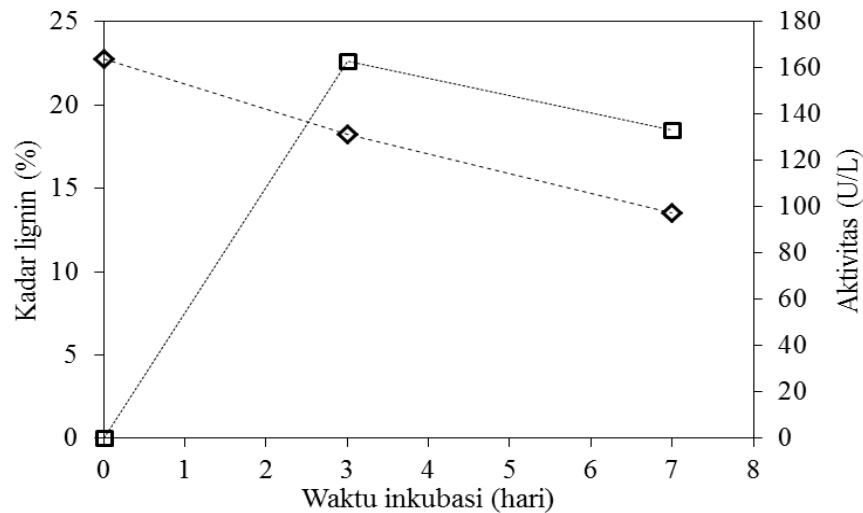
Efektivitas jamur pelapuk putih pada proses *biopulping* diindikasikan dengan penurunan kadar lignin selama inkubasi. Gambar 2 menyajikan kadar hemiselulosa, holoselulosa, alfa selulosa, dan lignin selama proses inkubasi oleh *Marasmius* sp., *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes hirsuta*, dan *Trametes versicolor*. Kadar awal lignin dalam rami adalah 22,77% selama 7 hari inkubasi dengan jamur *Marasmius* sp. kadar lignin menjadi 13,57% (derajat delignifikasi 40,4%). Derajat delignifikasi 16,6%, 15,4%, dan 29,1% diperoleh dengan inkubasi menggunakan jamur *Trametes hirsuta*, *Trametes versicolor* dan *Phanerochaete chrysosporium*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Marasmius* sp. merupakan jamur pelapuk putih yang paling baik untuk mendegradasi lignin pada rami. *Marasmius* sp. juga telah berhasil menyisihkan lignin pada tandan kosong sawit dengan nilai selektivitas 0,3 dan degradasi lignin 0,95% (Kamcharoen dkk., 2014). Keempat jamur menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu tidak terjadi degradasi terhadap selulosa, holoselulosa, dan selulosa oleh jamur selama 7 hari inkubasi. Ini mengindikasikan bahwa jamur pelapuk putih tidak mendegradasi selulosa dan hemiselulosa dan hanya selektif terhadap lignin. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa lignin pada kayu karet juga berhasil disihkan oleh *Trametes versicolor* dengan selektivitas terhadap lignin antara 1,07 – 1,16 (Nazarpour dkk., 2013). Selektivitas terhadap lignin sangat diperlukan untuk menghindari turunnya viskositas pulp atau turunnya kekuatan pulp (Widsten dan Kandelbauer, 2008).

Pada delignifikasi rami oleh *Marasmius* sp. terdeteksi adanya aktivitas lakase (Gambar 3). Aktivitas enzim terbesar terjadi pada hari ke-3 inkubasi yaitu sebesar 163,82 U/L kemudian turun menjadi 133,42 U/L pada hari ke tujuh. Jamur pelapuk putih yang dapat mendegradasi lignin umumnya mensekresikan enzim pendegradasi lignin seperti lignin peroksidase, manganese peroksidase, dan lakase (Yadav dkk., 2010). Mekanisme biodegradasi lignin sudah dijelaskan sangat rinci oleh Martinez dkk. (2005) dan Isroi dkk. (2011). Degradasi lignin bersifat oksidatif dan terjadi secara aerobik. Jamur pelapuk putih memiliki kemampuan yang unik untuk depolimerisasi, memecah ikatan C-C, memineralisasi lignin dengan enzim ligninolitiknya (Isroi dkk., 2011). Enzim ekstraseluler dihasilkan secara konstitutif (terus menerus) dalam jumlah yang sedikit (Octavio dkk., 2006). Namun, produksi enzim ini tidak berhubungan dengan pertumbuhan jamur, sehingga mengindikasikan enzim ligninolitik ini hanya dapat diproduksi pada medium tertentu melalui metabolisme sekunder. Tanpa adanya induser namun dengan pembatasan karbon pada medium, jamur pelapuk putih dapat memproduksi enzim ligninolitik. Pada saat nutrisi sumber karbon terbatas mengubah jalur metabolisme dan mengaktifkan metabolisme sekunder (Xavier dkk., 2007).



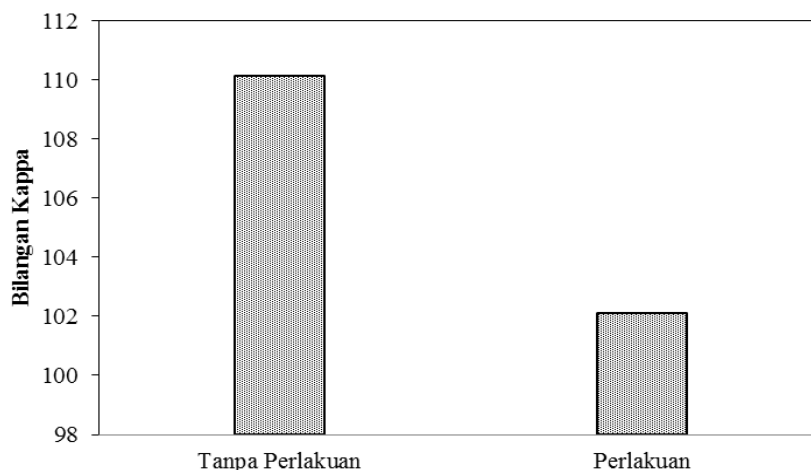
Gambar 2. Kadar hemiselulosa, holosehulosa, dan alfa selulosa, dan lignin selama proses inkubasi (□: awal, ■: hari ke-7)



Gambar 3. Kadar lignin dan aktivitas lakase selama inkubasi (◇: kadar lignin, □: aktivitas lakase)

Setelah perlakuan dengan jamur pelapuk putih, maka terpilih rami yang mendapat perlakuan dengan *Marasmius sp.* untuk diproses/dimasak dalam digester untuk meningkatkan kembali degradasi lignin sampai mencapai bilangan Kappa tertentu. Bilangan Kappa menunjukkan pengukuran tidak langsung kadar lignin dalam pulp. Bilangan Kappa tinggi menandakan bahwa kadar lignin pulp juga tinggi begitu juga sebaliknya. Tanpa perlakuan *Marasmius sp.*, Bilangan Kappa pulp adalah 110,15 dan dengan perlakuan adalah 102,13 (Gambar 4). Jamur pelapuk putih

Marasmius sp. telah mampu mendegradasi lignin sehingga dengan dosis bahan kimia yang sama maka menghasilkan kadar lignin (bilangan Kappa) yang lebih rendah. Hasil yang sejalan ditemui pada biopulping *Eucalyptus albidus* yang menunjukkan bahwa bilangan Kappa antara kontrol dan perlakuan masing-masing 21 dan 17 (Singhal dkk., 2013). *Biopulping* tandan kosong sawit (TKS) menggunakan *Marasmius* sp. juga mampu menurunkan bilangan Kappa dari 38,63 menjadi 31,10 (Risdianto dan Sugesty, 2014)



Gambar 4. Bilangan Kappa Pemasakan Rami

Kesimpulan

Jamur pelapuk putih *Marasmius* sp. mampu tumbuh dan mendegradasi lignin pada rami. Lakase sebagai enzim pendegradasi lignin dihasilkan oleh *Marasmius* sp selama proses degradasi lignin pada rami. Proses pemasakan rami dengan perlakuan *Marasmius* sp. menghasilkan bilangan Kappa yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa perlakuan.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh DIPA Balai Besar Pulp dan Kertas Tahun Anggaran 2014. Kami ucapkan terima kasih kepada para teknisi litkayasa BBPK yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abdul-Khalil, H. P. S., Siti Alwani, M., Mohd Omar, A. K., 2006, Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers, *Bioresources*, 1(2), 220 – 232
- Andrés, L., Zentner, A., Zentner, J., 2014, Measuring the Effect of Internet Adoption on the Paper Consumption, *World Bank Policy Research Working Paper*, 6965, 1 – 32
- Ashori, A., 2006., Nonwood Fibers - A Potential Source of Raw Material in Papermaking, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 45, 1133–1136
- Chandra, M., 1998, Use of Nonwood Plant Fibers for Pulp And Paper Industry in Asia: Potential in China, *Thesis*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia
- Chen, Y., Sun, L., Chiparus, O., Negulescu, I., Yachmenev, V., Warnock, M., 2005, Kenaf/Ramie Composite for Automotive Headliner, *Journal of Polymers and the Environment*, 13 (2), 107 – 114
- Eriningsih, R., 2009, Komposit serat rami dan limbah rami sebagai bahan absorpsi suara, *Arena Tekstil*, 24 (1), 51 – 59
- Ferraz, A., Guerra, A., Mendonça, R., Masarin, F., Vicentim, M.P., Aguiar, A., Pavan, P.C., 2008, Technological advances and mechanistic basis for fungal biopulping. *Enzyme and Microbial Technology*, 43, 178–185
- Isroi, Milati, R., Syamsiah, S., Niklasson, C., Cahyanto, M. N., Lundquist, K., Taherzadeh, M. J., 2011. Biological pretreatment of lignocellulose with white rot fungi and its application: A review. *Bioresources*, 6(4), 5224 – 5259
- Kamcharoen, A., Champreda, V., Eurwilaichitr, L., Boonsawang, P., 2014, Screening and optimization of parameters affecting fungal pretreatment of oil palm empty fruit bunch (EFB) by experimental design, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 5, 303–312
- Kalita, B. B., Gogoi, N., Kalita, S., 2013, Properties of ramie and its blend, *International Journal of engineering and General Science*, 1 (2), 6 - 11



- Khakifirooz, A., Ravanbakhz, F., Samariha, A., Kiaei, M., 2013, Investigating the Possibility of Chemi-mechanical Pulping of Bagasse, *Bioresources*, 8(1), 21-30
- Kiaei, M., 2014, Investigating on Biometrical Properties and Mineral Content of Rice Residues and its Application in Pulp and Paper Production. *Advance in Environmental Biology*, 8(13), 952-959
- Kirk, T.K., Burgess, R.R., Koning Jr., J.W. 1992, Use of fungi in pulping wood: an overview of biopulping research. In Leatham, G.F., *Frontiers in industrial mycologi*. Springer US
- Martinez, A. T., Speranza, M., Ruiz-Duenas, F. J., Ferreira, P., Camarero, S., Guillen, F., Martinez, M. J., Gutierrez, A. and del Rio, J. C., 2005, Biodegradation of lignocellulosics : microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack lignin, *INTERNATIONAL MICROBIOLOGY*, 8, 195 – 204.
- Nazarpour, F., Abdullah, D. K., Abdullah, N., Zamiri, R., 2013. Evaluation of Biological Pretreatment of Rubberwood with White Rot Fungi for Enzymatic Hydrolysis. *Materials*, 6, 2059-2073
- Niladevi, K. Narayanan, R., Sukumaran, K., Prema, P., 2007, Utilization of rice straw for laccase Production by *Streptomyces psammoticus* in Solid-State Fermentation. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 34, 665–674
- Octavio, L. C., Irma, P. P., Ricardo, B. R., Francisco, V. O., 2006, Laccases. *Advances in Agricultural and Food Biotechnology*, 323-340
- Pandey, A., Soccol, C., Laroche, C., 2008, Current development in solid state fermentation. New Delhi: Springer Asiatech Publisher Inc
- Risdianto, H., Sofianti, E., Suhardi, S.H., Setiadi, T., 2012. Optimisation of laccase production using white rot fungi and agriculture wastes in solid state fermentation. *ITB Journal of Engineering Science*, 44B(2), 93-106
- Risdianto, H., Sudarmin, Suhardi, S. H., Setiadi, T., 2011, Optimisation of Biobleaching Process of Unbleached Kraft Pulp Acacia mangium by using Crude Laccase, *Journal of Science and Technology*. 9(1A), 90 – 99
- Risdianto, H., Sugesty, S., 2014. Pretreatment of *Marasmius* sp on Biopulping of Empty Fruit Bunches. *Prosiding The 2nd International on Fundamental & Application of Chemical Engineering (ISFAChe) 2014*, Bali - Indonesia
- Risdianto, H., Suhardi, S.H., Setiadi, T., Kokugan, T., 2010, The Influence of Temperature on Laccase Production in Solid State Fermentation by using White Rot Fungus *Marasmius* sp. *Proceeding of The 1st International Seminar on Fundamental & Application of Chemical Engineering*
- Scott, G.M., Akhtar, M., Myers, G.C., Sykes, M.S., Swaney, R.E., 2001, An update on biopulping commercialization. in: *Proceedings of the 3rd ecopapertech conference*; 2001 June 04-08; Helsinki, Finland. Espoo, Finland: Oy Keskusiaboratorio-CentrallaboratoriumAB: 37-43.
- Singh, P., Sulaiman, O., Hashim, R., Peng, L.C., Singh, R.P., 2013, Evaluating biopulping as an alternative application on oil palm trunk using the white-rot fungus *Trametes versicolor*. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 82, 96-103
- Singh, S., Dutt, D., Tyagi, H., 2011, Complete characterization of wheat straw (*Triticum aestivum* PBW-343 L. EMEND.FIORI & PAOL) – A renewable source of fibres for pulp and paper making. *Bioresources*, 6(1), 154 – 177
- Singhal, A., Jaiswal, P. K., Jha, P. K., Thapliyal, A., Thakur, I. S., 2013, Assessment of *Cryptococcus albidus* for biopulping of eucalyptus, *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 43(8), 735-749
- Sudjindro, 2011, Prospek Serat Alam untuk Bahan Kertas Uang, *Perspektif*, 10(2), 92 – 104
- Sugesty, S., Pratiwi, W., Sugiharto, A., 1999, Peningkatan kualitas pulp batang rami (*Bohmeria nivea* G.) untuk substitusi pulp serat panjang, *Berita Selulosa*, XXXV (3), 42 – 49
- Udohitinah, J. S., Oluwadare, A. O., 2011, Pulping properties of kraft pulp of Nigerian-grown rami (*Hibiscus cannabinus* L.), *Bioresources*, 6(1), 751 – 761
- Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas, P., Santas, R., 2004, Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, *Industrial Crops and Products* 19, 245–254
- Wan, C., Li, Y., 2012, Fungal pretreatment of lignocellulosic biomass. *Biotechnology Advances*. 30, 1447-1457
- Widsten, P., Kandelbauer, A. 2008, Laccase applications in the forest products industry: A review. *Enzyme and Microbial Technology*, 42, 293-307
- Wirawan, S., Rismijana, J., Cucu, Asid, D. S., 2010, Pulp rami putih sebagai bahan baku kertas, *Berita Selulosa*, 45 (2), 57 - 63
- Xavier, A.M.R.B., Tavares, A.P.M., Ferreira, R., Amado, F. 2007, *Trametes versicolor* growth and laccase induction with by-products of pulp and paper industry. *Electronic Journal of Biotechnology*. 10 (3), 444-451
- Yadav, R. D., Chaudhry, S., Dhiman, S. S., 2010, Biopulping and its potential to reduce effluent loads from bleaching of hardwood kraft pulp, *Bioresources*, 5 (1), 159 - 171
- Yang, W. D., Li, Y., 2012, Sound absorption performance of natural fiber and their composites, *Science China Technological Sciences*, 55 (8), 2278-2283
- Brandt, J., 2014, Paper demand stacks up (<http://www.hsbc.com/news-and-insight/2014/paper-demand-stacks-up>, diakses tanggal 2 Maret 2015)





Lembar Tanya Jawab
Moderator : Nur Rokhati (Universitas Diponegoro, Semarang)
Notulen : Handrian (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Nur Rokhati (Universitas Diponegoro, Semarang)
- Pertanyaan :
 - Waktu optimumnya butuh berapa lama?. Biasanya bioproses membutuhkan waktu yang lama.
 - Berapa besarnya kapasitas produksi?
- Jawaban :
 - Proses lebih dari 7 hari, diatas 7 hari terjadi penurunan lignin yang tidak signifikan. Jadi diambil waktu terbaik adalah 7 hari.
 - Kapasitas ukuran inokulum sebesar 1,5 cm x 1,5 cm, dengan serat rami sebanyak 50 gram.

