

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan dan saran sebagai berikut.

A. Simpulan

1. Isolasi alfa selulosa dengan delignifikasi Na_2SO_3 menghasilkan alfa selulosa yang lebih baik, dan penambahan 15 mg adalah yang paling efektif menyerap logam kadmium
2. Alfa selulosa terdelignifikasi Na_2SO_3 15 mg efektif menyerap logam kadmium hingga 78,93%.

B. Saran

1. Alfa selulosa dari sabut kelapa terbukti mampu mengadsorpsi logam berat kadmium (Cd), sehingga bisa digunakan untuk mengadsorpsi logam berat lainnya.
2. Penambahan emulsifier bertujuan melarutkan dalam larutan Cd sehingga alfa selulosa dapat kontak secara merata dengan Cd dan proses adsorpsi Cd lebih efektif.
3. Suhu proses delignifikasi dengan larutan NaOH dapat dinaikkan hingga 160°C - 170°C agar proses delignifikasi lebih efektif.
4. Pengeksplorasi lebih banyak lagi mengenai limbah lainnya yang memiliki potensi sebagai adsorben, sehingga selain membantu mengurangi jumlah

polusi di lingkungan, juga memberikan nilai ekonomi terhadap limbah agar dapat di daur ulang lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani, A. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Caesari, Padil, dan Yelmida. 2014. Pemurnian Selulosa Alfa Pelepah Sawit Menggunakan Enzim *Xylanase*. *Jurnal Online Mahasiswa*. 1(1): 1 – 8.
- Cotton, F. A., and Wilkinson, G. 1986. *Kimia Dasar Anorganik*. UI-Press, Jakarta.
- Fuadi, A. M., Sediawan, W. B., Rochmadi, S. P. 2007. Analisis Kinetika Pulp Bleaching dengan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Teknik kimia*. 6(3): 657-665.
- Fuadi, A. M. dan Sulistya, H. 2008. Pemutihan Pulp dengan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Reaktor*. 12(2): 123-128.
- Habibah, R., Nasution, D. Y., dan Muis, Y. 2013. Penentuan Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi α -Selulosa yang Berasal dari Alang – alang (*Imperata cylindrica*) dengan Metode Viskositas. *Jurnal Sintia Kimia*. 1(2): 1 – 6.
- Hartono, R., Jayanudin., Salamah. 2010. Pemutih Pulp Eceng Gondok Menggunakan Proses Ozonasi. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Fakultas Teknik Universitas Dipenogoro, Semarang.
- Ingrid, M., Yonathan, C., dan Djojotubroto, H. 2011. Pretreatment Sekam Padi dengan Alkali Peroksida dalam Pembuatan Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*. Fakultas Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan.
- Istarani, F., dan Pandebesie, E. S. 2014. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik POMITS*. 3(1): 53 – 58.
- Lestari, S., Santi, D. N., dan Chahaya, I. 2012. Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok untuk Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Air Sumur Gali Masyarakat di Desa Namo Bintang Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang Tahun 2012. *Jurnal Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan*. 3(1): 1 – 7.
- Mamoribo, H., Rompas, R. J., dan Kalesaran, O. J. 2015. Determinasi Kandungan Kadmium (Cd) di Perairan Pantai Malalayang Sekitar Rumah Sakit Prof. Kandou Manado. *Jurnal Budidaya Perairan*. 3(1): 114 – 118.

- Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. 1(2): 115 – 123.
- Mohamad, E. 2011. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanah dengan Menggunakan Bayam Duri (*Amaranthus spinosus* L.). *Laporan Penelitian Pengembangan IPTEK Dana PNBP Tahun Anggaran 2012*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo.
- Muljana, H. 2013. Pengaruh Media Sub- dan Superkritik CO₂ dalam Proses Hidrolisis secara Enzymatic terhadap Perolehan Glukosa. <http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/viewFile/235/220>. 19 Oktober 2015.
- Nurrohmi, O. 2011. Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Adsorben Ion Logam Cd²⁺. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Jakarta.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. John Wiley & Sons, New York.
- Permatasari, H. R., Gulo, F., dan Lesmini, B. 2014. Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa apus*). <http://ejournal.unsri.ac.id>. 9 Juni 2016.
- Putera, R. D. H. 2012. Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Fakultas Teknik Kimia Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rohani, D. A., Juswono, U. P., dan Nuriyah, L. 2015. Pengukuran Efektivitas Kulit Singkong, Kulit Ubi Jalar, Kulit Pisang dan Kulit Jeruk sebagai Bahan Penyerap Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Lindi TPA <http://physics.studentjournal.ub.ac.id/index.php/psj/.../187>. 25 April 2016.
- Rumahlatu, D., Corebima, A. D., Amin, M., dan Rachman, F. 2012. Kadmium dan Efeknya terhadap Ekspresi Protein Metallothionein pada *Deadema setosum* (Echinoidea; Echinodermata). *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1): 26 – 35.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., dan Zaharah T. A. 2012. Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*. 1(1): 1 – 7.
- Saleh, A., Pakpahan, M. M. D., dan Angelina, N. 2009. Pengaruh Konsentrasi Pelarut, Temperatur dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*. 16(3): 35 – 44.

- Sihombing, J. B.B. 2008. Pengaruh Pemakaian *White Liquor* (Lindi Putih) terhadap Eukaliptus dan Pinus Merkusi pada Unit Digester PT.Toba Pulp Lestari, Tbk-PORSEA. *Karya Ilmiah*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Simatupang, H., Nata, A., dan Herlina, N. 2012. Studi Isolasi dan Rendamen Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(1): 20-24.
- Suherman, R. 2011. Uji Kadar Logam Pb, Cd, dan Fe Pada Air Situ Cileduk Pamulang. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Suhud, I., Tiwow, V. M. A., dan Hamzah B. 2012. Adsorpsi Ion Kadmium (II) dari Larutannya menggunakan Biomassa Akar dan Batang Kangkung Air (*Ipomoea aquatic Forks*). *Jurnal Akademika Kimia*. 1(4): 153 – 158.
- Sumada, K., Tamara, P. E., dan Alqani, F. 2011. Kajian Proses dari Limbah Batang Tanaman *Manihot esculenta crantz* yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. 5(2): 434 – 438.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*. 12(1): 11 – 20.
- Syukur, M. 2010. Kandungan Sabut Kelapa. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/19860/6/Chapter%20II.pdf>. 10 Oktober 2015.
- Tangio, J. S. 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*. 7 (1): 500 506.
- Widodo, L. U., Sumada, K., Pujiastuti, C., dan Karaman, N. 2013. Pemisahan Alpha-Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu menggunakan Larutan Natrium Hidoksida. *Jurnal Teknik Kimia*. 7(2): 43 – 47.
- Widowati, W., Sastiono, A., dan Yusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Andi, Yogyakarta.
- Wildan, A. 2010. Studi Proses Pemutihan Serat Kelapa sebagai Reinforced Fiber. *Tesis*. Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wirtanto, E., Lim, M., dan Masyithah, Z. 2012. Kajian Kemurnian dan Pengaruh Nisbah Pereaksi, pH Awal Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Nilai CMC dan HLB Natrium Lignosulfonat. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(1): 1-5.

- Yatimah, Y. D. 2014. Analisa Cemarkan Logam Berat Kadmium dan Timbal pada Beberapa Merek Lipstik yang Beredar di Daerah Ciputat dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Yusuf, B., Alimuddin., Saleh, C., dan Rahayu, D. R. 2014. Pembuatan Selulosa dari Kulit Singkong Termofifikasi 2-merkaptobenzotiazol untuk Pengendalian Pencemarkan Logam Kadmium (II). *Jurnal Sains Dasar*. 3(2): 169-173.
- Yusrin, A. F., Susatyo, E. B., dan Mahatmanti, F. W. 2014. Perbandingan Kemampuan Silika Gel dari Abu Sabut Kelapa dan Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Logam Cd²⁺. *Jurnal MIPA*. 37(2): 154-162.
- Zuidar, A. S., Hidayati, S., dan Pulungan, R. J. A. 2014. Kajian Delignifikasi Pulp Formacell dari Tandan Kosong Kelapa Sawit menggunakan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dalam Media Asam Asetat. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 19(2): 194-204.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Isolasi Alfa Selulosa



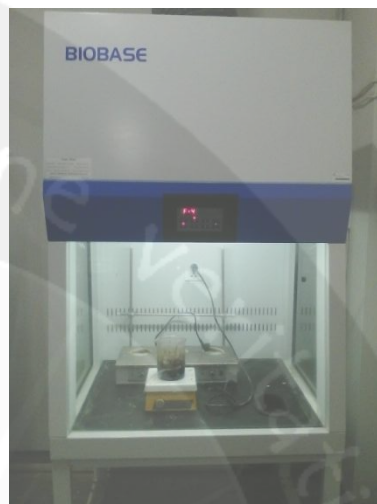
Gambar 8. Sabut kelapa kering



Gambar 9. Serbuk sabut kelapa



Gambar 10. Tahap prehidrolisis



Gambar 11. Tahap delignifikasi



Gambar 12. Hasil delignifikasi
NaOH



Gambar 13. Tahap bleaching



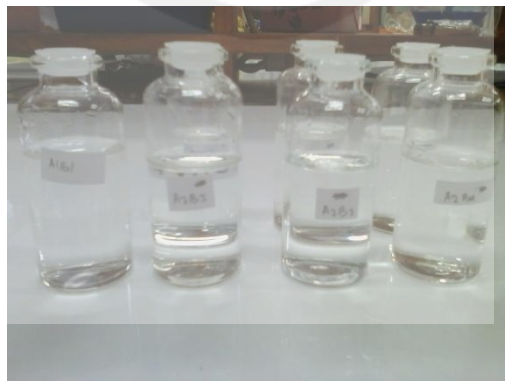
Gambar 15. Proses adsorpsi Cd dengan serbuk alfa selulosa



Gambar 14. Pencampuran alfa selulosa dengan limbah sintetis



Gambar 16. Hasil adsorpsi α -selulosa terdelignifikasi NaOH



Gambar 17. Hasil adsorpsi α -selulosa terdelignifikasi Na_2SO_3

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Logam Kadmium Dengan AAS

Alfa selulosa	Ul	Konsentrasi alfa selulosa (mg)			
		0	15	20	25
Alfa selulosa NaOH	1	1,0958 mg/ml	0,2735 mg/ml	0,2797 mg/ml	0,2279 mg/ml
	2	1,1007 mg/ml	0,2699 mg/ml	0,2776 mg/ml	0,2359 mg/ml
	3	1,0880 mg/ml	0,2700 mg/ml	0,2760 mg/ml	0,2316 mg/ml
Alfa selulosa Na ₂ SO ₃	1	1,0958 mg/ml	0,2275 mg/ml	0,2922 mg/ml	0,3001 mg/ml
	2	1,1007 mg/ml	0,2231 mg/ml	0,2951 mg/ml	0,3002 mg/ml
	3	1,0880 mg/ml	0,2414 mg/ml	0,2938 mg/ml	0,3009 mg/ml



Lampiran 3. Perhitungan Daya Serap Logam Kadmium

- a. Kontrol (tanpa penambahan alfa selulosa NaOH maupun alfa selulosa Na_2SO_3)

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 1,0958}{1,0958} \times 100\% = 0\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 1,1007}{1,1007} \times 100\% = 0\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 1,0880}{1,0880} \times 100\% = 0\%$$

- b. Daya serap logam Cd dengan penambahan alfa selulosa NaOH 15 mg

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 0,2735}{1,0958} \times 100\% = 75,04\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 0,2699}{1,1007} \times 100\% = 75,48\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 0,2700}{1,0880} \times 100\% = 75,18\%$$

- c. Daya serap logam Cd dengan penambahan alfa selulosa NaOH 20 mg

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 0,2797}{1,0985} \times 100\% = 74,48\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 0,2776}{1,1007} \times 100\% = 74,78\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 0,2760}{1,0880} \times 100\% = 74,63\%$$

- d. Daya serap logam Cd dengan penambahan alfa selulosa NaOH 25 mg

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 0,2279}{1,0985} \times 100\% = 79,20\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 0,2359}{1,1007} \times 100\% = 78,57\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 0,2316}{1,0880} \times 100\% = 78,71\%$$

e. Daya serap logam Cd dengan penambahan alfa selulosa Na_2SO_3 15 mg

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 0,2275}{1,0958} \times 100\% = 79,24\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 0,2231}{1,1007} \times 100\% = 79,73\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 0,2414}{1,0880} \times 100\% = 77,81\%$$

f. Daya serap logam Cd dengan penambahan alfa selulosa Na_2SO_3 20 mg

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 0,2922}{1,0958} \times 100\% = 73,33\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 0,2951}{1,1007} \times 100\% = 73,19\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 0,2938}{1,0880} \times 100\% = 72,99\%$$

g. Daya serap logam Cd dengan penambahan alfa selulosa Na_2SO_3 25 mg

$$1. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0958 - 0,3001}{1,0958} \times 100\% = 72,61\%$$

$$2. \% \text{Daya serap} = \frac{1,1007 - 0,3002}{1,1007} \times 100\% = 72,73\%$$

$$3. \% \text{Daya serap} = \frac{1,0880 - 0,3009}{1,0880} \times 100\% = 72,34\%$$

Lampiran 4. Hasil Analisis Data dengan SPSS

Lampira 4a. Uji Anava data hasil penyerapan logam Cd dengan alfa selulosa delignifikasi NaOH dengan alfa selulosa Na₂SO₃

Variabel yang berhubungan : Kadmium

Sumber	Jumlah kuadrat tipe II	df	Rata – rata kuadrat	F	Sig .
Model koreksi	3,093 ^a	7	,442	17740,125	,000
Intercept	5,401	1	5,401	216840,638	,000
Bahan	,001	1	,001	29,235	,000
Konsentrasi	3,083	3	1,028	41261,193	,000
Bahan*Konsentrasi	,009	3	,003	122,688	,000
Error	,000	16	2,491E-5		
Total	8,495	24			
Total Koreksi	3,094	23			

a. R kuadrat = 1,000 (R kuadrat yang sesuai = 1,000)

Duncan^{ab}

Konsentrasi	N	Subset			
		1	2	3	4
15,00	6	,2509			
25,00	6		,2661		
20,00	6			,2857	
,00	6				1,0948
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Rata – rata konsentrasi alfa selulosa yang ditunjukkan, berdasarkan Tipe II dari jumlah rata – rata .

Syarat error adalah rata – rata kuadrat = 2,49E-005

a. Pemakaian ukuran rata – rata sampel yang sesuai = 6,000

b. Alpha = 0,05

Lampiran 4b. Uji One Way untuk mengetahui adanya beda nyata interaksi antar konsentrasi alfa selulosa NaOH dan alfa selulosa Na_2SO_3 dalam menurunkan kadar kadmium

Duncan

Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Na_2SO_3 15 mg	3	,2307			
NaOH 25 mg	3	,2318			
NaOH 15 mg	3		,2711		
NaOH 20 mg	3		,2778		
Na_2SO_3 20 mg	3			,2937	
Na_2SO_3 25 mg	3			,3004	
NaOH 0 mg	3				1,0948
Na_2SO_3 0 mg	3				1,0948
Sig.		,784	,123	,120	1,000

Rata – rata kelompok subset yang sama ditunjukkan.

a. Pemakaian ukuran rata – rata sampel yang sesuai = 3,000

Lampira 4c. Uji Anava efektivitas penyerapan antar alfa selulosa delignifikasi NaOH dengan alfa selulosa Na_2SO_3

Variabel yang berhubungan : efektivitas

Sumber	Jumlah kuadrat tipe II	df	Rata – rata kuadrat	F	Sig .
Model koreksi	25803,468 ^a	7	3686,210	23652,292	,000
Intercept	77071,200	1	77071,200	494521,656	,000
Bahan	6,100	1	6,100	39,143	,000
Konsentrasi	25720,903	3	8573,634	55012,090	,000
Bahan*Konsentrasi	76,465	3	25,488	163,543	,000
Error	2,494	16	,156		
Total	102877,161	24			
Total Koreksi	25805,961	23			

a. R kuadrat = 1,000 (R kuadrat yang sesuai = 1,000)

Duncan^{ab}

Konsentrasi	N	Subset			
		1	2	3	4
,00	6	,0000			
20,00	6		73,9000		
25,00	6			75,6933	
15,00	6				77,0800
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Rata – rata konsentrasi alfa selulosa yang ditunjukkan, berdasarkan Tipe II dari jumlah rata – rata .

Syarat error adalah rata – rata kuadrat = ,156

a. Pemakaian ukuran rata – rata sampel yang sesuai = 6,000

b. Alpha = 0,05

Lampiran 4d. Uji One Way untuk mengetahui beda nyata interaksi antar efektivitas alfa selulosa NaOH dengan alfa selulosa Na₂SO₃ dalam menyerap logam kadmium

Duncan

Interaksi	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
NaOH 0 mg	3	,0000			
Na ₂ SO ₃ 0 mg	3	,0000			
Na ₂ SO ₃ 25 mg	3		72,5600		
Na ₂ SO ₃ 20 mg	3		73,1700		
NaOH 20 mg	3			74,6300	
NaOH 15 mg	3			75,2333	
NaOH 25 mg	3				78,8267
Na ₂ SO ₃ 15 mg	3				78,9267
Sig.		1,000	,077	,080	,760

Rata – rata kelompok subset yang sama ditunjukkan.

a. Pemakaian ukuran rata – rata sampel yang sesuai = 3,000