



PENINGKATAN MUTU KERTAS DAUR ULANG MENGUNAKAN XYLAN

Sonny Kurnia Wirawan*, Chandra Apriana Purwita, Nina Elyani

Balai Besar Pulp dan Kertas
Jalan Raya Dayeuh Kolot 132 Bandung 40258

Diterima : 16 Maret 2017, Revisi akhir : 13 September 2017, Disetujui terbit : 13 September 2017

IMPROVEMENT QUALITY OF RECYCLED FIBER USING XYLAN

ABSTRACT

Corn cob as agricultural waste is a potential source of xylan to be used as an additive to increase the paper strength sheets originating from old corrugated cardboard (OCC). The aim of this research is to know increasing of strength properties from recycled fiber after addition of corn cob xylan, compared to the commercial xylan. The xylan extraction was carried out by acid and the addition of xylan to the fiber was carried out at 80 °C for 30 minutes. The results showed that the use of corn cob xylan 5% (w/w) can increase the tensile index by 13.08%, burst index by 9.24%, ring crush test (RCT) index by 39.13% and corrugated medium test (CMT) index by 17.44%.

Keywords: xylan, OCC, tensile index, burst index, RCT index, CMT index

ABSTRAK

Tongkol jagung sebagai limbah pertanian merupakan sumber *xylan* yang potensial yang dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan kekuatan lembaran kertas daur ulang yang berasal dari Kertas Karton Gelombang (KKG) bekas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kekuatan lembaran kertas daur ulang setelah penambahan *xylan* dari tongkol jagung, dibandingkan dengan *xylan* komersial. Ekstraksi *xylan* dilakukan dengan metode asam dan penambahan *xylan* terhadap serat dilakukan pada temperatur 80°C selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *xylan* tongkol jagung sebanyak 5% (berat *xylan*/berat kering pulp) dapat meningkatkan indeks tarik 13,08%, indeks retak 9,24%, indeks RCT 39,13% dan indeks CMT 17,44%.

Kata kunci: *xylan*, KKG bekas, indeks tarik, indeks retak, indeks RCT, indeks CMT

PENDAHULUAN

Kertas daur ulang merupakan salah satu sumber bahan baku kertas yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Penggunaan kertas daur ulang terus mengalami peningkatan dengan laju peningkatan mencapai 3-4% per tahun (Maximino *et al.*, 2011). Kertas dapat mengalami proses daur ulang hingga 5 sampai 6 kali, akan tetapi setiap mengalami proses daur ulang kertas akan kehilangan 15 hingga 20 persen serat panjang (Julieta *et al.*, 2014). Selain itu, penggunaan serat

daur ulang memiliki keterbatasan yaitu penurunan kekuatan kertas apabila dibandingkan dengan serat primer. Penurunan kekuatan pada kertas daur ulang disebabkan berkurangnya ikatan antar serat akibat proses hornifikasi (Wirawan, Elyani and Rostika, 2015) (Sheikhi *et al.*, 2013).

Salah satu penyebab hornifikasi pada kertas daur ulang adalah berkurangnya kandungan hemiselulosa dalam pulp karena proses pencucian, sehingga menyebabkan penurunan retensi terhadap air dan kekuatan ikatan antar serat (Faculty, Brancato and Fulfillment, 2008). Laju penurunan

ketahanan tarik kertas setelah mengalami daur ulang dapat mencapai dua kali lebih tinggi dari penurunan densitas (Sutjipto *et al.*, 2008).

Kualitas serat daur ulang dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi terhadap permukaan serat dengan penambahan hemiselulosa. Salah satu jenis hemiselulosa yang potensial adalah *xylan* (Mansoor, 2012). Perlakuan *xylan* terhadap serat selulosa dapat meningkatkan kekuatan lembaran melalui peningkatan jumlah gugus karboksil dan retensi air (Gandini and Pasquini, 2012). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa *xylan* juga dapat meningkatkan indeks tarik lembaran selain sebagai bahan aditif di *wet-end* (Christiernin, 2003). Penggunaan *xylan* juga dapat meningkatkan fleksibilitas serat (Köhnke and Gatenholm, 2007).

Xylan merupakan salah satu biopolimer yang paling berlimpah di alam yang ditemukan pada kayudaun dan rumpur-rumputan dan tanaman sereal. Kandungan *xylan* pada tanaman kayudaun lebar dan tanaman musiman berkisar antara 20-35% dari berat kering biomassa. Kandungan *xylan* pada kayudaun jarum hanya berkisar 8% dari berat kering biomassa. Pada umumnya, *xylan* ditemukan pada dinding sel sekunder dan dianggap membentuk sebuah interfase antara lignin dan polisakarida lainnya. Kemungkinan molekul *xylan* secara kovalen dihubungkan dengan residu fenolik lignin dan juga berinteraksi dengan polisakarida, seperti pektin dan glukukan (Patel and Savanth, 2015). Dalam bentuk yang paling sederhana, *xylan* adalah homopolimer linier yang mengandung monomer D-xilosa yang dihubungkan melalui ikatan β -1,4-glikosida (Petzold-Welcke *et al.*, 2014). Struktur *xylan* berbeda untuk tiap jenis tanaman. Pada umumnya struktur *xylan* terdiri atas:

- a. *Homoxylan*, terdapat pada tanaman rumput laut.
- b. *Glukoronoxyylan*, terdapat pada tanaman kayudaun lebar.
- c. *Arabinoxylan*, terdapat pada tanaman gandum, padi dan oat.
- d. *Heteroxyylan* kompleks, terdapat di biji-bijian, gum, dan sereal.
- e. *Arabino glukoronoxyylan* (AGX) dan *Glukorono arabinoxylan* (GAX). AGX terdapat pada tanaman jenis biji-bijian dan rumput-rumputan. Sedangkan GAX terdapat pada tanaman kayudaun jarum, jagung, dan padi (Mansoor, 2012).

Di antara beberapa sumber biomassa lainnya, *xylan* pada tongkol jagung memiliki potensi yang untuk produksi *xylan*. Penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi *xylan* dari tongkol jagung memiliki potensi untuk digunakan sebagai aditif pada proses pembuatan kertas, tekstil percetakan dan industri farmasi (Cai *et al.*, 2015). Kandungan *xylan* dalam tongkol jagung tertinggi diantara limbah-limbah pertanian. Komposisi *xylan* ini bervariasi untuk setiap varietas. Whistler (1950) melaporkan bahwa *xylan* dari tongkol jagung mengandung 95% *xylan* dengan gugus samping asam glukuronat (5%) dan metoksi (0,5%). Oleh karena itu, berdasarkan komposisi substitusi gugus sampingnya, *xylan* tongkol jagung digolongkan sebagai *arabinoxylan* yang juga merupakan jenis *xylan* yang sering ditemukan pada kayujarum.

Xylan yang berasal dari tongkol jagung memiliki sifat yang lengket, dan digunakan sebagai bahan adesif, pengental, dan aditif untuk plastik yang dapat meningkatkan daya regang dan ketahanan pecah. Selain itu, *xylan* juga digunakan sebagai aditif untuk farmasi, proses cetak di tekstil dan aditif untuk pembuatan kertas (Kumar and Negi, 2012).

Penambahan *xylan* pada serat selulosa sebagai bahan aditif penguat kertas telah diteliti sebelumnya (Mansoor, 2012) (Köhnke, Brelid and Westman, 2009). Akan tetapi, penelitian sebelumnya berfokus pada serat primer berupa bahan kayu, dan sumber *xylan* berasal dari sekam padi, batang jerami, kayu cemara, dan *beechwood*. Sedangkan penelitian ini dilakukan pada kertas daur ulang yang berasal dari kotak karton gelombang (KKG) bekas untuk mengatasi penurunan kekuatan kertas pada serat daur ulang akibat dari hornifikasi. Serta sumber *xylan* yang berasal dari tongkol jagung.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *xylan* dari tongkol jagung terhadap kekuatan lembaran kertas daur ulang KKG bekas, meliputi indeks tarik, indeks TEA, indeks retak, indeks RCT dan indeks CMT.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini menggunakan pulp serat daur ulang yang berasal dari KKG bekas dengan kadar air 6,73% dan derajat giling awal 400 mL *Canadian Standard Freeness* (CSF). Tongkol jagung untuk ekstraksi *xylan* berasal dari tongkol

jagung lokal dengan kadar air 9,11%. Tongkol jagung digiling dan disaring dengan ayakan 40 mesh. Sebagai pembanding, digunakan *xylan* komersial yang berasal dari *beechwood* (Sigma Aldrich).

Metode

Penyediaan Xylan

Ekstraksi *Xylan* dilakukan menggunakan metode yang dikemukakan oleh (Purwita and Septiningrum, 2012). Ekstraksi *xylan* pada tongkol jagung dilakukan pada suasana ekstraksi asam dengan merendam serbuk tongkol jagung dalam larutan asam sulfat 1:10 (b/v) selama 24 jam pada suhu 50°C kemudian disaring. Terhadap filtrat yang dihasilkan, ditambahkan alkohol teknis 95% dengan perbandingan 1:3 v/v, kemudian endapan dan residunya dipisahkan menggunakan corong pisah.

Pencucian Xylan

Pencucian *Xylan* dilakukan menurut (Mansoor, 2012). Endapan *xylan* dicuci dengan alkohol teknis 95% sebanyak 3 kali dan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm, selama 20 menit pada suhu 4 °C. Endapan kemudian dicuci dengan aseton p.a. dan disentrifugasi pada kecepatan, waktu, dan temperatur yang sama. *Xylan* dikering-anginkan selama 24 jam kemudian dihaluskan dengan *blender*.

Pembuatan Larutan Induk Xylan

Pembuatan larutan induk *xylan* dilakukan menurut (Köhnke, Brelid and Westman, 2009). Larutan induk *xylan* dibuat dengan melarutkan 2 gram *xylan* tongkol jagung maupun *xylan* komersial dalam 1000 mL larutan NaCl 0,02 M, kemudian dipanaskan pada suhu 95 °C selama 15 menit. Larutan didinginkan hingga suhu kamar.

Percobaan Penggunaan Xylan

Percobaan penggunaan *xylan* pada pembuatan lembaran laboratorium dilakukan dengan 2 variabel perlakuan yaitu pemanasan dan konsentrasi *xylan* (Tabel 1).

Lembaran KKG bekas dipotong dengan ukuran kurang lebih 1 cm², kemudian dilakukan penggilingan hingga mencapai derajat giling 300

Tabel 1. Perlakuan Percobaan Pembuatan Lembaran Laboratorium

Kondisi	<i>Xylan</i>	
	Sumber	Konsentrasi*
Pemanasan T = 80°C (30 menit)	<i>Xylan</i> tongkol jagung	0 (blanko) 1,0 2,5 5,0
	<i>Xylan</i> komersial	0 (blanko) 1,0 2,5 5,0
	Tanpa panas (Kontrol)	Tanpa <i>xylan</i> -

*dasar berat *xylan*/berat kering pulp

CSF dan ditambahkan akuades hingga mencapai konsistensi 3,75% kemudian ditentukan berat keringnya. Terhadap pulp kering dilakukan proses esterifikasi menggunakan larutan HCl dan NaHCO₃ (Köhnke, Brelid and Westman, 2009) serta ditentukan kadar airnya. Terhadap pulp yang telah melalui proses esterifikasi, kemudian diberi perlakuan larutan *xylan* tongkol jagung atau *xylan* komersial dengan konsentrasi seperti pada Tabel 1. Lembaran laboratorium dibuat dengan gramatur 80 g/m².

Analisis Sifat Fisik Lembaran

Analisis sifat fisik dilakukan terhadap lembaran laboratorium pulp KKG bekas dari perlakuan kontrol dan yang diberi perlakuan *xylan*, baik *xylan* komersial maupun *xylan* tongkol jagung. Parameter uji sifat fisik meliputi indeks tarik (SNI ISO 1924-2:2010), indeks retak (SNI ISO 2758:2011), indeks *ring crush test* (RCT) menggunakan metode TAPPI T818 cm-97 dan indeks *corrugaring medium test* (CMT) menggunakan metode TAPPI T809 om-99. Selain itu, dilakukan analisis FTIR untuk mengetahui perubahan komposisi lembaran setelah penambahan *xylan*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Xylan dari tongkol jagung yang dihasilkan berwarna putih, hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Eduardo da Silva *et al.*, 2012), sedangkan *xylan* komersial dari *beechwood*

memiliki warna kecoklatan. Perbedaan warna ini diduga berkaitan dengan kandungan lignin yang lebih tinggi pada *beechwood* yang merupakan kayudaun lebar dan dibandingkan pada tongkol jagung yang merupakan tanaman bukan kayu.

Pengaruh Xylan terhadap Indeks Tarik

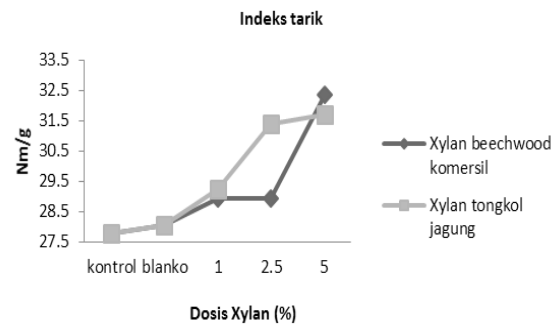
Hasil pengujian indeks tarik terhadap lembaran laboratorium KKG bekas yang ditambahkan *xylan* dapat dilihat pada Gambar 2. Indeks tarik diperoleh dari ketahanan tarik lembaran dibagi dengan gramatur. Faktor yang mempengaruhi peningkatan ketahanan tarik di antaranya adalah dengan meningkatkan penggilingan atau penambahan aditif yang dapat meningkatkan jumlah ikatan antar serat (Casey, 1981).

Pada industri kertas yang menggunakan kertas daur ulang akan mengalami penurunan kekuatan, karena serat menjadi kaku dan rapuh. Titik lemah pada dinding serat akan meningkat setelah mengalami beberapa kali frekuensi daur ulang (Ali, 2013). Untuk meningkatkan kekuatan umumnya dilakukan penambahan serat panjang yang berasal dari KKG bekas impor. Hal tersebut dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan lembaran, di antaranya adalah panjang serat. Jumlah dan ikatan antar serat merupakan parameter yang penting untuk optimasi sifat kekuatan tarik (Danielsson, 2007).

Penambahan *xylan* baik yang berasal dari tongkol jagung maupun *xylan* komersial menunjukkan adanya peningkatan nilai indeks tarik dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan blanko (Gambar 2). Penambahan *xylan* tongkol jagung konsentrasi 5 % dapat meningkatkan indeks tarik 13,1% dibandingkan dengan blanko. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya



Gambar 1. Xylan Tongkol Jagung dan Xylan Komersial Beechwood



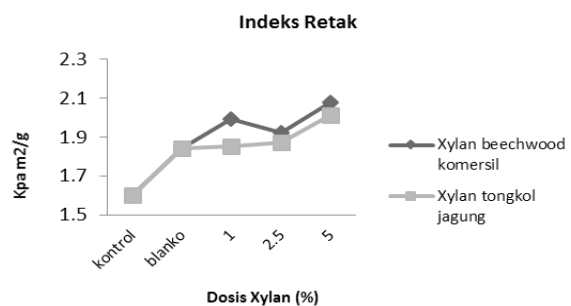
Gambar 2. Pengaruh Xylan terhadap Indeks Tarik

yang menyatakan bahwa penambahan *xylan* dapat meningkatkan jumlah jaringan ikatan antar serat yang akhirnya meningkatkan kekuatan lembaran (Mansoor, 2012) (Faculty, Brancato and Fulfillment, 2008).

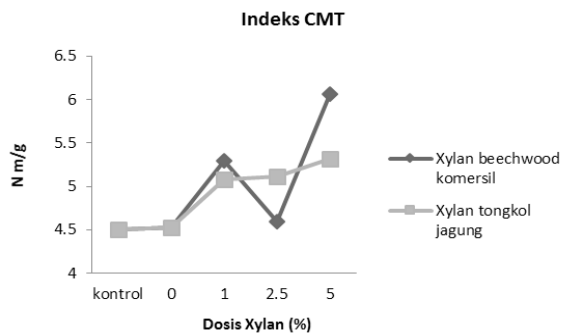
KKG bekas yang tidak diputihkan dan masih mengandung hemiselulosa tetap mengalami peningkatan kekuatan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya (Sjoberg, 2004) bahwa hanya hemiselulosa yang berada di permukaan serat yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tarik dan tidak ada korelasi antara kekuatan lembaran dengan *xylan* yang terkandung di bagian dalam serat.

Pengaruh Xylan terhadap Indeks Retak

Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan *xylan* tongkol jagung sama seperti *xylan* komersial dapat meningkatkan indeks retak lembaran, dibandingkan dengan kontrol dan blanko. Penambahan *xylan* tongkol jagung 5% (berat *xylan*/berat pulp kering) dapat meningkatkan nilai kekuatan indeks retak lembaran sebesar 9,24% dibanding blanko. Ketahanan retak



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Xylan terhadap Indeks Retak



Gambar 4. Pengaruh Xylan terhadap Indeks RCT dan Indeks CMT

merupakan salah satu parameter penting untuk kertas medium. Salah satu alasannya adalah dengan mengetahui nilai ketahanan retak maka risiko cacat yang terjadi karena gaya kompresi yang terlalu tinggi pada KKG dapat dihindari (Markström, 2005).

Ketahanan retak lembaran adalah gaya yang dibutuhkan untuk meretakkan lembaran dengan menerapkan tekanan yang merata dan dipercepat melalui sebuah diafragma elastis dengan area sirkular yang sebanding dengan 962 mm². (Nascimento *et al.*, 2011). Indeks retak diperoleh dengan membagi nilai ketahanan retak dengan gramatur. Ketahanan retak merupakan sifat kekuatan lembaran kertas yang menggabungkan antara fungsi ketahanan tarik dan regang. Seperti halnya ketahanan tarik, faktor yang mempengaruhi ketahanan retak adalah panjang serat dan jumlah ikatan antar serat (Casey, 1981). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan xylan tongkol jagung dan xylan komersial dapat meningkatkan ikatan antar serat

Pengaruh Xylan terhadap Indeks RCT dan Indeks CMT

Sifat ketahanan mekanis dari suatu kemasan seperti KKG akan tergantung pada kekuatan dari kertas dasar sebagai bahan penyusun KKG tersebut. (Šarčević, Banić and Milčić, 2016).

Ring crush test (RCT) dan corrugated medium test (CMT) dianggap sebagai salah satu sifat mutu terpenting untuk kertas medium yang akan digelombangkan pada pembuatan KKG. Indeks RCT dan indeks CMT diperoleh dari nilai RCT dan CMT dibagi dengan gramatur (Markström, 2005). Hal yang mempengaruhi nilai RCT adalah panjang serat, sudut ikatan (*fibril angle*) dan kekasaran serat

(Casey, 1981). Hasil pengujian pada Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan xylan tongkol jagung dan xylan komersial dapat meningkatkan nilai indeks RCT dan indeks CMT. Hal ini disebabkan xylan dapat meningkatkan ikatan antar serat dan juga fleksibilitas serat. Penambahan xylan tongkol jagung 5% (berat xylan/berat pulp kering) meningkatkan indeks RCT 39,13% dan indeks CMT 17,44% terhadap blanko.

KESIMPULAN

Xylan tongkol jagung berpotensi untuk digunakan sebagai aditif pembuatan kertas menggantikan xylan komersial. Penggunaan xylan tongkol jagung pada lembaran kertas yang berasal dari KKG bekas dapat meningkatkan indeks tarik, indeks retak, indeks RCT dan indeks CMT. Penambahan xylan tongkol jagung 5% (berat xylan/berat kering pulp) dapat meningkatkan indeks tarik 13,08 %, indeks retak 9,24 %, indeks RCT 39,13% dan indeks CMT 17,44%

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar pulp dan Kertas (BBPK) yang telah mendanai penelitian ini melalui program DIPA tahun 2014. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Rina Masriani, Cucu, Nena Adrina Restu dan Mungki Septian Romas atas bantuannya dalam kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, I. (2013) 'Study of the mechanical behavior of recycled fibers. Applications to papers and paperboards. Contribution à l' étude du comportement mécanique des fibres recyclées. Applications aux support'.
- Cai, W., Chen, Q., Xie, L., Yang, L. and Zhang, R. (2015) 'Extraction, sulfonation and anticoagulant activity of xylan from corncob', *European Food Research and Technology*, 240(5), pp. 969–975. doi: 10.1007/s00217-014-2401-y.
- Casey, J. P. (1981) *Pulp and paper : chemistry and chemical technology*. Third. New York: Wiley-Interscience.
- Christiernin (2003) 'The effects of xyloglucan on the properties of paper made from bleached kraft pulp', *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 18(2), pp. 182–187. doi: 10.3183/NPPRJ-2003-18-02-p182-187.

- Danielsson, S. (2007) *Xylan Reactions in Kraft Cooking Process and Product Considerations Xylan Reactions in Kraft Cooking*. Royal Institute of Technology.
- Eduardo da Silva, A., Rodrigues Marcelino, H., Christine Salgado Gomes, M., Eleamen Oliveira, E., Nagashima Jr, T. and Sócrates Tabosa Egito, E. (2012) 'Xylan, a Promising Hemicellulose for Pharmaceutical Use', *Products and Applications of Biopolymers*, p. 232. doi: 10.5772/33070.
- Faculty, T. A., Brancato, A. A. and Fulfillment, I. P. (2008) 'Effect of Progressive Recycling on Cellulose Fiber Surface Properties Effect of Progressive Recycling on Cellulose Fiber', (December).
- Gandini, A. and Pasquini, D. (2012) 'The impact of cellulose fibre surface modification on some physico-chemical properties of the ensuing papers', *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V., 35(1), pp. 15–21. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.06.015.
- Julietta, B., Mariza, E. T., Maria, L., Fernando, E. and Song, W. (2014) 'Office paper recyclability: first recycling', 75(July), pp. 54–61.
- Köhnke, T., Brelid, H. and Westman, G. (2009) 'Adsorption of cationized barley husk xylan on kraft pulp fibres: Influence of degree of cationization on adsorption characteristics', *Cellulose*, 16(6), pp. 1109–1121. doi: 10.1007/s10570-009-9341-x.
- Köhnke, T. and Gatenholm, P. (2007) 'The effect of controlled glucuronoxylan adsorption on drying-induced strength loss of bleached softwood pulp.', *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 22(4), pp. 508–15. doi: 10.3183/NPPRJ-2007-22-04-p508-515.
- Kumar, S. and Negi, Y. S. (2012) 'Corn cob xylan-based nanoparticles: Ester prodrug of 5-aminosalicylic acid for possible targeted delivery of drug', *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(12), pp. 1995–2003.
- Mansoor, Z. A. (2012) *Xylan as Strength Enhancing Additive*. KTH Royal Institute of Technology. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:720752/FULLTEXT01.pdf>.
- Markström, H. (2005) *Testing Method and Instruments for Corrugated Board*. Sweden: L&W.
- Maximino, M. G., Taleb, M. C., Adell, A. M. and Formento, J. C. (2011) 'Application of hydrolytic enzymes and refining on recycled fibers', *Cellulose Chem Tech*, 45(5–6), pp. 397–403. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-83255191890&partnerID=40&md5=4559ab1c7938ee47a68a3c35f8f2b92b>.
- Nascimento, A. C., Candidate, M., Moreira, J. V and Candidate, M. (2011) 'The Influence Of Recycled Fiber In The Mechanical And Physical Properties Of Paper'.
- Patel, S. J. and Savanth, V. D. (2015) 'Review on fungal xylanases and their applications', *International Journal of Advanced Research*, 3(3), pp. 311–315.
- Petzold-Welcke, K., Schwikal, K., Daus, S. and Heinze, T. (2014) 'Xylan derivatives and their application potential - Mini-review of own results', *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd., 100, pp. 80–88. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.11.052.
- Purwita, C. A. and Septiningrum, K. (2012) 'Isolation of Corn cob Xylan Used as a Media to Produce Xylanase', in *Proceedings REPTech 2012*. Bandung, pp. 98–102.
- Šarčević, I., Banić, D. and Milčić, D. (2016) 'Evaluation of compressive test methods for paper using a mathematical model, based on compressive test for corrugated board', *Acta Graphica*, 27(1), pp. 47–50.
- Sheikhi, P., Asadpour, G., Zabihzadeh, S. M. and Amoe, N. (2013) 'An optimum mixture of Virgin bagasse pulp and recycled pulp (OCC) for manufacturing fluting paper', *BioResources*, 8(4), pp. 5871–5883. doi: 10.15376/biores.8.4.5871-5883.
- Sjoberg (2004) 'Fiber surface composition and its relations to papermaking properties of soda-anthraquinone and kraft pulps', *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 19(3), pp. 392–396. doi: 10.3183/NPPRJ-2004-19-03-p392-396.
- Sutjipto, E. R., Li, K., Pongpattanasuegsa, S. and Nazhad, M. M. (2008) *Effect of recycling on paper properties*, TAPSA. Available at: https://www.tapsa.co.za/archive3/Journal_papers/Effect_of_recycling_on_paper_p/effect_of_recycling_on_paper_p.html (Accessed: 1 June 2017).
- Whistler, R. (1950) 'Xylan', *Advances in carbohydrate chemistry*, pp. 269–290. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0096533208603410> (Accessed: 18 May 2017).
- Wirawan, S., Elyani, N. and Rostika, I. (2015) 'Peningkatan Mutu Serat Daur Ulang Kotak Karton Gelombang Bekas Menggunakan CMC', *Jurnal Selulosa*, 5(1), pp. 33–38. Available at: <http://jurnalselulosa.org/index.php/jselulosa/article/view/76> (Accessed: 16 June 2017).