

PENGARUH UKURAN BAHAN BAKU ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*) DAN WAKTU HIDROLISIS PADA PROSES PEMBUATAN KERTAS

Mifthahul Jannah¹⁾, Kusyanto^{2,*}, dan Harjanto³⁾

^{1,2)} Program Studi Petro dan Oleo Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Kota Samarinda, Indonesia

¹³⁾ Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Kota Samarinda, Indonesia

^{*)} Email : yanto_koes@yahoo.com

(Received : 15-09-2023; Revised: 25-09-2023; Accepted: 30-09-2023)

Abstrak

Populasi eceng gondok yang mengganggu wilayah perairan dapat dikurangi dengan memanfaatkan eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan kertas dikarenakan eceng gondok memiliki kadar selulosa sebesar 24,5% yang berpotensi dapat menghasilkan kertas dengan kualitas yang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran bahan baku dan waktu hidrolisis pada proses pembuatan kertas yang sesuai dengan ISO 11108:1996 dan SNI 0698:2010 dengan memvariasikan ukuran bahan baku eceng gondok yaitu -18 mesh, 1-2 cm, dan utuh serta waktu hidrolisis selama 30, 60, 90, 120, 150 menit dengan menggunakan metode pemanasan refluks. Diperoleh waktu hidrolisis dan ukuran bahan baku optimum adalah pada waktu 150 menit dan variasi ukuran bahan baku utuh dengan kandungan selulosa sebesar 56,83%, kadar air sebesar 6,01%, dan ketahanan sobek kertas sebesar 1856,79 mN.

Kata kunci: Eceng gondok (*Eichornia crassipes*), Kertas, Selulosa

Abstract

Hyacinth populations that disturb water areas can be reduced by utilizing water hyacinths as raw materials for papermaking because hyacinths have a cellulose content of 24.5% which has the potential to produce good quality paper. The purpose of this study is to determine the effect of raw material size and hydrolysis time on the papermaking process in accordance with ISO 11108: 1996 and SNI 0698: 2010 by varying the size of water hyacinth raw materials namely 0.1 cm, 1-2 cm, and utuh and hydrolysis time of 30, 60, 90, 120, 150 minutes using the reflux heating method. The optimum hydrolysis time and raw material size were obtained at 150 minutes and a variation in the size of the raw material of utuh with a cellulose content of 56.83%, moisture content of 6.01%, and paper tear resistance of 1856.79 mN.

Keywords: Cellulose, Hyacinth (*Eichornia crassipes*), Paper

PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tanaman gulma di wilayah perairan yang hidup terapung pada air yang dalam dan mengembangkan perakaran didalam lumpur pada air yang dangkal. (Nata, 2013). International United for Conservasion of Nature (IUCN) telah mengklasifikasi eceng gondok sebagai salah satu dari seratus spesies tanaman invansif atau memiliki pengaruh terhadap habitat yang ditinggalinya, yaitu dapat berkembang dan menyebar dengan cepat (Amriani dkk., 2016). Hasil penelitian Badan Pengendalian

Dampak Lingkungan Sumatera Utara di Danau Toba melaporkan bahwa satu batang eceng gondok dalam waktu 52 hari mampu berkembang seluas 1 m², atau dalam waktu satu tahun mampu menutup area seluas 7 m². Pertumbuhan eceng gondok perlu diperhatikan demi menekan jumlah eceng gondok yang kian meningkat agar eceng gondok tidak hanya menjadi gulma tetapi juga dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis.

Populasi eceng gondok yang mengganggu wilayah perairan dapat dikurangi dengan memanfaatkan serat eceng gondok sebagai bahan baku kerajinan tangan, menjadi pakan ternak, briket biomassa, dan sebagai bahan baku pulp untuk pembuatan kertas. Eceng gondok dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan kertas yang bernilai ekonomis dikarenakan eceng gondok mengandung selulosa sebesar 24,5%, hemiselulosa 34,1% dan lignin 8,6% (Tao,dkk.,2016). Sehingga diharapkan eceng gondok dapat menghasilkan pulp dengan kualitas yang baik. Pulp adalah hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat (kayu maupun non kayu) melalui berbagai proses pembuatannya (mekanis, semikimia dan kimia). Pulp terdiri dari serat-serat (selulosa dan hemiselulosa) sebagai bahan baku kertas. Bahan baku dasar pembuatan pulp adalah selulosa dalam bentuk serat dan hampir semua tumbuhan yang mengandung selulosa dapat dipakai sebagai bahan baku pembuatan pulp.

Penelitian dari Zulfikar (2020) dengan judul Pengaruh Waktu Alkalisasi pada Ekstraksi Selulosa Berbasis Serat Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). Metode penelitian ini adalah ekstraksi selulosa dengan alkalisasi menggunakan larutan NaOH berkonsentrasi 17,5 % dengan variasi waktu selama alkalisasi selama 20 menit, 40 menit, 60 menit. Adapun hasil optimum yang didapatkan adalah dengan waktu alkalisasi 20 menit yang dapat menghasilkan 53,2% selulosa serta 27,6% hemiselulosa dan 0.3 % lignin. Adapun penelitian dari Tulak, dkk (2022) dengan judul Pengaruh Waktu Pemanasan dan Konsentrasi Larutan Pemasak Terhadap Kualitas Pulp dari Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). Dalam penelitian ini bahan yang digunakan sebagai pemasak adalah larutan NaOH dengan konsentrasi 7%, 9%, 11% dan waktu hidrolisis 90, 120, 150 menit. Adapun parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah rendemen (% yield), kadar air dan kekuatan fisik pulp. Pada penelitian ini diperoleh konsentrasi dan waktu waktu hidrolisis optimum yaitu pada konsentrasi 7% dan waktu 90 menit dengan perolehan %yield sebesar 17,167%, kadar air 9,615%, kekuatan tarik (force) 2,547 kN/m dan tegangan 2,461 Mpa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran bahan baku dan waktu hidrolisis pada proses pembuatan kertas yang sesuai dengan ISO 11108:1996 dan SNI 0698:2010

METODOLOGI

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, neraca analitik, perangkat gelas, alat maserasi, Hot plate, Rotary Vacuum Evaporator, screening mesh 20 dan 70, spektrofotometer UV-Vis. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Bawang dayak, etanol 70%, n-heksan, Aluminium klorida 1%, Asam asetat 1M, aquades, kuersetin.

Proses pembuatan kertas dari eceng gondok memiliki beberapa tahapan. Pada tahap awal Sampel eceng gondok dibersihkan dan dipisahkan antara bagian daun, tangkai dan akarnya. Lalu batang eceng gondok yang sudah dibersihkan dan pisahkan dari bagian daun dan akarnya kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian ukuran eceng gondok dikecilkan sesuai dengan variasi pada penelitian ini, yaitu -18 mesh, 1-2 cm, utuh. Setelah itu dilakukan proses delignifikasi dengan pelarut NaOH untuk menghilangkan kandungan lignin agar diperoleh kandungan selulosa yang tinggi dengan metode reflux. Lalu proses hidrolisis dimulai dengan menimbang sampel eceng gondok sebanyak sebanyak 30 g. Menambahkan larutan NaOH sebanyak 500 ml dengan konsentrasi 17.5% kedalam masing-masing wadah sampel. Memasukkan sampel kedalam labu leher untuk proses hidrolisis dengan waktu hidrolisis selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan suhu hidrolisis 100°C. Setelah proses hidrolisis, pulp yang dihasilkan dicuci dengan aquadest. Lalu sampel dioven pada suhu 105 °C sampai berat konstan. Pulp yang dihasilkan kemudian dianalisa kadar air dan kadar selulosa serta dicetak menjadi lembaran kertas kemudian dijemur dibawah sinar matahari. Lembaran kertas yang telah dicetak kemudian diuji ketahanan sobeknya.

Parameter Penelitian

Kadar Air

Cawan petri dipanaskan selama 30 menit kedalam oven pada suhu 105°C, lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang bobot kosongnya. Timbang 1 gram pulp dalam cawan yang telah diketahui bobotnya, lalu dipanaskan pada suhu 105°C selama 2 jam. Cawan yang berisikan sampel dimasukkan kedalam desikator, lalu ditimbang bobotnya hingga didapatkan bobot yang konstan. Dilakukan pekerjaan secara duplo.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m1 - m2}{\text{massa sampel awal}} \times 100\%$$

Kadar Selulosa (Metode SNI 14-0444-1989)

Menimbang sebanyak 3 gram pulp kering, lalu dimasukkan ke dalam beaker glass. Membasahi pulp dengan 15 mL NaOH 17,5 % dan mengaduk selama 1 menit. Menambahkan 10 mL NaOH 17,5 % dan mengaduk selama 45 detik. Menambahkan 10 mL NaOH 17,5 % berikut dengan pengadukan 15 detik. Mendinginkan campuran tersebut selama 3 menit. Menambahkan lagi 10 mL NaOH 17,5 % dan mengaduk selama 10 menit. Melakukan penambahan 3x dengan menggunakan NaOH 17,5 % sebanyak 10 mL setelah 2,5 ; 5 ; 7,5 menit. Mendinginkan selama 30 menit dalam keadaan tertutup. Menambahkan 100 mL aquadest dan mendinginkan selama 30 menit. Menyaring dan mengambil endapannya. Mencuci endapannya dengan menggunakan 50 mL aquades sebanyak 5 kali. Menambahkan 12,5 asam asetat 2 N dan mengaduk selama 5 menit. Mencuci dengan aquades sampai bebas asam, menguji dengan kertas lakmus. Mengeringkan endapan dalam oven pada suhu 105°C selama 60 menit, kemudian masukkan kedalam desikator dan menimbang sampai beratnya konstan.

$$\text{Kadar selulosa (\%)} = \frac{\text{massa endapan}}{\text{massa sampel awal}} \times 100\%$$

Uji Ketahanan Sobek (Zellcheming : Merkblatt V/12/19657)

Disiapkan alat pada kedudukan awal dan jarum penunjuk pada angka nol. Lembaran kertas dipotong dengan ukuran 6,5 cm x 5,5 cm, lalu dipasang pada alat penjepit dan dilakukan penyobekan awal. Alat penahan bandulan diputar, sehingga bandulan mengayun-ayun bebas dan menyobek kertas. Bandul ditahan tanpa mengganggu jarum penunjuk skala.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa pada pulp yang dihasilkan disajikan pada tabel 1.

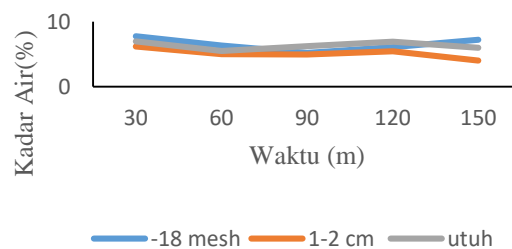
Tabel 1. Data hasil penelitian

Variasi Ukuran	Waktu (menit)	Kadar Air (%)	Kadar Selulosa (%)	Ketahanan Sobek (mm)
-18 mesh	30	7,75	42,63	418,43
	60	6,35	48,39	669,49
	90	5,22	54,11	638,10
	120	6,07	63,44	549,19
	150	7,25	66,3	706,10
1-2 cm	30	6,17	38	1202,99
	60	5,03	46,3	1150,68
	90	4,95	50,82	1046,48
	120	5,46	53,54	1098,38
	150	4,02	56,99	1516,82

utuh	30	6,98	30,39	836,86
	60	5,49	40,36	1046,08
	90	6,23	44,92	1584,81
	120	6,95	50,29	1673,72
	150	6,01	56,83	1856,79

Pengaruh Variasi Ukuran Bahan Baku dan Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Air

Gambar 1 menunjukkan kadar air pada pulp dengan variasi ukuran baku -18 mesh, 1-2 cm, dan utuh serta waktu hidrolisis 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Kadar air pada pulp mengalami penurunan pada waktu hidrolisis 60 menit dan mengalami peningkatan pada waktu hidrolisis 90 menit dan mengalami penurunan kembali pada waktu hidrolisis 150 menit. Pada variasi ukuran bahan baku -18 mesh peningkatan kadar air terjadi pada waktu 120 menit. Kondisi kadar air yang berubah-ubah terjadi karena pengaruh ukuran bahan baku, proses pemanasan, serta media yang digunakan pada saat delignifikasi. Proses pembilasan atau pencucian terhadap pulp yang bertujuan untuk menghilangkan larutan pemasak NaOH juga berpengaruh terhadap kadar air yang terkandung didalam pulp. Kadar air yang tinggi tidak baik untuk pulp, hal ini disebabkan karena kadar yang tinggi dapat mempengaruhi viskositas pulp dan menyebabkan kualitas pulp menurun (Saleh, 2009).



Gambar 1 Pengaruh Variasi Ukuran Bahan Baku dan Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Air

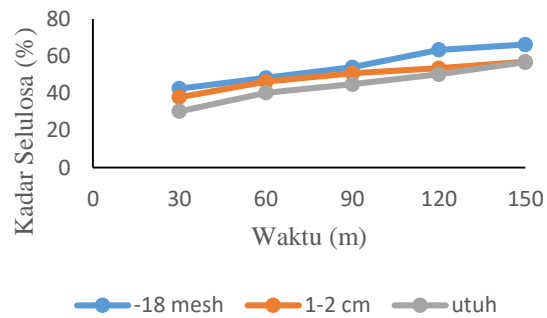
Kadar air terendah ditunjukkan pada variasi ukuran 1-2 cm pada waktu hidrolisis 150 menit sebesar 4,02% dan kadar air tertinggi ditunjukkan pada variasi ukuran bahan baku -18 mesh pada waktu hidrolisis 30 menit yaitu sebesar 7,75 %. Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang besar memiliki celah yang besar antarpartikel, sehingga celah yang besar antarpartikel, sehingga kerapatan lebih rendah. Kondisi ini mengakibatkan pada saat proses pengeringan, air lebih mudah menguap dari celah pori-pori sehingga pada saat dilakukan pengujian, kadar air yang tersisa tinggal sedikit dibandingkan dengan yang celah antarpartikelnya lebih kecil, tentunya kerapatannya lebih tinggi. (Jaswella, dkk 2022)

Menurut standar SNI 0698:2010 kadar air dalam pulp maksimal sebesar 10%. Berdasarkan pada data pengamatan penelitian diatas menunjukkan presentase kadar air pada pulp telah memenuhi standar SNI 0698:2010. Menurut Herlina, (2017), jika suatu bahan mengandung kadar air tinggi maka pulp yang dihasilkan juga tidak akan baik, karena kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas pulp kertas dan mempercepat proses tumbuhnya mikroba dalam pulp tersebut, selain itu kertas akan cepat rusak.

Pengaruh Variasi Ukuran Bahan Baku dan Waktu Hidrolisis Terhadap Kandungan Selulosa

Kandungan selulosa yang didapatkan pada variasi ukuran -18 mesh dan waktu 30 menit sebesar 42,63%, 60 menit sebesar 48,39%, 90 menit sebesar 54,11%, 120 menit sebesar 63,44 dan 150 menit sebesar 66,3 %. Kandungan selulosa tertinggi diperoleh pada waktu hidrolisis 150 menit, yaitu sebesar 66,3%. Kadar selulosa yang didapatkan pada waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit dan variasi ukuran -18 mesh telah memenuhi standar SNI 0698:2010 yaitu minimal 40 %.

Kandungan selulosa yang didapatkan pada variasi 1-2 cm dan waktu hidrolisis 30, 60, 90, 120 dan 150 menit berkisar antara 38% dan 56,99%. Pada waktu hidrolisis 30 menit didapatkan kadar selulosa sebesar 38%, kadar selulosa pada waktu hidrolisis selama 30 menit belum memenuhi standar SNI 0698:2010 yaitu minimal 40%. Oktaveni (2009) menyatakan bahwa penambahan waktu hidrolisis mempengaruhi proses delignifikasi. Waktu hidrolisis yang dilakukan sebelum 1 jam pulp belum terbentuk. Untuk waktu hidrolisis diatas 5 jam selulosa akan terdegradasi. (Wibisono, dkk.,2011).



Gambar 2 Pengaruh variasi ukuran bahan baku dan waktu hidrolisis terhadap kandungan selulosa

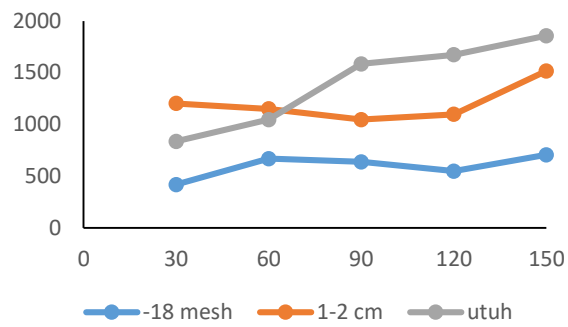
Pada variasi ukuran bahan baku utuh didapatkan kadar selulosa pada waktu hidrolisis 30 menit sebesar 30,39%, 60 menit sebesar 40,36%, 90 menit sebesar 44,92%, 120 menit sebesar 50,29% dan 150 menit sebesar 56,83%. Perolehan kadar selulosa pada waktu 30 menit belum memenuhi standar SNI 0698:2010 yaitu minimal 40 %. Sama seperti perolehan kadar selulosa pada variasi ukuran bahan baku 1-2 cm, hal ini juga dipengaruhi oleh waktu hidrolisis. Waktu hidrolisis yang dilakukan sebelum 1 jam pulp belum terbentuk. Untuk waktu hidrolisis diatas 5 jam selulosa akan terdegradasi (Wibisono, dkk.,2011).

Pada waktu hidrolisis 30 menit kadar selulosa yang dihasilkan lebih rendah dari kadar selulosa variasi ukuran bahan baku -18 mesh dan variasi ukuran bahan baku 1-2 cm. Pada variasi ukuran bahan baku -18 mesh didapatkan kadar selulosa sebesar 42,63%, pada variasi ukuran bahan baku 1-2 cm didapatkan kadar selulosa sebesar 38% dan pada variasi ukuran bahan baku utuh yaitu sebesar 30,39%. Hal ini menunjukkan peningkatan kadar selulosa dengan semakin mengecilnya ukuran bahan baku. Menurut Lachman, dkk. (1986) semakin kecil ukuran partikel, maka pelarut akan lebih mudah berdifusi kedalam jaringan bahan sehingga proses penarikan senyawa dari bahan lebih efektif. Dalam penelitian ini waktu hidrolisis berpengaruh terhadap peningkatan kadar selulosa disetiap variasi bahan baku. Peningkatan kadar selulosa dikarenakan menurunnya kadar lignin akibat proses delignifikasi (Trisanti, dkk., 2015)

Pengaruh Variasi Ukuran Bahan Baku dan Waktu Hidrolisis Terhadap Ketahanan Sobek Kertas

Berdasarkan hasil penelitian pada uji ketahanan sobek kertas dari eceng gondok dengan penambahan perekat kanji, diketahui bahwa ketahanan sobek paling tinggi pada variasi ukuran bahan baku utuh dan waktu hidrolisis 150 menit dengan kekuatan 1856,79 mN dan ketahanan sobek paling rendah pada variasi ukuran bahan baku -18 mesh dan waktu hidrolisis 30 menit dengan kekuatan 418,43 mN.

Pada penelitian ini didapatkan nilai ketahanan sobek kertas tertinggi pada waktu 150 menit pada masing-masing variasi ukuran dimana memiliki kadar selulosa tertinggi yaitu 706,10 mN pada variasi ukuran bahan baku -18 mesh, 1516,82 mN pada variasi ukuran bahan baku 1-2 cm dan 1856,79 mN pada variasi ukuran bahan baku utuh. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Mulyana, dkk (2007) bahan yang mengandung selulosa yang lebih banyak akan menghasilkan lembaran pulp yang mempunyai ketahanan sobek yang lebih tinggi.



Gambar 3 Pengaruh Variasi Ukuran Bahan Baku dan Waktu Hidrolisis Terhadap Ketahanan Sobek Kertas

Selain itu, berdasarkan data nilai ketahanan sobek tertinggi, diketahui semakin besar ukuran bahan baku maka ketahanan sobek kertas semakin besar, menurut Casey (1980) dalam Asngad dkk (2016), ketahanan sobek dipengaruhi oleh panjang serat, jumlah dan kekuatan ikatan serat dengan serat lainnya. Serat panjang memberikan kertas dengan kekuatan sobek yang tinggi, karena serat yang panjang memberikan titik tangkap yang lebih kuat kepada gaya-gaya yang mengenainya sehingga dapat menahan gaya-gaya yang mengenainya sehingga dapat menahan gaya-gaya yang lebih besar (Soenardi, 1974). Hasil ini sesuai dengan teori yang ada dimana semakin besar ukuran bahan baku maka semakin kuat ketahanan sobek kertas tersebut.

Homogenitas perekat pada pulp juga berpengaruh terhadap kekuatan sobek kertas. Menurut Haygreen dan Bowyer (1986), bahwa kekuatan sobek dipengaruhi oleh ikatan serat tetapi lebih sangat dipengaruhi oleh keterpaduan serat masing-masing. Sedangkan menurut Paskawati (2010), kekuatan individual kertas, ikatan antar serat, dan panjang serat mempengaruhi kekuatan kertas. Hal ini dikarenakan perekat yang homogen akan mengisi ruang diantara serat sehingga terjadi ikatan yang kuat.

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan sobek kertas adalah proses pengepresan secara manual. Menurut hasil penelitian Kuntari (2010), bahwa ketebalan mempengaruhi dalam pengujian kertas, apabila ketebalan semakin tipis maka kekuatan sobek semakin rendah. Pada penelitian ini, perbedaan kekuatan sobek juga dapat disebabkan oleh tidak ratanya ketebalan kertas pada saat pencetakan, karena pencetakan masih dilakukan secara manual. Pengepresan secara manual menghasilkan permukaan kertas tidak rata sehingga menghasilkan ketebalan kertas yang berbeda. Pada penelitian ini nilai uji ketahanan sobek kertas yang didapatkan telah memenuhi standar ISO 11108:1996 yaitu sebesar 350 mN.

SIMPULAN

Waktu hidrolisis dan ukuran bahan baku berpengaruh terhadap kadar air, kadar selulosa dan ketahanan sobek kertas. Dengan kadar air terendah pada ukuran bahan baku 1-2 cm dan waktu hidrolisis 150 menit sebesar 4,01%, kadar selulosa tertinggi pada ukuran bahan baku -18 mesh dan waktu hidrolisis 150 menit sebesar 66,3%, dan ketahanan sobek kertas tertinggi pada ukuran bahan baku utuh dan waktu hidrolisis 150 menit sebesar 1856,79 mN. Perolehan kadar air dan kadar selulosa telah memenuhi standar SNI 0698:2010. Ketahanan sobek kertas telah memenuhi standar ISO 11108:1996.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan untuk Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda dan seluruh pihak yang telah membantu kelancaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriani, F., Salim, F. A., Iskandinata, I., Khumsupan, D., dan Barta, Z. (2016) 'Physical and biophysical pretreatment of water hyacinth biomass for cellulase enzyme production', *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, Vol 30, No. 2: 237–244.
- Asngad, A., & Siska, S. (2016). Pemanfaatan kulit kacang dan bulu ayam sebagai bahan alternatif pembuatan kertas melalui chemical pulping dengan menggunakan NaOH dan CaO. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 2(1), 25-34.
- Haygreen, Jhon G & Jim L Bowyer. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu penerjemah Sutjipto A Hadikusumo. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Herlina. (2017). Variasi Massa Pulp Dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Pelepah Pisang Dengan Penambahan (Manihot Esculante Crantz)
- Jaswella, R. W. A., Sudding, & Ramdani. (2022). Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Kualitas Briket Arang Tempurung. *Jurnal Chemica*, 23, 7–19. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/2826522>
- Kuntari. "Pemanfaatan Limbah Mendong sebagai Bahan Baku Kertas Seni". *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol.11.No.3:188-194.
- Lachman, L., Lieberman, H.A., and Kanig, J.L., 1986, *The Theory and Practice of Industrial Pharmacy*, 2nd ed., Lea and Febiger, Philadelphia. 648 – 659
- Mulyana, H., Agus, B., Sutedja, W., & Andoyo, S. (2007). Efisiensi Proses Pemutihan Pulp Kraft RDH (Rapid Displacement Heating) Dengan Metode ECF (Elementally Chlorine Free). In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan industri Berbasis*.
- Nata, I. F., Niawati, H., & Muizliana, C. (2013). Pemanfaatan serat selulosa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai bahan baku pembuatan kertas: isolasi dan karakterisasi. K.
- Oktaveni, D. (2009). Lignin Terlarut Asam dan Delignifikasi Pada Tahap Awal Proses Pulping Alkali. Unpublished undergraduate thesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Paskawati, Y. A., Susyana., Antaresti., E. S. Retnoningtyas. 2010. Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Komposit Alternatif. *Jurnal Widya Teknik* 9 (1): 12-21.
- Soenardi, P. 1974. Hubungan Antara Sifat Kayu dan Kualitas Kertas. *Berita Selulosa*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjahmada, yogyakarta.
- Tao Ruan Rong Zeng; Xiao-Yan Yin, Sen-Xiang Zhang, Zhong-Hua Yang, 2016, Water Hyacinth (*Eicghhornia Crassipes*) Biomass As A Biofuel Feedstock By Enzymatic Hydrolysis [Jurnal]. - [S.L.] : Bioresources
- Trisanti, P. N., HP, S. S., Nura'ini, E., & Sumarno, S. (2018). Ekstraksi selulosa dari serbuk gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113-119.
- Tulak, R., Bulu, L., & Harlim, T. (2022). Pengaruh Waktu Pemanasan dan Konsentrasi Larutan Pemasak Terhadap Kualitas Pulp dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Paulus Chemical Engineering Journal*, 1(1), 43-50.
- Wibisono, I., Hugo, L., Antaresti, dan Aylilianawati. 2011. Pembuatan Pulp dari Alang-alang. *Jurnal Widya Teknik* 10(1):11-20.
- Zulfikar, A., Putri, N. P. S. N. K., & Tajalla, G. U. N. (2020). Studi Pengaruh Waktu Alkalisasi pada Ekstraksi Selulosa Berbasis Serat Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 1-12.