

Pengaruh Kondisi Proses terhadap Kuat Tarik Pulp pada Pembuatan Pulp Rumput Perimping dengan Pelarut Organik Asam Formiat

Edi Susanto, Zuchra Helwani, Zulfansyah*

Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

*E-mail: zulfansyah@lecturer.unri.ac.id

Abstract

Perimping grass is one of lignocellulosic material which has not been fully utilized, so it is potential to be used as raw material for pulping which will provide economic value added. Organosolv pulping is the process of pulp making using organic solution. The objectives of this research is to study effect of the process conditions on tensile index. Effect of the process conditions were studied by Response Surface Methodology (RSM) with Central Composite Design (CCD). The experiment pulping is carried out at the boiling temperature of liquor at atmospheric pressure, with 40 grams of perimping grass using formic acid (concentrations of 60%, 70%, and 80%), reaction time (60 minutes, 120 minutes, and 180 minutes), liquid to solid ratio (10/1, 15/1, and 20/1 b/b), with HCl catalyst 0.1% wt. The result pulp of the perimping grass for tensile index is 659.3-2.1149 N m/g. The variable interaction (concentration of formic acid and reaction time) is a significant factor to the pulp tensile index.

Keywords: formic acid, organosolv pulping, perimping grass, RSM, tensile index

1. Pendahuluan

Produksi pulp di Indonesia tahun 2015 mencapai 7,9 ton, dan pada tahun 2017 diperkirakan sekitar 10 juta ton. Peningkatan produksi pulp tersebut berdampak pada ketersediaan bahan baku kayu. Kebutuhan bahan baku pada tahun 2017 akan mencapai 45 juta m³, naik 27,5% dari tahun lalu yang mencapai 35,3 juta m³ [Kemenperin, 2016]. Sementara ketersediaan bahan baku kayu cenderung berkurang karena deforestasi. Tanaman non-kayu yaitu rumput-rumputan memiliki siklus pertumbuhan yang lebih singkat, jika dibandingkan dengan kayu [Madakadze *et al.*, 2010]. Oleh karena itu, penggunaan bahan baku non-kayu sebagai bahan baku alternatif pulp dapat mengatasi kurangnya pasokan kayu tersebut.

Salah satu jenis rumput yang dapat digunakan sebagai alternatif kayu adalah rumput perimping. Rumput perimping adalah bahan berlignoselulosa, sehingga dapat dijadikan bahan baku pembuatan pulp. Rumput perimping banyak ditemukan di daerah tropis sebagai tanaman liar, karena pertumbuhan dan penyebaran yang cepat sering menjadikannya hama bagi lahan pertanian. Jadi, penggunaan rumput perimping sebagai bahan baku alternatif pulp dapat menjadi solusi bagi lahan pertanian dan juga dapat meningkatkan nilai tambah ekonomi.

Organosolv *pulping* adalah proses pembuatan pulp menggunakan pelarut organik sebagai media pemrosesan. Metode ini akan digunakan untuk mengkonversi

rumput perimping menjadi pulp. Organosolv *pulping* dipilih karena menggunakan sedikit energi, bahan kimia, dan proses ini relatif ramah lingkungan dibanding proses Kraft. Keunggulan lain, proses organosolv adalah proses hidrolisis dan delignifikasi terjadi secara bersamaan dalam satu tahap proses [Jimenez *et al.*, 2008].

Pemanfaatan rumput perimping sebagai bahan baku pembuatan pulp belum pernah dilakukan. Karena itu, pembuatan pulp dari rumput perimping menggunakan larutan organik asam formiat, akan menjadi salah satu upaya pemanfaatan rumput perimping dengan produk yang bernilai ekonomis. Sehingga dapat meningkatkan nilai guna dari rumput perimping. Upaya ini diharapkan akan menjadi solusi bagi kurangnya pasokan bahan baku industri pulp.

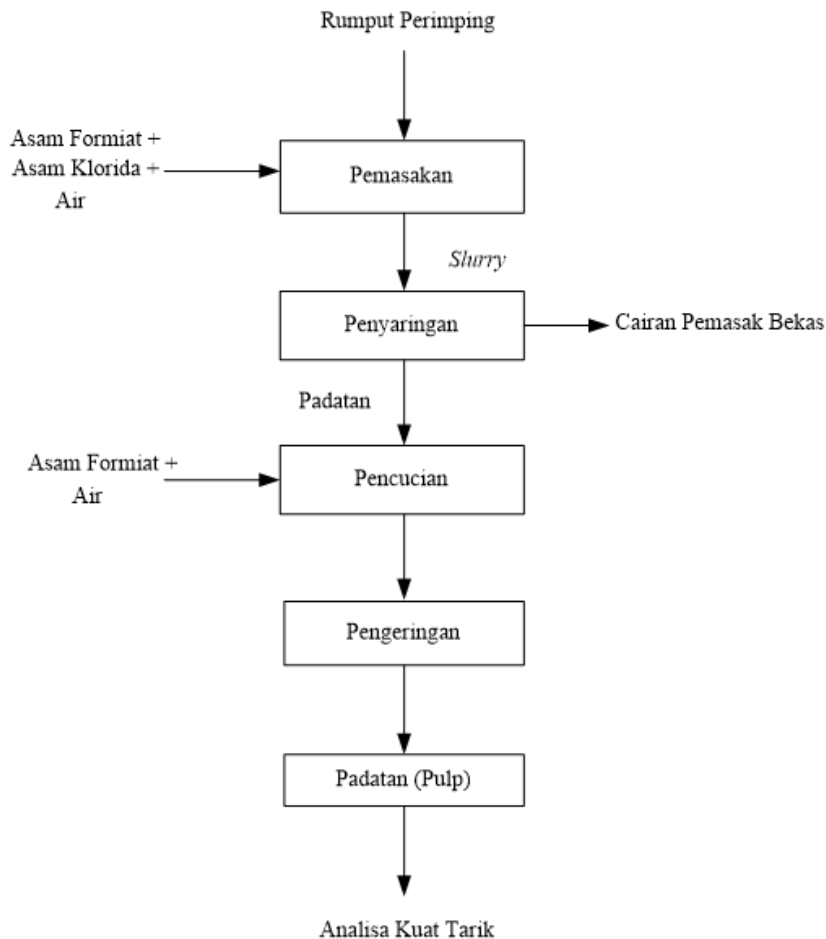
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi proses terhadap kuat tarik pulp pada proses pembuatan pulp dari rumput perimping. Interaksi antar variabel pada penelitian ini akan dipelajari dengan RSM. Data dari penelitian ini dapat memberikan informasi untuk pengembangan pembuatan pulp dari rumput perimping.

2. Metodologi

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput perimping dengan asam formiat sebagai cairan pemasak, dan katalis yang digunakan yaitu HCl. Perlakuan awal yang diberikan pada rumput perimping yaitu ukurannya

diseragamkan dengan cara dipotong-potong ± 2 cm. Kemudian, dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar air mencapai $\pm 10\%$. Percobaan pembuatan pulp dilakukan dalam reaktor 1 liter, yang dilengkapi

dengan pemanas listrik dan pendingin balik. Diagram alir percobaan pembuatan pulp rumput perimping dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Percobaan Pembuatan Pulp Rumput Perimping

Tahapan percobaan meliputi pemasakan, penyaringan, pencucian padatan, pengeringan, dan analisa kuat tarik pulp. Rancangan percobaan dilakukan berdasarkan CCD, dengan 20 tempuhan percobaan dan satu replikasi. Pengaruh variabel terhadap respon dimodelkan dengan persamaan polinomial orde 2. Data hasil analisa variasi akan diolah menggunakan STATISTICA 12.5.

Kondisi proses cairan pemasak yang digunakan berupa konsentrasi asam formiat 60%, 70%, dan 80%, aquades dan katalis HCl 0,1% berat dengan bahan baku sebanyak 40 gram. Waktu reaksi yang digunakan 60 menit, 120 menit, dan 180 menit dengan nisbah cairan-padatan 10/1, 15/1, dan 20/1 b/b. Padatan (pulp) hasil percobaan diuji kuat tariknya dengan metode TAPPI T 494 om-01. Pengambilan data untuk pengujian dilakukan pengulangan

sebanyak 2 kali (duplo), untuk meminimalkan error akibat keadaan yang berubah-ubah.

3. Hasil dan Pembahasan

Komposisi kimia rumput perimping yang digunakan dalam penelitian ini adalah selulosa 43%, hemiselulosa 26%, dan lignin 18% dengan kadar air 8,5%. Kadar selulosa rumput perimping lebih tinggi jika dibandingkan kadar selulosa rumput gajah 40% dan tandan kosong sawit 40,50%. Kemudian, kadar hemiselulosa rumput perimping lebih rendah jika dibandingkan kadar hemiselulosa rumput gajah 30%, namun lebih tinggi jika dibandingkan kadar hemiselulosa tandan kosong sawit 24,60%. Sedangkan, kadar lignin rumput perimping lebih tinggi jika dibandingkan kadar lignin rumput gajah 17,70%, namun lebih rendah jika dibandingkan kadar lignin tandan

kosong sawit 22% [Madakadze *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2013]. Rumput perimping juga memiliki komposisi kimia yang mendekati

atau hampir sama dengan *hardwood* dan *softwood* seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia dari Berbagai Biomassa

Bahan	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
<i>Hardwood</i>	43-47	25-35	16-24
<i>Softwood</i>	40-44	25-29	25-31
Limbah pertanian (Tongkol jagung)	45,00	35,00	15,00
Limbah perkebunan (Tandan kosong sawit)	40,50	24,60	22,00
Tanaman serat (Kapas)	95,00	2,00	1,00
Rumput-rumputan (Rumput gajah)	40,00	30,00	17,70
Rumput Perimping (Penelitian ini)	43,00	26,00	18,00

Sumber: Sixta, 2006; Madakadze *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2013; Penelitian ini

Hasil anova polinomial orde 2 seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Nilai F perhitungan dibandingkan dengan nilai F (α , df_1 , df_2) dari tabel dengan tingkat probabilitas $\alpha = 0,05$, sedangkan df

merupakan derajat kebebasan. Jika hasil perhitungan $F_0 > F_{(0,05,9,30)}$ maka hipotesis H_0 ditolak. Hasil F_0 untuk kuat tarik pulp lebih besar dari F_{tabel} maka hipotesis H_0 ditolak.

Tabel 2 Hasil ANOVA

Factor	SS	df	MS	F	P
(1)konsentrasi asam formiat (%) (L)	14.330,4596	1	14.330,4596	0,0985	0,7563
konsentrasi asam formiat (%) (Q)	68.734,5982	1	68.734,5982	0,4723	0,4982
(2)waktu (min) (L)	397.062,896	1	397.062,896	2,7286	0,1111
waktu (min) (Q)	3.968,1749	1	3.968,1749	0,0273	0,8702
(3)nisbah cairan-padatan (b/b) (L)	499.596,181	1	499.596,181	3,4331	0,0757
nisbah cairan-padatan (b/b) (Q)	120.155,017	1	120.155,017	0,8257	0,3722
1L by 2L	931.659,301	1	931.659,301	6,4022	0,0181
1L by 3L	267.004,726	1	267.004,726	1,8348	0,1877
2L by 3L	397.814,026	1	397.814,026	2,7337	0,1108
Lack of Fit	295.317,178	5	59.063,4355	0,4059	0,8401
Pure Error	3.638.031,1	25	145.521,244		
Total SS	6.627.526,76	39			
	$R^2 = 0,4065$			$R^2 (adj) = 0,2285$	
	$F_0 = 2,2831$			$F_{tabel} = 2,16$	

Nilai R^2 untuk kuat tarik pulp adalah 0,4065. Nilai R^2 yang tidak terlalu tinggi diperoleh untuk kuat tarik pulp menunjukkan bahwa variabel independen kurang mampu dalam menjelaskan varian dari variabel dependen (yang berarti bahwa variabel bebas tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tarik pulp). Nilai R^2 untuk kuat

tarik pulp yang rendah ($<0,5$), kemungkinan karena varians error besar (mengindikasikan terdapat variasi data yang relatif besar). Variasi data yang relatif besar terdapat pada bagian *handsheet* pulp.

Persamaan empiris 1 merupakan persamaan untuk kuat tarik pulp.

$$Y = 1533,3603 - 22,9040X_1 + 120,5690X_2 + 135,2370X_3 - 48,8250X_1^2 + 11,7330X_2^2 - 64,5540X_3^2 - 241,3060X_1X_2 + 129,1810X_1X_3 + 157,6810X_2X_3 \quad (1)$$

Dengan,

Y = Respon kuat tarik pulp

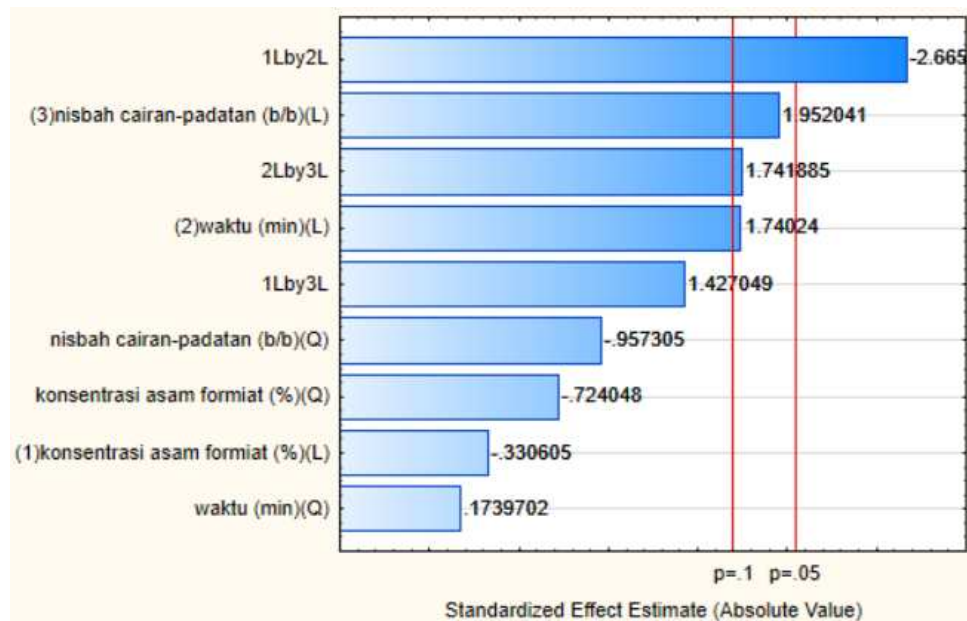
X_1 = Konsentrasi asam formiat (%)

X_2 = Waktu (menit)

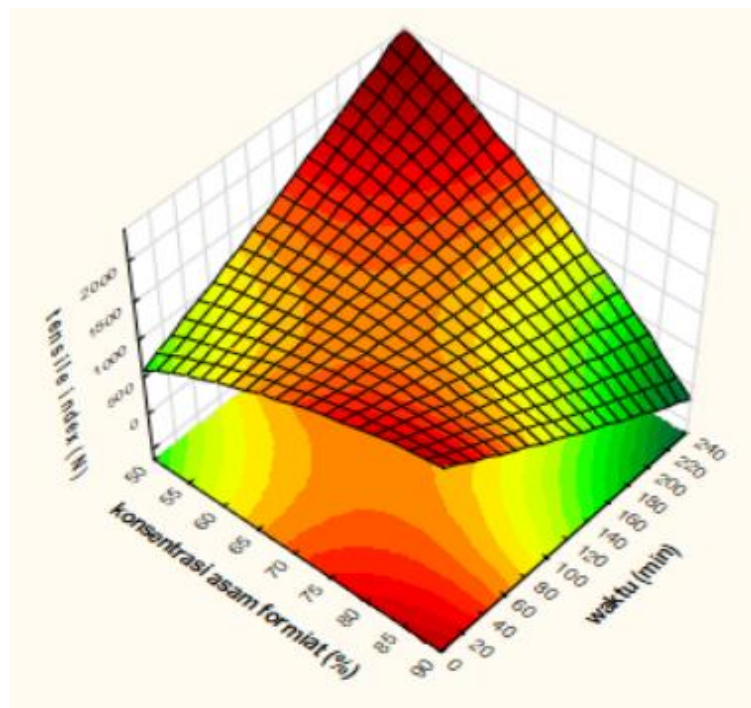
X_3 = Nisbah cairan-padatan (b/b)

Kuat tarik pulp hanya dipengaruhi interaksi antar variabel (konsentrasi asam formiat dan waktu reaksi) dengan tingkat signifikansi

95%, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Sedangkan pada tingkat signifikansi 90% faktor yang berpengaruh bertambah, yaitu interaksi antar variabel (konsentrasi asam formiat dan waktu reaksi), nisbah cairan-padatan, interaksi antar variabel (waktu reaksi dan nisbah cairan-padatan), dan waktu reaksi. Jika ingin meningkatkan faktor-faktor berpengaruh, maka tingkat signifikansi perlu diturunkan $<90\%$.



Gambar 2. Pareto Chart untuk Respon Kuat Tarik Pulp



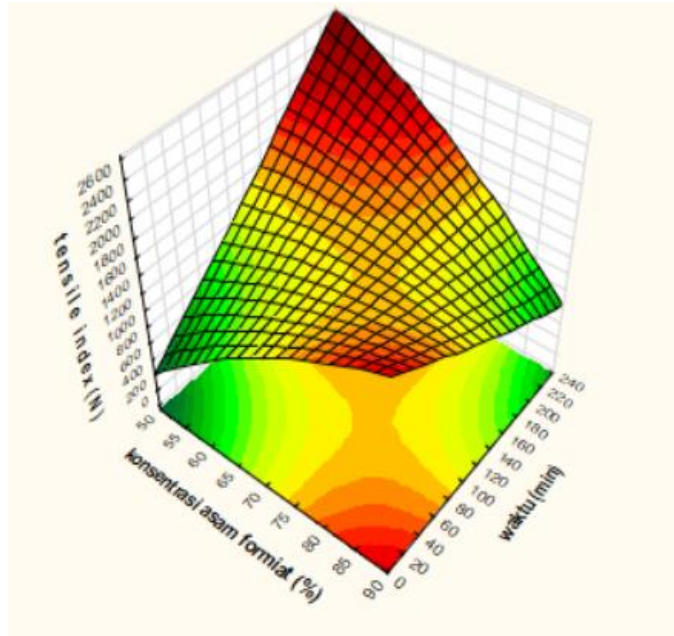
Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Asam Formiat dan Waktu Reaksi terhadap Kuat Tarik Pulp Pada Nisbah Cairan-Padatan 10/1

Nilai kuat tarik pulp menurun ketika konsentrasi asam formiat meningkat pada nisbah cairan-padatan 10/1 dan 20/1, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 dan 5. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian dari Lam *et al.* [2001], yang menyebutkan terjadinya penurunan nilai kuat tarik pulp ketika konsentrasi asam formiat meningkat. Sedangkan untuk nilai kuat tarik pulp dengan nisbah cairan-

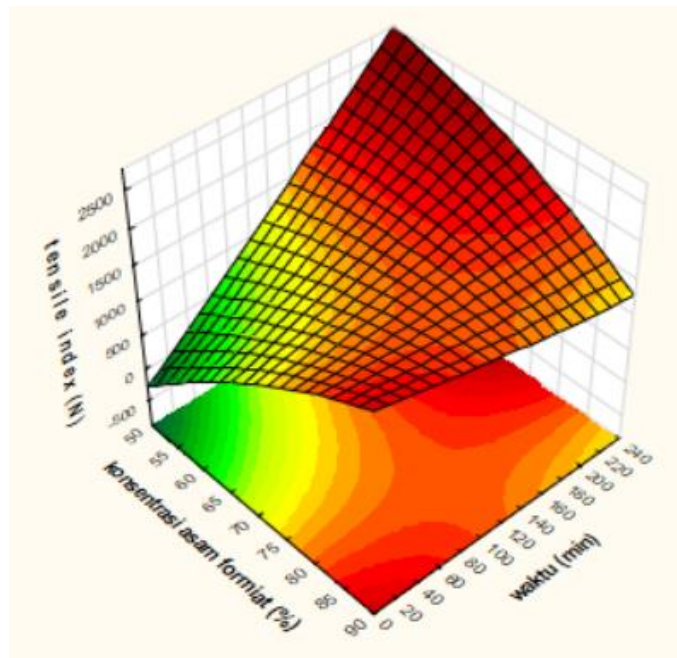
padatan 15/1 terjadi peningkatan ketika waktu reaksi meningkat, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4. Hasil tersebut sebagian sesuai dengan hasil penelitian dari Moral *et al.* [2015], yang menyebutkan semakin meningkat waktu reaksi maka terjadi peningkatan pada kuat tarik pulp. Sebagian hasil yang berbeda disebabkan oleh kondisi proses, penggunaan pelarut, dan jenis biomassa yang digunakan.

Asam formiat konsentrasi tinggi menurunkan nilai kuat tarik pulp, karena menghasilkan ikatan hidrogen langsung antar gugus hidroksil molekul selulosa [Lam *et al.*, 2001]. Sedangkan untuk nilai kuat tarik pulp yang meningkat dengan lama

waktu reaksi, Moral *et al.* [2015] menyebutkan bahwa derajat polimerisasi yang tinggi tidak langsung diartikan pada sifat fisik pulp yang rendah. Karena ikatan antar serat yang lebih kuat terbentuk dan tidak mudah putus.



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Asam Formiat dan Waktu Reaksi terhadap Kuat Tarik Pulp Pada Nisbah Cairan-Padatan 15/1



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Asam Formiat dan Waktu Reaksi terhadap Kuat Tarik Pulp Pada Nisbah Cairan-Padatan 20/1

Nilai kuat tarik pulp yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 659,3-2149 N m/g. Kuat tarik pulp tertinggi diperoleh pada 2 kondisi proses yaitu waktu reaksi

180 menit, konsentrasi asam formiat 60% pada saat nisbah cairan-padatan 10/1 dan 20/1. Kuat tarik pulp rumput perimping secara keseluruhan memiliki nilai yang tinggi,

sehingga mungkin dapat dijadikan produk dengan bahan dasar yang membutuhkan kuat tarik pulp dengan nilai tinggi.

4. Kesimpulan

Interaksi antar variabel (konsentrasi asam formiat dan waktu reaksi) merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kuat tarik pulp. Nisbah cairan-padatan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tarik pulp. Nilai tertinggi untuk kuat tarik pulp yang diperoleh pada penelitian ini adalah 2.149 N m/g.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Indah Kiat *Pulp & Paper* (IKPP) khususnya R&D *Pulping Section* atas izin penggunaan fasilitas untuk pengujian hasil pulp pada penelitian ini. Kemudian, kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dan membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

- Bierman, C.J. 1996. *Handbook of Pulping and Paper Making*, 2nd edn. USA: Academic Press.
- Dapia, S., Santos, V., & Parajo, J.C. 2002. Study of Formic Acid as an Agent for Biomass Fractionation. *Biomass and Bioenergy*. 22: 213-221.
- Ferrer, A., Vega, A., Ligeró, P., & Rodríguez, L. 2011. Pulping of Empty Fruit Bunch (EFB) from The Palm Oil Industry by Formic Acid. *Bioresources*. 6(4): 4282-4301.
- Hong, J.Y., Kim, Y.S., & Oh K.K. 2013. Fractionation and Delignification of Empty Fruit Bunches With Low Reaction Severity for High Sugar Recovery. *Bioresource Technology*. 12: 176-183.
- Jahan, M.S., Lee, Z.Z., & Jin, Y. 2005. Organic Acid Pulping of Rice Straw. I: Cooking. *Turk J Agric*. 30: 231-239.
- Jahan, M.S., Chowdhury, D.A.N., & Islam, MK. 2007. Atmospheric Formic Acid Pulping and TCF Bleaching of Dhaincha (*Sesbania aculeata*), Kash (*Saccharum spontaneum*) and Banana Stem (*Musa Cavendish*). *Industrial Crops and Products*. 26: 324-331.
- Jimenez, L., Rodriguez, A., Serrano, L., & Moral, A. 2008. Organosolv Ethanolamine Pulping of Olive Wood Influence of The Process Variables on The Strength Properties. *Biochemical Engineering Journal*. 39: 230-235.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2016. Kapasitas Produksi Kertas dan Bubur Kayu Bakal Naik di 2017. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/8421/Kapasitas-Produksi-Kertas-dan-Bubur-Kayu-Bakal-Naik-di2017>. Diakses 20 Oktober 2016.
- Lam, H.Q., Bigot, Y.L., Delmas, M., & Avignon, G. 2001. Formic Acid Pulping of Rice Straw. *Industrial Crops and Products*. 14: 65-71.
- Madakadze, I.C., Masamvu, T.M., Radiotis, T, Li J., & Smith, D.L. 2010. Evaluation of Pulp and Paper Making Characteristics of Elephant Grass (*Pennisetum purpureum* Schum) and Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *African Journal of Environmental Science and Technology*. 4(7): 465-470.
- Montgomery, D.C. 1997. *Design and Analysis of Experiments*, 5rd edn. New York: John Wiley & Sons.
- Moral, A., Aguado, R., Mutjé, P., & Tijero, A. 2015. Papermaking Potential of Citrus Sinensis Trimmings using Organosolv Pulping, Chlorine-Free Bleaching and Refining. *Journal of Cleaner Production*. 112: 980-986.
- Sastrapradja, S dan Afriastini, J.J. 1980. *Jenis Rumput Dataran Rendah*. Bogor: Lembaga Biologi Nasional, LIPI.
- Sixta, H. 2006. *Handbook of Pulp*, Vol. 1. Germany: Willey VCH.