

PEMANFAATAN CHIPS PIN AND FINES SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENGURANGI KADAR PENCEMAR PADA AIR LINDI BROWN PULP

Nurul Ajeng Susilo^{1*}, dan Joni Akbar¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Chips pin and fines (CPF) yang dihasilkan dari proses chipping pada unit wood handling plant memiliki potensi untuk dibuat menjadi adsorben untuk mengurangi kadar pencemar pada limbah cair salah satunya adalah air lindi brown pulp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben chips pin and fines (CPF) dalam mengurangi kandungan pencemar pada air lindi brown pulp. Proses pembuatan adsorben dilakukan dengan dihaluskan dan aktivasi menggunakan HNO₃ dengan konsentrasi 1 M yang berfungsi untuk memperbesar pori-pori adsorben agar adsorpsi yang berlangsung optimal. Menggunakan parameter pH; Warna; TDS; TSS; Turbidity; COD; BOD dan kandungan logam Fe serta Mn. Pada proses adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan massa adsorben 1; 2; 3; 4 dan 5 gram dengan waktu kontak 30 dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efektivitas adsorpsi terjadi pada 60 menit sebesar pH (8,39%); Warna (24,67%); TDS (30,57%); TSS (71,17%); Turbidity (62,71%); COD (49,1%); BOD (36,51%) dan Logam Fe (74,92%) serta logam Mn (41,95%). Hal ini menunjukkan bahwa adsorben chips pin and fines dapat menurunkan kadar pencemar pada air lindi brown pulp. Berdasarkan analisis adsorben CPF termasuk kedalam Isoterm Freundlich.

Kata kunci : Adsorben, Air Lindi Brown Pulp, Chips Pin and Fines, Isoterm.

ABSTRACT

Chips pin and fines (CPF) produced from the chipping process at the wood handling plant unit which has the potential to be made into adsorbents to reduce pollutant levels in liquid waste, one of which is brown pulp leachate. This study aims to determine the ability of the adsorbent chips pin and fines (CPF) in reducing the pollutant content in brown pulp leachate. The process of making the adsorbent is carried out by grinding and activation using HNO₃ with a concentration of 1 M which serves to enlarge the pores of the adsorbent so that the adsorption takes place optimally. Using pH parameters; TDS; TSS; Turbidity; COD; BOD and metal content of Fe and Mn. The adsorption process is carried out by varying the mass of adsorbent 1; 2; 3; 4 and 5 grams with a contact time of 30 and 60 minutes. The results showed that the value of the effectiveness of adsorption occurred at 60 minutes at pH (8.39%); Color (24.67%); TDS (30.57%); TSS (71.17%); Turbidity (62.71%); COD (49.1%); BOD (36.51%) and Fe metal (74.92%) and Mn metal (41.95%). This shows that the adsorbent chips pin and fines can reduce the levels of pollutants in the brown pulp leachate. Based on the analysis of the adsorbent CPF is included in the Freundlich isotherm.

Keywords: Adsorbent, Brown Pulp Leachate, Chips Pin and Fines, Isotherm

PENDAHULUAN

Limbah merupakan hal yang paling krusial dalam sistem pembuangan suatu proses produksi, terutama untuk perusahaan besar. Perkembangan industri yang makin pesat menyebabkan semakin banyak pula bahan buangan yang bersifat racun yang dibuang ke lingkungan, yang nantinya akan mencemari lingkungan dalam jumlah yang susah dikontrol secara tepat. Di Indonesia, sumber

pencemar dapat berasal dari limbah rumah tangga, perusahaan-perusahaan, pertambangan, industri dan lain-lain (Tangio, 2013).

Air lindi merupakan air yang merembes melalui tumpukan yang membawa materi tersuspensi berupa hasil dekomposisi (damanhuri, 2010). Lindi seringkali berpotensi mencemari air tanah maupun air sungai (Arbi, Siregar, and Damanhuri 2018).

^{1*}Corresponding author: nurulajeng20@gmail.com; joni.akbar.lao@gmail.com

Industri *pulp* dan kertas dalam proses produksi selain menghasilkan produk utama berupa lembaran *pulp* yang siap dikirimkan ke perusahaan lainnya sebagai bahan baku pembuatan kertas juga menghasilkan produk samping, yaitu *chips pin and fines* atau serpihan kayu yang berukuran kecil yang merupakan *reject* dari proses *chipping* pada *unit wood handling plant*, dan *brown pulp* atau *reject pulp* yang dihasilkan dari proses *cooking*. *Brown pulp* tersebut dijual kembali sebagai bahan baku pembuatan kertas coklat. Sebelum dijual *brown pulp* tersebut ditampung dilapangan untuk disimpan. Pada saat proses penyimpanan menghasilkan air lindi *brown pulp*. Air lindi *brown pulp* adalah cairan yang merembes melalui tumpukan *brown pulp* yang dapat berpotensi menyebabkan terjadinya pencemaran pada tanah dan air tanah, oleh karena itu perlu dilakukannya *treatment* pada air lindi *brown pulp*. Salah satu *treatment* yang dapat digunakan adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair karena merupakan suatu teknik pemisahan yang efektif dan ekonomis (Banat et al. 2000).

Berdasarkan data pada pabrik *pulp* yang ada di Sumatra, sekitar 500-600 ton *chips pin and fines* yang dihasilkan perharinya, 90% dari yang hasil digunakan sebagai campuran bahan bakar selain kulit kayu agar dapat mengurangi *cost* produksi, penggunaan sebagai campuran bahan bakar tersebut berdasarkan kebutuhan. Sebagian sisa tersebut dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan lainnya. Salah satunya ialah dapat dijadikan adsorben sebagai media pengadsorp air limbah. Metode adsorpsi merupakan salah satu *treatment* yang dapat digunakan dalam mengolah air lindi *brown pulp*. Adsorpsi merupakan metode yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair karena merupakan suatu teknik pemisahan yang efektif dan ekonomis (Al-Asheh, et al. 2000).

Chips pin and fines dapat dijadikan adsorben karena memiliki kandungan selulosa dan lignin serta memiliki pori. Serpihan halus kayu merupakan bahan berpori sehingga air mudah terserap dan mengisi pori-pori tersebut. Serpihan halus kayu merupakan bahan berpori sehingga air dapat terserap dan mengisi pori-pori tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah *chips pin and fines* dapat dijadikan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar pencemar pada air lindi *brown pulp*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan *Chips pin and fines* dari campuran kayu *Acacia Mangium*, *Acacia Crassiparva* dan *Eucalyptus* yang diambil dari

chips classifier dan menggunakan aktivator HNO_3 dengan konsentrasi 1 M serta air lindi *brown pulp* diambil dari parit disamping tumpukan *brown pulp*.

Persiapan Adsorben

Chips pin and fines dihaluskan menggunakan belender lalu diayak dengan ukuran 70 mesh. kemudian disimpan diwadah yang kedap udara dan ditutup rapat.

Aktivasi Adsorben

Digunakan larutan HNO_3 dengan konsentrasi 1 M sebanyak 500 mL dimasukkan kedalam gelas ukur. Kemudian ditambahkan 50 gram *Chips pin and fines*. Campuran diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit kemudian disaring. Hasil sisa penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 105°C selama 30 menit lalu didinginkan. Sampel dicuci dengan aquades hingga netral, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam (Safrianti et al. 2012).

Karakterisasi Air lindi *Brown Pulp*

Dilakukan pengujian karakterisasi awal air lindi berdasarkan beberapa parameter seperti: pH, Warna, TDS, COD, BOD, TSS, *Turbidity*, dan Logam Fe serta Mn.

Tabel 1. Karakterisasi Air Lindi *Brown Pulp*

Parameter	Air Lindi	Satuan
pH	8,3	-
Warna	8700	pt-Co
TDS	1512	mg/l
COD	1353,24	mg/l
BOD	352	mg/l
TSS	244,5	mg/l
<i>Turbidity</i>	57,3	NTU
Fe	0,3033	Ppm
Mn	0,0067	Ppm

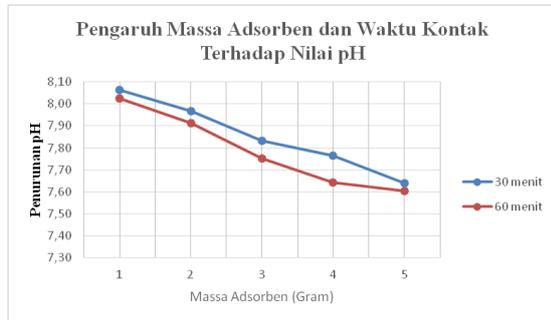
Proses Adsorpsi

Disiapkan adsorben *chips pin and fines* yang sudah teraktivasi dengan massa 1, 2, 3, 4, dan 5 gram. Dicampurkan ke dalam 500 ml air lindi *brown pulp* yang akan diadsorpsi. Diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada variasi waktu 30 dan 60 menit dengan putaran 150 rpm secara konstan. Diamkan beberapa saat, lalu saring menggunakan kertas saring. Sisa dari air lindi *brown pulp* yang telah disaring kemudian digunakan untuk proses pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pH

Pengujian pH bertujuan untuk mengetahui kadar dan tingkat kestabilan pH pada air lindi *brown pulp*

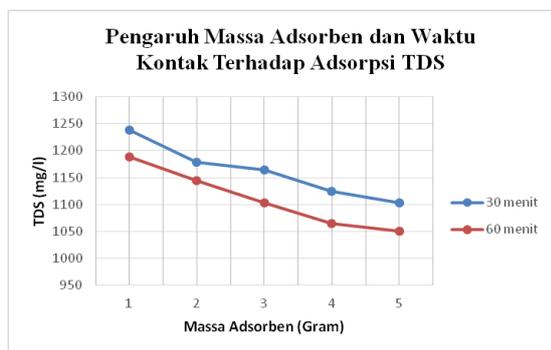


Gambar 1. Grafik nilai pH

Berdasarkan Gambar 1 diatas dari hasil pengujian pH dapat dilihat bahwa nilai pH yang diperoleh mengalami penurunan yang paling kecil pada konsentrasi 1 gram dengan waktu kontak 30 menit didapat nilai pH sebesar 8,06 atau penurunan 2,85%. Paling besar terletak pada konsentrasi 5 gram dengan waktu kontak 60 menit diperoleh nilai pH 7,6 atau penurunan 8,39%. Semakin banyak adsorben yang ditambahkan maka akan semakin menurunkan nilai pH. Penurunan pH disebabkan oleh adsorben yang bersifat asam akibat pengaruh aktivasi adsorben menggunakan larutan HNO_3 yang membuat adsorben memiliki kemasaman, sehingga menurunkan nilai pH pada air lindi (Abdi, Khair, and Saputra 2016).

Pengujian Total Dissolved Solid (TDS)

Pengujian *Total Dissolved Solid* dilakukan untuk mengetahui jumlah ion maupun konsentrasi padatan yang terlarut di dalamnya.



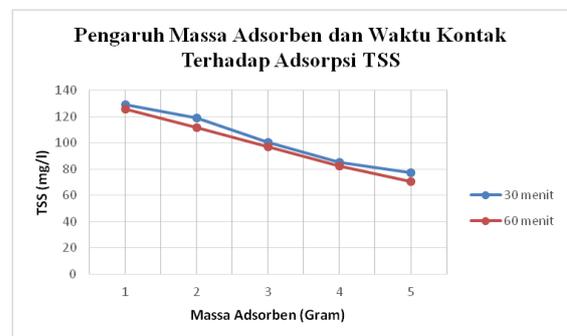
Gambar 2. Grafik nilai TDS

Pada Gambar 2. diatas dapat dilihat bahwa adsorben dari *chips pin and fines* dapat menurunkan kandungan zat padat terlarut (TDS) dalam air lindi *brown pulp*. Menurut Barros, dkk (2003) menyatakan bahwa pada saat ada peningkatan konsentrasi adsorben, maka ada

peningkatan persentase efisiensi penyerapan dan penurunan kapasitas penyerapan. Sesuai dengan pernyataan baros penurunan nilai TDS disebabkan oleh kandungan anorganik pada air lindi diserap oleh adsorben Nilai TDS mengalami penurunan yang signifikan pada saat penambahan adsorben 1 gram dengan waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 1188 mg/l. Namun penurunan nilai TDS sudah tidak terlalu signifikan pada saat penambahan adsorben waktu kontak 60 menit dengan massa 2, 3, 4, dan 5 gram yaitu sebesar 1144, 1102, 1064, dan 1049 mg/l dengan besar penurunan nilai 30,57%. Penurunan TDS disebabkan oleh ion-ion logam yang terserap atau terperangkap oleh adsorben CPF.

Pengujian Total suspended solid (TSS)

Pengujian *Total suspended solid* dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi yang yang terserap oleh adsorben yang terlarut di dalamnya.

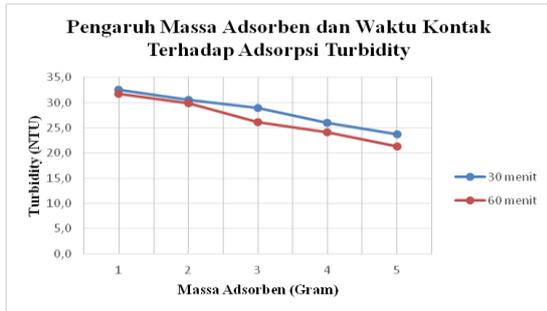


Gambar 3. Grafik nilai TSS

Berdasarkan gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa adsorben memiliki kemampuan untuk menurunkan nilai TSS paling kecil pada konsentrasi 1 gram dengan waktu kontak 30 menit yang nilai awal 244,5 menjadi 129 mg/l atau 47,24%. Paling besar pada massa 5 gram dengan waktu kontak 60 menit yaitu 70,5 mg/l atau 71,17%. Hasil analisis TSS menunjukkan bahwa nilai konsentrasi TSS yang tinggi ditandai air lindi yang coklat kehitaman. Nilai TSS yang tinggi dapat menyebabkan terhalangnya sinar matahari masuk ke dalam air lindi *brown pulp* sehingga terhambatnya proses fotosintesis dan berkurangnya kadar oksigen dalam air. Jika oksigen hanya sedikit dan maka bakteri aerobik akan cepat mati karena suplai oksigennya sedikit dan bakteri anaerobik mulai tumbuh. Bakteri anaerobik akan mendekomposisi dan menggunakan oksigen yang disimpan dalam molekul-molekul yang sedang dihancurkan. Hasil dari kegiatan bakteri anaerobik dapat membentuk hidrogen sulfida (H_2S), gas yang berbau busuk dan berbahaya, serta beberapa produk lainnya. Penurunan nilai TSS dikarenakan padatan tersuspensi terperangkap dalam pori-pori adsorben CPF.

Pengujian Turbidity

Pengujian nilai *Turbidity* dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekeruhan pada air lindi *brown pulp* setelah dilakukannya proses adsorpsi menggunakan adsorben.

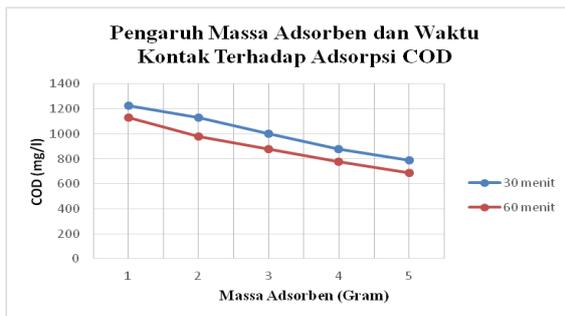


Gambar 4. Grafik nilai *Turbidity*

Berdasarkan gambar 4 diatas dapat dilihat terjadi penurunan pada nilai *turbidity* paling kecil pada konsentrasi 1 gram dengan waktu kontak 30 menit yaitu yang awalnya 57,3 menjadi 32,5 NTU atau sebesar 43,33%. Paling besar pada massa 5 gram dengan waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 21,4 NTU atau penurunan 62,71 %. Hal ini disebabkan karena *suspended solid* yang mengalami penurunan akibat diserap oleh adsorben CPF. Kekeruhan sangat berhubungan erat dengan warna perairan, nilai konsentrasinya sangat mempengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Mulyanto, 2007) Akibat biologis dari kekeruhan adalah menurunnya aktivitas fotosintetik tumbuhan karena fotosintesis secara langsung tergantung pada cahaya (Ahmat, 2006). TSS memiliki hubungan erat dengan *Turbidity*. Semakin tinggi nilai TSS, maka air akan semakin keruh (Fardiaz, 1992).

Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik. Penurunan COD menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia (Ginting, 2007).

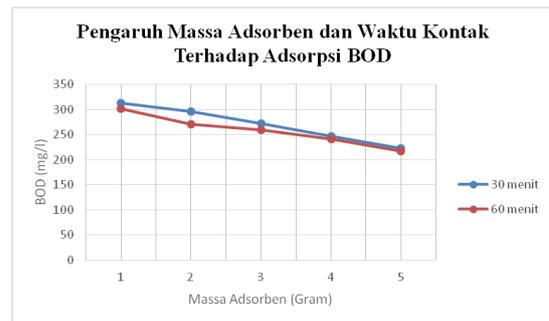


Gambar 5. Grafik nilai COD

Berdasarkan gambar 5 diatas terjadi penurunan pada nilai COD paling kecil pada konsentrasi 1 gram dengan waktu kontak 30 menit yaitu 1227,94 mg/l atau penurunan 9,3%. Konsentrasi massa adsorben 5 gram dengan waktu kontak 60 menit dipilih sebagai kondisi adsorpsi terbaik dengan konsentrasi COD setelah adsorpsi adalah 689,15 mg/l dan penurunannya sebesar 49,1%. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan akan semakin luas permukaan (tapak aktif adsorben). Kemampuan adsorpsi cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu kontak. Berdasarkan hasil yang diperoleh massa adsorben yang semakin banyak dan waktu kontak yang semakin lama memberikan peningkatan daya serap yang signifikan terhadap nilai COD.

Pengujian Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Pengujian *Biochemical Oxygen Demand* bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik.



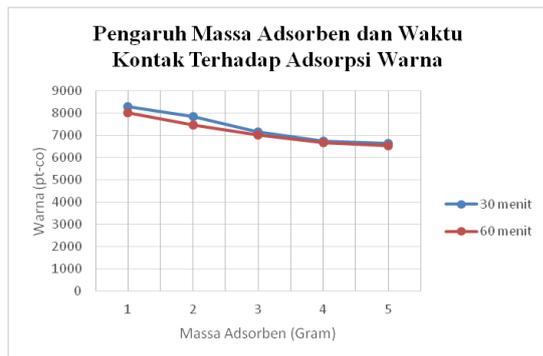
Gambar 6. Grafik nilai BOD

Berdasarkan gambar 6 diatas dapat dilihat penurunan nilai BOD yang paling sedikit terjadi pada konsentrasi massa adsorben 1 gram dengan waktu kontak 30 menit yaitu awalnya 352 mg/l menjadi 313,5 mg/l atau penurunannya 10,94%. Penurunan nilai BOD paling besar pada massa 5 gram dengan waktu kontak 60 menit yaitu 223,5 mg/l atau 36,51%. Penurunan nilai BOD disebabkan oleh kandungan organik didalam air lindi yang ikut teradsorpsi oleh adsorben sehingga beban bakteri untuk menguraikan zat organik yang tersuspensi didalam air berkurang.

Pengujian Warna

Zat warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Menurut Benny Chatib dalam (Effendi, 2003) Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sejati, jika air tersebut mengandung kekeruhan atau hanya bahan

tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu.



Gambar 7. Grafik nilai Warna

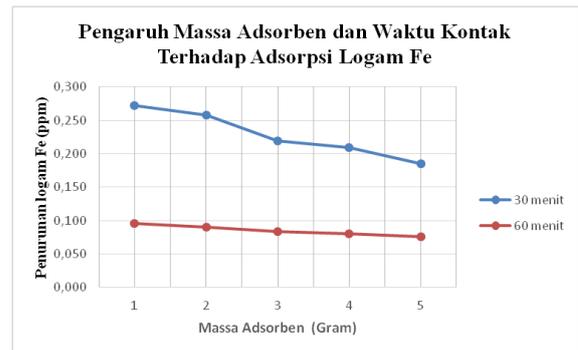
Berdasarkan dari gambar 7 dapat dilihat bahwa penurunan warna air lindi paling kecil adalah pada konsentrasi massa adsorben 1 gram dengan waktu kontak 30 menit yaitu awalnya 8700 pt-co menjadi 8303 pt-co atau 4,56%. Penurunan warna air lindi paling besar pada konsenrasi massa adsorben 5 gram dengan waktu kontak 60 menit yaitu 6553 pt-co atau penurunannya 24,67%. Menurut isa, dkk dalam (Khair et al. 2021) pH larutan yang bersifat basa bisa membuat permukaan adsorben cenderung menjadi negatif sehingga tidak dapat mendukung adsorpsi zat warna karena tolakan elektrostatis. Hal tersebut sesuai dengan pH air lindi yang awalnya basa (8,3) sehingga menyebabkan penurunan warna pada air lindi *brown pulp* tidak signifikan dan penurunan warna air lindi *brown pulp* cukup signifikan ketika kondisi air lindi ditambahkan massa adsorben 5 gram dengan waktu kontak 60 menit yang membuat pH air lindi mendekati pH netral (7,6). Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu-abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna pada air lindi akan mempengaruhi penetrasian sinar matahari untuk menembus lapisan air, sehingga akan mempengaruhi proses fotosintesis yang berdampak pada kurangnya kadar oksigen dalam air. Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam massa yang terkandung dalam air buangan (Ahmat, 2006). Penurunan nilai warna disebabkan oleh sebagian ion logam dan padatan tersuspensi pada air lindi *brown pulp* terserap atau terperangkap oleh adsorben CFP.

Pengujian Kandungan Logam

Pengujian logam dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dari adsorben yang telah dibuat dari *chips pin and fines* dalam menyerap kadar logam. Pengujian logam antara lain adalah Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Penyerapan logam dapat terjadi karena terdapat selulosa pada *chips pin and fines*. Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat pada

dinding sel bersama lignin yang berperan dalam mengokohkan struktur tumbuhan. Dilihat dari strukturnya, selulosa dan lignin mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena gugus -OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Mekanisme serapan yang terjadi antara gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) merupakan mekanisme pertukaran ion (Nurhayati & Sutrisno, 2011).

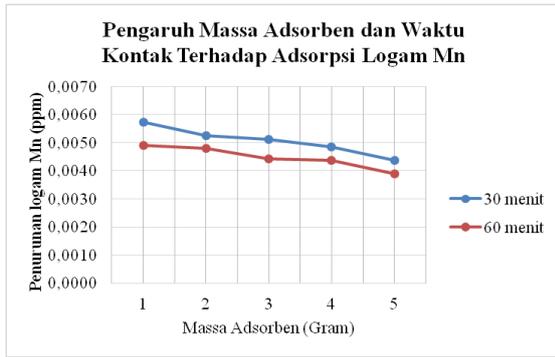
Logam Besi (Fe)



Gambar 8. Grafik nilai logam Fe

Berdasarkan gambar 8 dapat dilihat terjadi penurunan pada kandungan logam Fe paling kecil pada massa 1 gram dengan waktu kontak 30 menit dengan nilai awal 0,303 ppm menjadi 0,272 ppm atau sebesar 10,24% dan penurunan paling besar pada massa 5 gram dengan waktu kontak 60 menit dengan nilai awal 0,303 ppm menjadi 0,076 ppm atau sebesar 74,92%. Menurut Dey Intan, dkk (2016) pada adsorpsi fisik, gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya *Van der Waals*. Akibat adanya gaya-gaya yang bekerja antara adsorbat dan adsorben menyebabkan proses adsorpsi logam dapat terjadi, dimana proses adsorpsi ini relatif berlangsung sangat cepat dan bersifat reversibel. Adsorbat yang terikat secara lemah pada permukaan adsorben, dapat bergerak dari suatu bagian permukaan kebagian permukaan lain. Adsorpsi fisik terjadi dimana besi (II) terperangkap kedalam rongga atau pori-pori dari adsorben. Mekanisme serapan juga terjadi antara gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) merupakan mekanisme pertukaran ion (Nurhayati & Sutrisno, 2011). Menurut Sulistyawati (2008), waktu kontak antara ion logam dengan adsorben sangat mempengaruhi kemampuan serap. Sesuai pernyataan sulistyawati proses adsorpsi dengan waktu kontak 30 dan 60 menit memiliki kemampuan serap yang berbeda, yang mana kemampuan penyerapan dari adsorben meningkat seiring meningkatnya waktu kontak yang digunakan. Penurunan Nilai logam Fe disebabkan oleh logam Fe yang terserap oleh adsorben.

Logam Mangan (Mn)



Gambar 9. Grafik nilai logam Mn

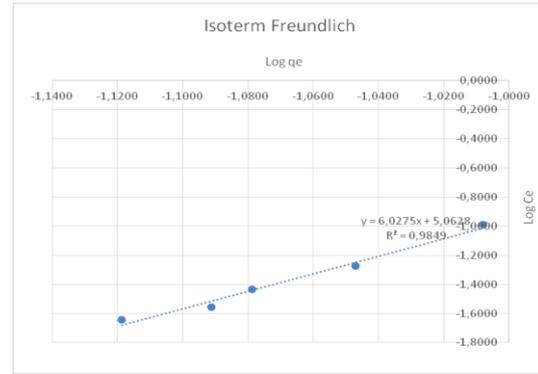
Berdasarkan gambar 9 dilihat terjadi penurunan pada kandungan logam Mn paling kecil pada massa 1 gram dengan waktu kontak 30 menit dengan nilai awal 0,0067 ppm menjadi 0,0057 atau 14,6% ppm dan penurunan paling besar pada massa 5 gram dengan waktu kontak 60 menit dengan nilai awal 0,0067 ppm menjadi 0,0039 ppm atau sebesar 41,95%. Penurunan Nilai logam Mn disebabkan oleh logam Mn yang terserap oleh adsorben.

Isoterm adsorpsi

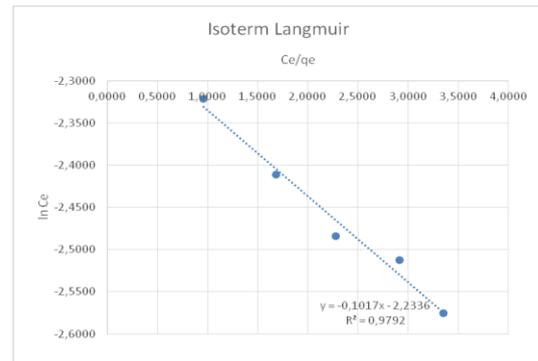
Isoterm adsorpsi digunakan untuk menjelaskan interaksi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat. Isoterm adsorpsi memberikan gambaran hubungan antara jumlah zat yang teradsorpsi dengan jumlah adsorben pada waktu kesetimbangan. Pada penelitian ini, digunakan isoterm langmuir dan freundlinch, untuk selanjutnya dipilih pola isoterm yang sesuai. Nilai-nilai variabel yang dibutuhkan untuk perhitungan isoterm Freundlich ($\log C_e$ dan $\log q_e$) dan isoterm Langmuir (C_e/q_e dan C_e) (Triana 2015).

Tabel 2. Isoterm Adsorpsi pada waktu kontak 60 menit

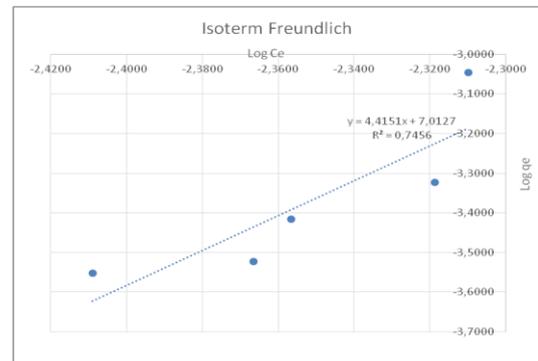
Massa Adsorben	C_e (mg/L)	q_e (mg/g)	$\log c_e$	$\log q_e$	c_e/q_e	$\ln c_e$
Logam Fe						
1 gram	0,0982	0,1026	-1,0079	-0,9891	0,9574	-2,3209
2 gram	0,0897	0,0534	-1,0472	-1,2725	1,6799	-2,4113
3 gram	0,0834	0,0366	-1,0788	-1,4360	2,2759	-2,4841
4 gram	0,0811	0,0278	-1,0912	-1,5552	2,9103	-2,5127
5 gram	0,0761	0,0227	-1,1186	-1,6435	3,3489	-2,5757
Logam Mn						
1 gram	0,0049	0,0009	-2,3098	-3,0458	5,4444	-5,3185
2 gram	0,0048	0,0005	-2,3188	-3,3233	10,1053	-5,3391
3 gram	0,0044	0,0004	-2,3565	-3,4164	11,4783	-5,4262
4 gram	0,0043	0,0003	-2,3665	-3,5229	14,3333	-5,4491
5 gram	0,0039	0,0003	-2,4089	-3,5528	13,9286	-5,5468
TSS						
1 gram	125,75	59,38	2,0995	1,7736	2,1179	4,8343
2 gram	111,75	33,19	2,0482	1,5210	3,3672	4,7163
3 gram	97	24,58	1,9868	1,3906	3,9458	4,5747
4 gram	82,5	20,25	1,9165	1,3064	4,0741	4,4128
5 gram	70,5	17,40	1,8482	1,2405	4,0517	4,2556
Turbidity						
1 gram	31,8	12,77	1,5024	1,1061	2,4909	3,4595
2 gram	29,9	6,85	1,4757	0,8357	4,3650	3,3979
3 gram	26,2	5,19	1,4183	0,7151	5,0493	3,2658
4 gram	24,1	4,15	1,3820	0,6180	5,8072	3,1822
5 gram	21,4	3,59	1,3304	0,5555	5,9555	3,0634



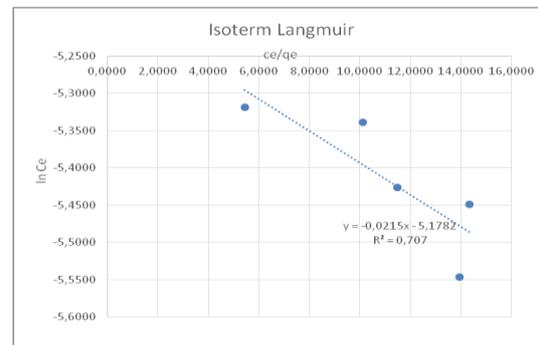
Gambar 10. Grafik Isoterm adsorpsi freundlich logam Fe



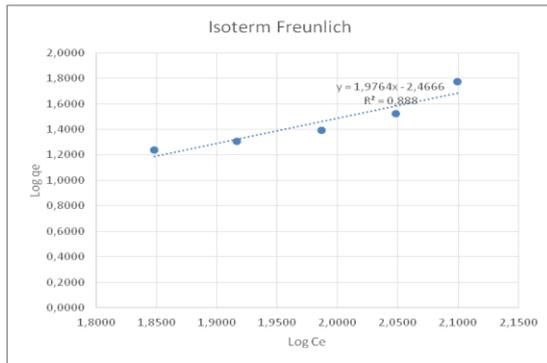
Gambar 11. Grafik Isoterm adsorpsi langmuir logam Fe



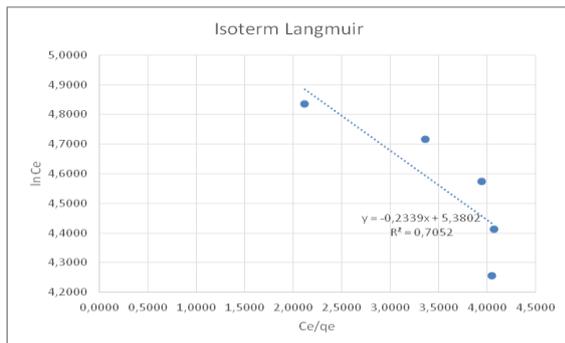
Gambar 12. Grafik Isoterm adsorpsi freundlich logam Mn



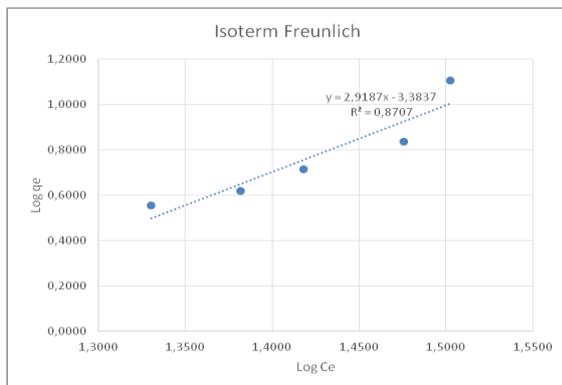
Gambar 13. Grafik Isoterm adsorpsi langmuir logam Mn



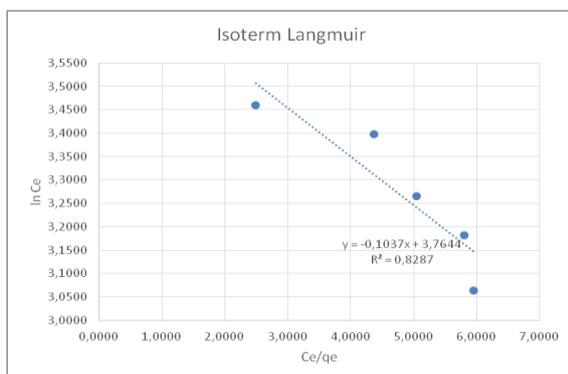
Gambar 14. Grafik Isoterm adsorpsi freundlich TSS



Gambar 15. Grafik Isoterm adsorpsi langmuir TSS



Gambar 16. Grafik Isoterm adsorpsi freundlich Turbidity



Gambar 17. Grafik Isoterm adsorpsi langmuir Turbidity

Berdasarkan gambar 10-17 didapatkan bahwa isoterm Freundlich lebih linier dibandingkan isoterm Langmuir. Hal ini ditunjukkan dengan nilai R^2 yang mendekati 1. Isoterm Freundlich mengasumsikan adsorben *Chips pin and fines* (CPF) melekat pada permukaan yang heterogen, sehingga adsorben melekat pada lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer). Isoterm ini juga mengasumsikan bahwa adsorpsi pada setiap permukaan memiliki energi ikatan yang berbeda (Nurhidayati et al. 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *Chips pin and fines* (CPF) dapat dibuat menjadi adsorben yang mampu menurunkan kandungan pencemar pada air lindi *brown pulp* diantaranya: pH, Warna, TDS, TSS, *Turbidity*, COD, BOD dan Logam Fe serta Mn. kemampuan adsorpsi dipengaruhi oleh massa yang ditambahkan dan waktu kontak yang digunakan, semakin banyak jumlah adsorben yang ditambahkan dan waktu kontak yang digunakan, kemampuan adsorpsi meningkat. Besar parameter yang mampu diturunkan, yaitu pH (8,39%), Warna (24,67%), TDS (30,57%), TSS (71,17%), *Turbidity* (62,71%), COD (49,1%), BOD (36,51%), dan Logam Fe (74,92%) serta logam Mn (41,95%). Adsorben CPF termasuk kedalam isoterm freundlich.

SARAN

Beberapa saran yang perlu dilakukan untuk menyempurnakan penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penentuan kondisi optimum dari waktu kontak dan penambahan massa adsorben. (2) Perlu dilakukan perbandingan cost antara pemanfaatan CPF sebagai adsorben dan sebagai bahan bakar. (3) Perlu dilakukan pengujian FTI-R, SEM dan Uji BET pada adsorben untuk mengetahui karakteristik adsorben. (4) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan variasi aktivator lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Asia Pulp and Paper (APP) yang sudah memberikan dana memfasilitasi penelitian.

REFERENSI

Abdi, Chairul, Riza Miftahul Khair, and M. Wahyuddin Saputra. 2016. "PEMANFAATAN LIMBAH KULIT PISANG KEPOK (*Musa Acuminata* L.) SEBAGAI KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN AIR SUMUR KOTA BANJARBARU :Fe DAN Mn." *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)* 1(1):8–15. doi: 10.20527/jukung.v1i1.1045.

- Ahmat, Nur. 2006. "Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solids) Dan Warna Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbon Filter."
- Arbi, Yaumal, Ronald Leonardo Siregar, and Tri Padmi Damanhuri. 2018. "Kajian Pencemaran Air Tanah Oleh Lindi Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang." *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri* 18(1):46. doi: 10.36275/stsp.v18i1.99.
- Banat, F. A., B. Al-Bashir, S. Al-Asheh, and O. Hayajneh. 2000. "Adsorption of Phenol by Bentonite." *Environmental Pollution* 107(3):391-98. doi: 10.1016/S0269-7491(99)00173-6.
- Barros Júnior, L. M., G. R. Macedo, M. M. L. Duarte, E. P. Silva, and A. K. C. L. Lobato. 2003. "Biosorption of Cadmium Using the Fungus *Aspergillus Niger*." *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 20(3):229-39. doi: 10.1590/S0104-66322003000300003.
- E. Damanhuri and T. Padmi. 2011. "Pengelolaan Sampah." *Diktat kuliah TL.*, 3104, : 5-10.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ginting, Perdana. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri*. Bandung: Yrama Widya.
- Intan, D., Dkk. 2016. Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal. *Jurnal Akademika Kimia*. 5(4): 166-171.
- J. S. Tangio. 2013." *Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (Eichhorniacrassipes)*" *ENTROPI*, 8(1): 500-506.
- Khair, Riza Miftahul, Nopi Stiyati Prihatini, Apriani Apriani, and Vita Pramaningsih. 2021. "PENURUNAN KONSENTRASI WARNA LIMBAH CAIR SASIRANGAN MENGGUNAKAN ADSORBENILIMBAH PADAT. LUMPUR-AKTIF TERAKTIVASI INDUSTRI KARET." *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)* 7(1):74-83. doi: 10.20527/jukung.v7i1.10822.
- Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air Dan Pemanfaatan Limbah Indusri*. Jakarta: Rajawali.
- Nurhidayati, Isna, Bella Mellisani, Fitria Puspita, Fajar Amelia, and Rahmawati Putri. 2022. "Penentuan Isoterm Dan Kinetika Adsorpsi Ion Besi Oleh Sedimen Sebagai Adsorben."
- Safrianti, Iin, Nelly Wahyuni, Titin Anita Zaharah, and Ji H. Hadari Nawawi. 2012. "ADSORPSI TIMBAL (II) OLEH SELULOSA LIMBAH JERAMI PADI TERAKTIVASI ASAM NITRAT: PENGARUH PH DAN WAKTU KONTAK." 1(1):1-7.
- Sulistyawati, Sari, and Departemen Kimia. 2008. "Modifikasi Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Berat Pb(II)." (Ii).
- Mulyanto. 2007. "PEMANFAATAN BUI KELOR SEBAGAI KOAGULAN UNTUK MENURUNKAN KADAR WARNA DAN KEKERUHAN PADA LIMBAH BATIK NAKULA SADEWA."
- Triana, Gia Yulandani. 2015. "Pengaruh Aktivasi Dan Dosis Adsorben Sekam Padi Untuk Mengurangi Konsentrasi Methylene Blue Pada Limbah Cair Industri Tekstil." *Skripsi* 1-114.