



PEMANFAATAN SABUT KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KONSENTRASI BESI (FE) DAN KROMIUM (CR) AIR LINDI DENGAN VARIASI WAKTU KONTAK DAN KECEPATAN PENGADUKAN MENGGUNAKAN SISTEM *BATCH*

Lilantisa Angelina Simbolon*, Budi Nining Widarti, Edhi Sarwono

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman.
Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119

*Korespondensi penulis: lilantisaangelinas@gmail.com

ABSTRAK

Pengolahan air lindi dapat dilakukan melalui proses adsorpsi dengan memanfaatkan sabut kelapa sebagai bioadsorben. Sabut kelapa mengandung lignin 33,5%, selulosa 37,9% dan hemiselulosa 15,5% yang mampu menyerap kandungan logam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi adsorben dari sabut kelapa menurunkan kandungan logam Fe dan Cr melalui sistem *batch*, mengetahui pengaruh variasi waktu kontak dan kecepatan pengadukan dalam menurunkan kandungan logam berat Fe dan Cr pada air lindi serta hasil analisis kapasitas adsorpsi menggunakan metode isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Penelitian ini berskala laboratorium ketika pengolahan air lindi TPA Bukit Pinang dilakukan dan menggunakan metode *batch* dengan arang aktif limbah sabut kelapa sebagai adsorben. Proses penelitian dimulai dari preparasi sabut kelapa, kemudian dilakukan karbonisasi dengan suhu 400°C selama 2 jam dan aktivasi fisik dengan suhu 500°C selama 30 menit dan kimia menggunakan larutan H₂SO₄ 1 M selama 24 jam sebagai aktivator. Pada penelitian ini digunakan variasi kecepatan pengadukan yaitu 50, 100 dan 200 rpm dan variasi waktu kontak yaitu 15, 30, 60 dan 90 menit. Massa yang digunakan sebanyak 2 gram dimana sebelumnya telah dihaluskan dengan ukuran 100 *mesh*. Setelah itu, diuji karakteristik arang aktif sabut kelapa dan dilakukan proses adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi pada air lindi menggunakan arang aktif sabut kelapa dapat menurunkan logam Fe sebesar 30,84% pada waktu kontak 60 menit dengan kecepatan pengadukan 50 rpm dan untuk logam Cr sebesar 95,55% pada waktu kontak 90 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Berdasarkan hasil analisis isoterm logam Fe dan Cr, nilai regresi (R^2) yang diperoleh paling besar yaitu 0,9981 pada isoterm Freundlich. Maka, model isoterm yang cocok untuk adsorpsi menggunakan bioadsorben sabut kelapa yaitu isoterm Freundlich.

Kata Kunci: Adsorpsi, Air Lindi, Bioadsorben, Sabut Kelapa

1. Pendahuluan

Sampah yang berada di TPA perlu mendapat penanganan agar tidak terjadi penyimpangan dalam pembuangannya sehingga dapat mengganggu kebersihan dan keindahan, serta dapat menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan yaitu timbulnya bau akibat sampah yang terdekomposisi. Bau tersebut mengandung lalat yang dapat menyebabkan berbagai penyakit menular. Selain itu tanah dan air permukaan maupun air bawah tanah dapat terkontaminasi oleh cairan lindi (pemaparan air hujan terhadap timbunan sampah) [1].

Air lindi dari sebuah kolam penampungan cairan lindi dapat meresap ke dalam tanah. Agar pencemaran air lindi ini berkurang bahkan hilang, diperlukan upaya pengolahan cairan lindi menggunakan metode adsorpsi yang mampu menyaring cairan lindi dan mengurangi kadar pencemar pada cairan lindi terutama pada kandungan beratnya terutama Fe dan Cr, seperti logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi antara lain adalah Hg, Cd, Cu, Fe, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn, dan Mn. Beberapa material mampu menyaring cairan lindi, diantaranya adalah karbon aktif.

TPA Bukit Pinang di Kota Samarinda merupakan salah satu TPA menggunakan sistem *open dumping* dengan area seluas $\pm 95.000 \text{ m}^2$ (pen) dan menampung $566.928,15 \text{ m}^3$ [2]. Sampah-sampah yang terkumpul di TPA tersebut belum dilakukan pemilahan dan pengolahan sampah secara spesifik sejak dari sumbernya sampai



ke TPA, sehingga sampah organik, sampah anorganik atau bahkan limbah bahan kimia beracun dan berbahaya (B3) ditumpuk menjadi satu. Oleh sebab itu, lindi yang dihasilkan dari TPA Bukit Pinang mengandung logam berat, diantaranya besi dan kromium. Berdasarkan hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan, diketahui bahwa kandungan logam berat Fe sebesar 3,08 mg/L dan Cr sebesar 0,09 mg/L.

Sabut kelapa merupakan salah satu adsorben yang dapat digunakan dalam pengolahan air lindi melalui adsorpsi. Adsorpsi merupakan gaya ikatan yang bekerja pada permukaan adsorben padat yang berfungsi menarik bahan yang harus dipisahkan dari campurannya sehingga dapat terjadi suatu proses pemisahan bahan tersebut dari campuran gas atau cair. Sabut kelapa juga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang dapat menyerap ion logam [3]. Sabut kelapa mengandung lignin 33,5%, selulosa 37,9% dan hemiselulosa 15,5% [4]. Adsorben sabut kelapa telah berhasil menurunkan kadar Fenol sebesar 98,49% pada limbah artifisial dan menurunkan kadar logam Fe pada limbah cair industri galvanis sebesar 61,4% [5].

Berdasarkan permasalahan air lindi yang mengandung logam berat serta adanya potensi pemanfaatan limbah dari sabut kelapa sebagai media adsorben dalam menyisihkan kandungan logam berat pada air lindi sehingga dilakukan penelitian pengolahan air lindi untuk mengadsorpsi kandungan logam berat Fe dan Cr dengan metode adsorpsi menggunakan sabut kelapa sebagai bioadsorben dan menganalisis kapasitas dari hasil adsorpsi menggunakan persamaan isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam waktu 5 bulan, Juni hingga Oktober 2021 terhitung sejak tahap persiapan, tahap penelitian dan tahap analisis. Sabut kelapa berasal dari penjual kelapa di Pasar Sungai Dama, Samarinda Iilir, Kota Samarinda. Pengambilan air limbah berasal dari air lindi TPA Bukit Pinang, Samarinda Ulu, Kota Samarinda. Pengolahan air lindi dilakukan di Laboratorium Teknologi Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda. Pembuatan arang aktif sabut kelapa dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Pengujian parameter logam berat Fe dan Cr dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman. Pengujian karakteristik arang aktif sabut kelapa (uji proksimat) kadar air, kadar abu, kadar zat terbang (*volatile matter*), kadar karbon terikat dilakukan di Laboratorium Analitik Politeknik Pertanian Negeri Samarinda dan pengujian daya serap Iodium dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Politeknik Negeri Samarinda.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain sabut kelapa yang akan dijadikan sebagai adsorben, akuades, H_2SO_4 , kertas saring dan air lindi. Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain *furnace* untuk proses karbonisasi ampas tebu, mortal dan alu untuk menggerus adsorben, ayakan 100 *mesh*, desikator, neraca analitik, *jar test* untuk pengontakan adsorben dan air limbah, pompa vakum, oven, spektrofotometer serapan atom (SSA), pH meter, *beaker glass*, labu *Erlenmeyer*, pompa vakum, kertas saring whatman no, 42, dan cawan krusibel.

Preparasi Sabut Kelapa

Sabut kelapa dipotong kecil-kecil (1 - 2 cm). Lalu dibersihkan sabut kelapa menggunakan air bersih dan dikeringkan sabut kelapa dibawah sinar matahari kemudian ditimbang berat sabut kelapa.

Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi menggunakan *furnace* yang dipanaskan dengan suhu 400°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator yang selanjutnya dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 *mesh*.

Proses Aktivasi

Arang yang telah diayak kemudian diaktivasi secara fisik-kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan memasukkan arang sabut kelapa ke dalam *furnace* 500°C selama 30 menit lalu didinginkan ke desikator. Setelah dingin dilanjutkan aktivasi kimia, direndam arang dengan larutan H_2SO_4 selama 24 jam. Kemudian,



arang disaring dengan pompa vakum dan dikeringkan kembali dalam oven dengan suhu 105 °C selama 4 jam hingga kering.

Pengujian Karakteristik Arang Akti Sabut Kelapa

Setelah arang diaktivasi fisika dan kimia, kemudian diuji karakteristik arang sabut kelapa berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 yaitu uji proksimat yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat dan daya serap iodin.

Proses Adsorpsi

Air lindi disiapkan sebanyak 250 mL lalu dimasukkan adsorben sabut kelapa ukuran 100 *mesh* sebanyak 2 gram. Kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *jar test* pada variasi waktu pengadukan 15, 30, 60 dan 90 menit dengan kecepatan masing-masing variabel yaitu 50, 100 dan 200 rpm. Diendapkan dan disaring untuk dilakukan analisis kandungan logam Fe dan Cr.

Analisis Efisiensi Penurunan Logam

Analisis kandungan logam Fe dan Cr dilakukan sebelum dan setelah proses adsorpsi. Analisa kandungan logam dilakukan dengan menggunakan SSA (*Spektrofotometri Serapan Atom*), sehingga dari tahapan-tahapan yang dilakukan dapat diperoleh data berupa konsentrasi logam Fe dan Cr sebelum dan setelah adsorpsi. Kemudian, dari data-data tersebut digunakan untuk menghitung efisiensi penurunan logam dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Efisiensi Penurunan (\%)} = \frac{\text{konsentrasi logam awal} - \text{konsentrasi logam akhir}}{\text{konsentrasi logam awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis Isoterm dan Kapasitas Adsorben Sabut Kelapa

Analisis isoterm dan kapasitas adsorben sabut kelapa dilakukan dengan menggunakan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich dengan bertujuan untuk mengetahui model isoterm manakah yang terjadi saat adsorpsi logam Fe dan Cr berlangsung serta seberapa besar kapasitas dari adsorben yang digunakan. Untuk persamaan isoterm Langmuir [6] dapat dilihat pada Persamaan 2, sedangkan persamaan isoterm Freundlich [7] dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$\frac{x}{m} = \frac{qm \cdot b \cdot C}{1 + b \cdot C} \quad (2)$$

dimana $\frac{x}{m}$ adalah konsentrasi adsorbat yang terjerap (gr/gr), qm adalah kapasitas maksimum adsorben, b adalah konstanta Langmuir, serta C merupakan konsentrasi zat pelarut pada saat setimbang (mg/L).

$$-\frac{x}{m} = k \cdot C^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

dimana $\frac{x}{m}$ adalah konsentrasi maksimum adsorbat dalam adsorben pada keadaan setimbang (gr/gr), k dan n adalah konstanta yang nilainya tergantung pada temperature, jenis adsorben, dan jenis unsur yang diserap, serta C merupakan konsentrasi zat pelarut pada saat setimbang (mg/L).

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini air sampel yang digunakan yaitu air lindi yang berasal dari TPA Bukit Pinang, Samarinda Ulu, Kota Samarinda. Air lindi yang diperoleh selanjutnya dilakukan uji karakteristik awal kandungan logam berat Besi (Fe) dan Kromium (Cr) dengan hasil seperti pada Tabel 1 sebagai berikut.

**Tabel 1.** Hasil Uji Karakteristik Awal Lindi

No.	Parameter	Satuan	Air Sampel	Baku Mutu
1	Fe	mg/L	3,08	5 – 10
2	Cr	mg/L	0,09	0,5 – 1

Sumber: Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 Lampiran II Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan Usaha yang Belum Ditetapkan Secara Khusus.

Uji karakteristik awal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan awal logam berat Fe dan Cr pada air lindi TPA Bukit Pinang Kota Samarinda sebelum dilakukan pengolahan. Kandungan logam pada air lindi memungkinkan berasal dari sampah buangan rumah tangga ataupun pasar yang mengandung besi (Fe) dan kromium (Cr) seperti komponen dari bangunan, mesin, pipa, kawat dan sebagainya.

Karakterisasi Adsorben Arang Aktif Sabut Kelapa

Adsorben arang aktif sabut kelapa yang telah dibuat dilakukan pengujian karakteristik apakah adsorben sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Untuk hasil uji karakteristik tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik Arang Aktif Sabut Kelapa

Parameter	Aktivasi Kimia H ₂ SO ₄ 1 M	SNI (06-3730-1995)
Rendemen	42,26%	-
Kadar Air	3,17%	max. 15%
Kadar Abu	3,79%	max. 10 %
<i>Volatile Matter</i>	40,63%	max. 25%
Kadar Karbon Terikat	55,58%	min. 65%
Daya Serap Iodium	317 mg/g	Min 750 mg/g

Peningkatan suhu karbonisasi cenderung menurunkan hasil rendemen arang, nilai rendemen yang dihasilkan tergantung pada jenis dan kadar air bahan baku yang digunakan [8].

Air yang tersimpan di dalam karbon aktif yang berukuran partikel yang semakin halus, maka kandungan air yang tersimpan akan semakin sedikit karena pori-pori udaranya semakin kecil dan air tidak mudah masuk dalam pori-pori karbon aktif, dalam hal ini kadar air karbon aktif yang dikehendaki harus sekecil mungkin karena mempengaruhi daya serap terhadap gas maupun cairan. Semakin kecil kadar air maka semakin luas pori yang dapat menyerap adsorbat.

Besaran ukuran partikel arang juga mempengaruhi tinggi rendahnya kadar abu karena densitas/kepadatan partikel arang, semakin kecil ukuran partikelnya maka semakin banyak kandungan arang pada suatu briket bio arang sehingga nilai kalor akan semakin tinggi yang dapat mempengaruhi banyaknya abu yang terbakar [9]. Semakin tinggi kadar abu maka kualitas arang aktif juga rendah karena kandungan anorganik semakin tinggi.

Kadar zat terbang mempengaruhi kemampuan adsorpsi yang disebabkan adanya senyawa non karbon yang menempel pada permukaan arang aktif sabut kelapa dan dapat menutupi pori-pori arang aktif hingga efektivitas adsorpsinya tidak optimal. Kadar zat terbang yang tinggi tersebut disebabkan oleh tidak sempurnanya proses karbonisasi berlangsung dan juga pada saat proses pencucian setelah aktivasi kimia yang kurang sempurna. Semakin besar suhu dan lama waktu dalam proses karbonisasi maka semakin banyak zat terbang yang terbuang sehingga pada saat pengujian kadar zat terbang akan diperoleh kadar terbang yang rendah [10].

Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh perubahan kadar abu, kadar air, dan kadar zat terbang arang aktif dari sabut kelapa. Semakin rendah kadar abu dan kadar zat terbang maka kadar karbon terikat akan semakin tinggi. Apabila proses karbonisasi berjalan sempurna maka bahan baku arang akan menguapkan zat ekstraktif



sebanyaknya hingga kadar mudah menguap yang tertinggal sedikit dan kadar karbon yang terikat akan meningkat.

Pengujian kualitas daya serap terhadap iodium pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul kecil dan zat dalam fase cair. Luas permukaan karbon menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari adsorben, sehingga semakin luas permukaan karbon aktif maka kapasitas adsorpsi akan semakin tinggi.

Analisis Pengaruh Adsorben Arang Aktif Sabut Kelapa dalam Penyisihan Kadar Fe Air Lindi

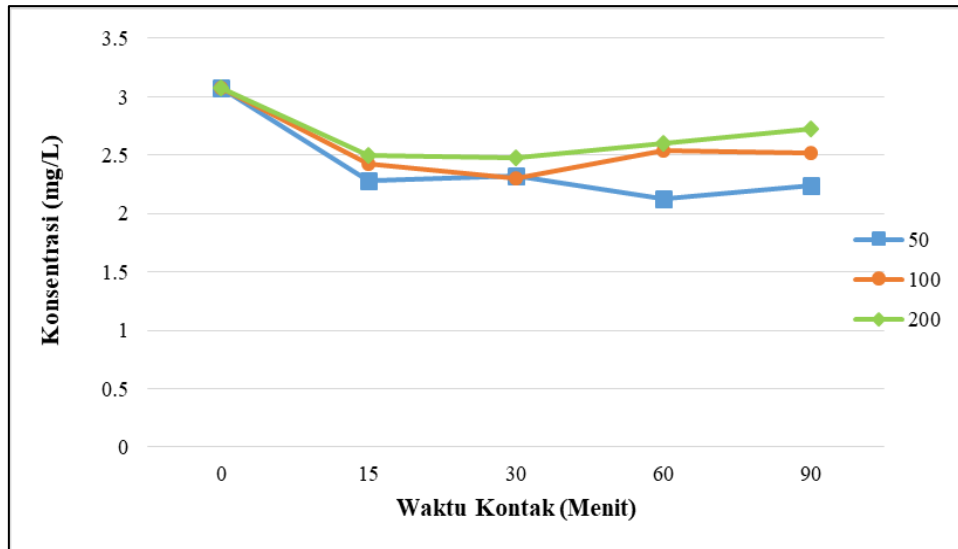
Dalam penelitian ini, air lindi yang tersaring oleh adsorben sabut kelapa diuji kandungan logamnya untuk mengetahui pengaruh dari adsorben tersebut dalam menurunkan konsentrasi logam Fe. Untuk hasil pengujian akhir kandungan logam Fe dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan waktu kontak dan kecepatan pengadukan memiliki pengaruh terhadap jumlah logam berat yang teradsorpsi. Berdasarkan hasil uji, jumlah Fe yang terserap akan sesuai dengan kemampuan kecepatan pengadukan dan waktu kontak yang meningkat hingga batas waktu optimum. Sehingga pada kecepatan pengadukan 50 rpm dan waktu kontak 60 menit hasil penyerapan paling optimal logam Fe dari konsentrasi awal 3,08 mg/L menjadi 2,13 mg/L. Semakin lama waktu kontak maka kesempatan partikel bioadsorben untuk bersinggungan dengan ion logam lebih besar, sehingga ion logam yang terikat dalam pori-pori bioadsorben semakin banyak [5]. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat tetapi bila pengadukan terlalu cepat membuat arang aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam bahkan dapat merusak struktur adsorben, sehingga pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm jumlah logam yang terserap cenderung berkurang. Nilai adsorpsi logam Fe yang rendah juga dapat dipengaruhi luas permukaan adsorben dimana semakin besar ukuran pori-pori pada luas permukaan maka semakin tinggi kemampuan arang dalam menyerap ion logam, dimana nilai daya serap iod sebesar 317 mg/g. Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodnya tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar.

Tabel 3. Hasil Uji Akhir Logam Fe

Kecepatan	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
50	15	3,08	2,28	25,97
	30		2,32	24,68
	60		2,13	30,84
	90		2,24	27,27
100	15		2,43	21,10
	30		2,30	25,32
	60		2,54	17,53
	90		2,52	18,18
200	15		2,50	18,83
	30		2,48	19,48
	60		2,60	15,58
	90		2,72	11,69

Dalam penelitian ini dilakukan analisis hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi logam Fe di dalam air limbah. Adapun untuk korelasi kedua variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



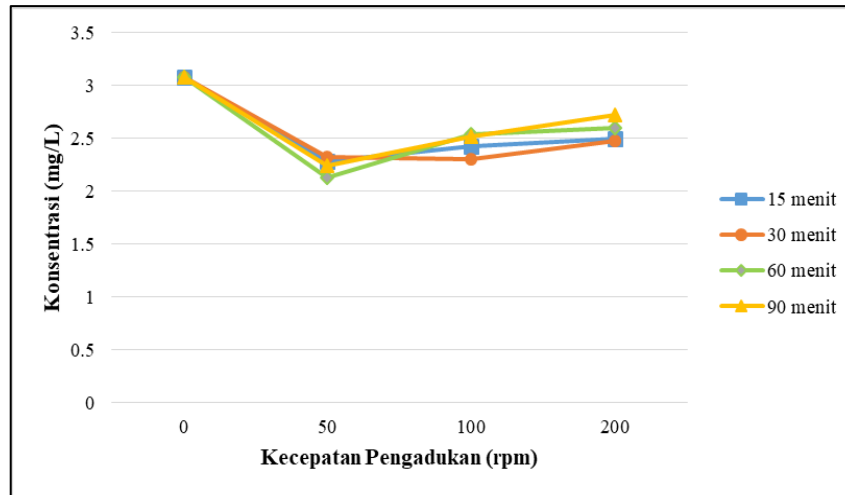
Gambar 1. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Logam Fe

Gambar 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi mulai terjadi ditandai dengan penurunan konsentrasi logam berat Fe pada menit 15 pertama dengan persen *removal* terbesar 25,97% atau konsentrasi penurunan Fe 2,28 mg/L pada kecepatan pengadukan 50 rpm. Penurunan konsentrasi Fe paling besar terjadi saat waktu kontak 60 menit pada kecepatan pengadukan 50 rpm yang mampu menurunkan kadar Fe dengan persen *removal* sebesar 30,84%, dimana konsentrasi awal logam berat Fe 3,08 mg/L menjadi 2,13 mg/L. Waktu pengadukan yang terlalu lama dapat menyebabkan menurunnya konsentrasi penyerapan sehingga pada waktu 90 menit arang aktif sabut kelapa mengalami kejenuhan zat terlarut yang diadsorpsi akan mencapai batas maksimum, akibat dari permukaan adsorben ataupun gugus aktif yang terdapat pada adsorben tidak dapat lagi menyerap adsorbat dan semakin lama waktu ion Fe yang sudah terikat akan terdesorpsi kembali ke dalam larutan.

Proses adsorpsi pada karbon aktif terjadi karena adanya gaya tarik menarik *Van der Waals*, dimana pada saat ion logam yang tersolvansi menempel pada permukaan karbon aktif maka akan terjadi ikatan dipol-dipol induksian yaitu ikatan yang terjadi antara molekul nonpolar dengan molekul polar.

Selain waktu pengadukan, pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi logam Fe juga dianalisis. Untuk visualisasi pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi logam Fe tersebut dapat diamati pada Gambar 2.

Penurunan terbesar kandungan Fe terdapat pada kecepatan pengadukan 50 rpm dengan waktu pengadukan 60 menit yaitu 2,13 mg/L dengan persen *removal* sebesar 30,84%. Gambar 2 menunjukkan pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan 200 rpm, banyaknya kandungan logam Fe yang terserap cenderung berkurang dibanding kecepatan 50 rpm. Hal ini terlihat dari gambar yang kembali naik di titik 100 rpm dan 200 rpm pada variasi waktu pengadukan. Penggunaan kecepatan pengadukan di atas 50 rpm pada penelitian ini akan membuat ikatan antar partikel adsorben dan adsorbat terlepas. Terlalu cepatnya pengadukan membuat arang aktif tidak sempat membentuk ikatan yang kuat dengan partikel logam [11]. Sehingga dapat diketahui variasi kecepatan pengadukan yang efektif untuk adsorpsi Fe terjadi pada 50 rpm.



Gambar 2. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Logam Fe

Analisis Pengaruh Adsorben Arang Aktif Sabut Kelapa dalam Penyisihan Kadar Cr Air Lindi

Selain logam Fe, besar kandungan logam Cr dalam air lindi yang terolah juga diuji untuk mengetahui pengaruh dari adsorben tersebut dalam menurunkan konsentrasi logam Cr. Untuk hasil pengujian akhir kandungan logam Fe dapat dilihat pada Tabel 4.

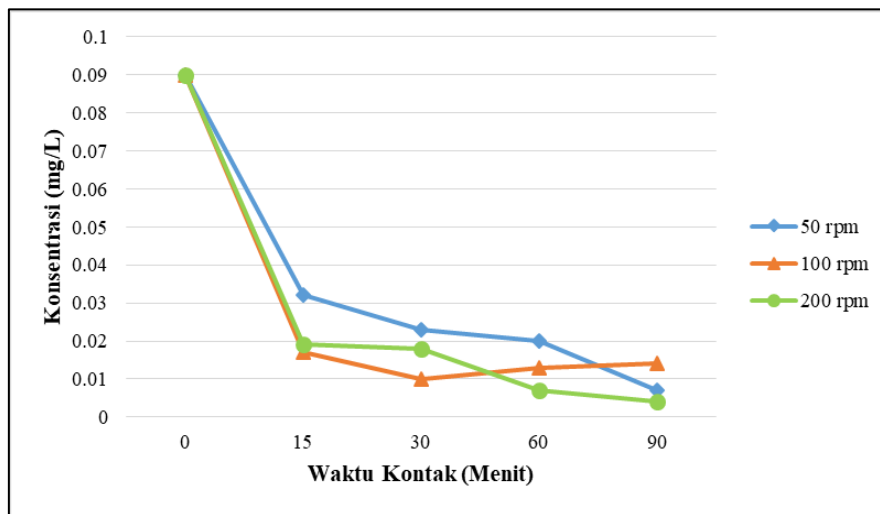
Efisiensi adsorpsi dari bioadsorben sabut kelapa dalam penurunan konsentrasi logam berat Cr lebih tinggi dibandingkan dengan penjerapan pada logam berat Fe. Adapun kemampuan bioadsorben sabut kelapa dalam menurunkan konsentrasi logam Fe paling optimum sebesar 30,84%, sedangkan untuk menurunkan konsentrasi logam Cr paling optimum sebesar 95,55%. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penjerapan Cr dari hasil adsorpsi dipengaruhi oleh waktu kontak dan kecepatan pengadukan. Efisiensi logam Cr yang terserap akan terus meningkat sesuai dengan meningkatnya kecepatan pengadukan.

Tabel 4. Hasil Uji Akhir Logam Cr

Kecepatan	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Removal (%)
50	15	0,09	0,032	64,44
	30		0,023	74,44
	60		0,020	77,77
	90		0,007	92,22
100	15		0,017	81,11
	30		0,010	88,88
	60		0,013	85,55
	90		0,014	84,44
200	15		0,019	78,88
	30		0,018	80
	60		0,007	92,22
	90		0,004	95,55



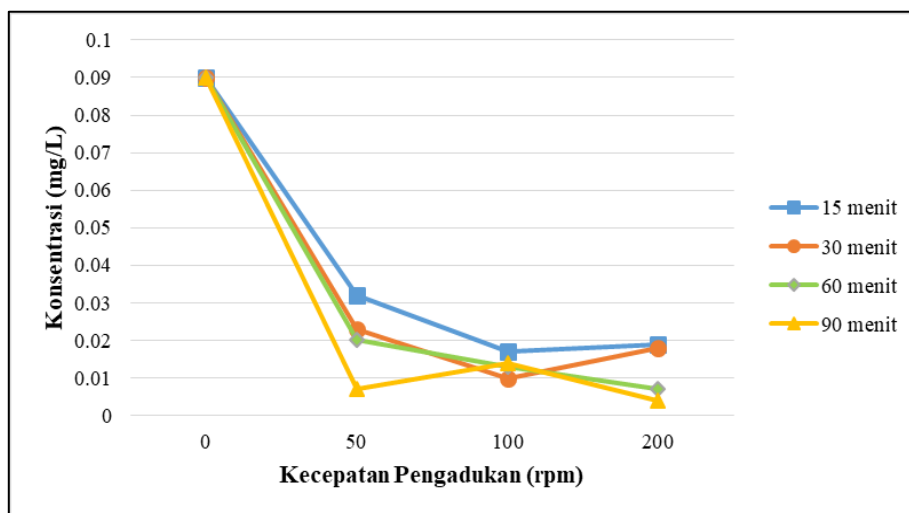
Dalam penelitian ini dilakukan analisis hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi logam Fe di dalam air limbah. Adapun untuk korelasi kedua variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Logam Cr

Pada waktu kontak 90 menit adsorpsi semakin meningkat dengan konsentrasi logam Cr terbesar terjadi pada kecepatan pengadukan 200 rpm menjadi 0,004 mg/L atau persen *removal* sebesar 95,55%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak dengan bertambahnya proses pengadukan maka jumlah kandungan Cr yang terserap cenderung mengalami kenaikan seperti pada kecepatan waktu kontak 90 menit dengan pengadukan 200 rpm. Semakin lama waktu reaksi maka semakin besar persentase penurunan Cr (VI) yang dicapai, karena dengan bertambahnya waktu akan memberikan kesempatan lebih banyak untuk terjadinya degradasi polutan yang ada di dalam air limbah [12].

Sama seperti pada konsentrasi logam Fe, pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi logam Cr juga dianalisis. Untuk visualisasi pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi logam Cr tersebut dapat diamati pada Gambar 4.



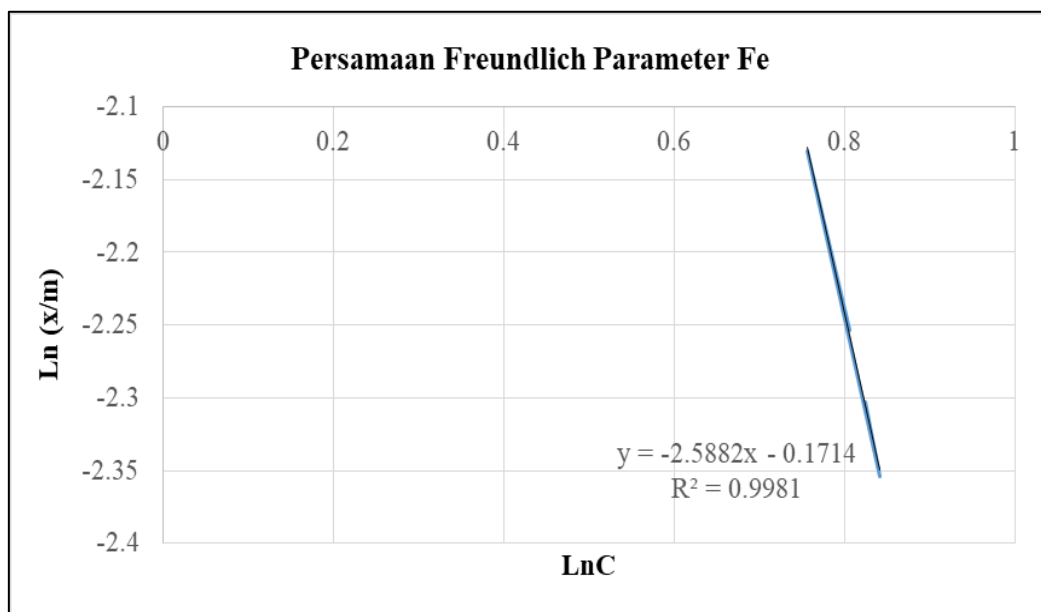
Gambar 4. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Logam Cr



Pada kecepatan pengadukan 200 rpm terjadi penurunan konsentrasi logam Cr yang cukup besar pada waktu kontak 90 menit yaitu konsentrasi logam Cr menjadi 0,004 mg/L, dengan penurunan konsentrasi logam Cr berkisar antara 0,019 mg/L – 0,004 mg/L pada kecepatan ini. Sehingga efisiensi penurunan kadar logam Cr yang paling optimum dengan kecepatan 200 rpm dengan waktu kontak 90 menit yaitu 0,004 mg/L atau persen *removal* yang dihasilkan sebesar 95,55%. Semakin kecil kecepatan pengadukan maka adsorbat sukar menembus lapisan, semakin besar kecepatan maka adsorpsi pun berjalan baik.

Analisis Isoterm Adsorpsi Logam Fe

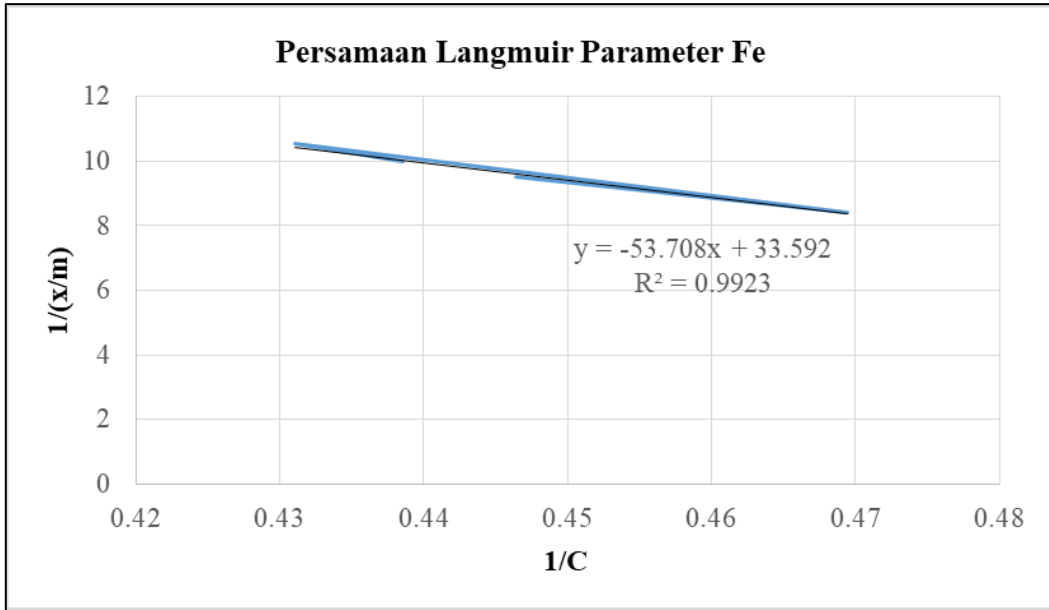
Analisis jenis isoterm adsorben sabut kelapa dalam mengadsorpsi logam Fe dilakukan dengan menggunakan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich. Untuk kurva persamaan Freundlich yang terbentuk dapat diamati pada Gambar 5, sedangkan untuk kurva persamaan Langmuir yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Kurva persamaan Freundlich Parameter Logam Fe

Berdasarkan pada Gambar 5 tersebut diperoleh persamaan $Y = -2,5882x - 0,1714$ dengan nilai regesi yaitu 0,9981, sehingga dapat disimpulkan nilai-nilai untuk menentukan persamaan Freundlich pada adsorpsi karbon aktif sabut kelapa terhadap konsentrasi logam Fe yaitu slope $1/n = -2,5882$ sehingga didapatkan nilai $n = -0,3864$ dan intercept $\ln K = -0,1714$, dimana K adalah konstanta kesetimbangan (K) sebesar 0,84248. Berdasarkan nilai tersebut maka diperoleh persamaan Freundlich yaitu $q = 0,84248 \times C^{1/-0,3864}$.

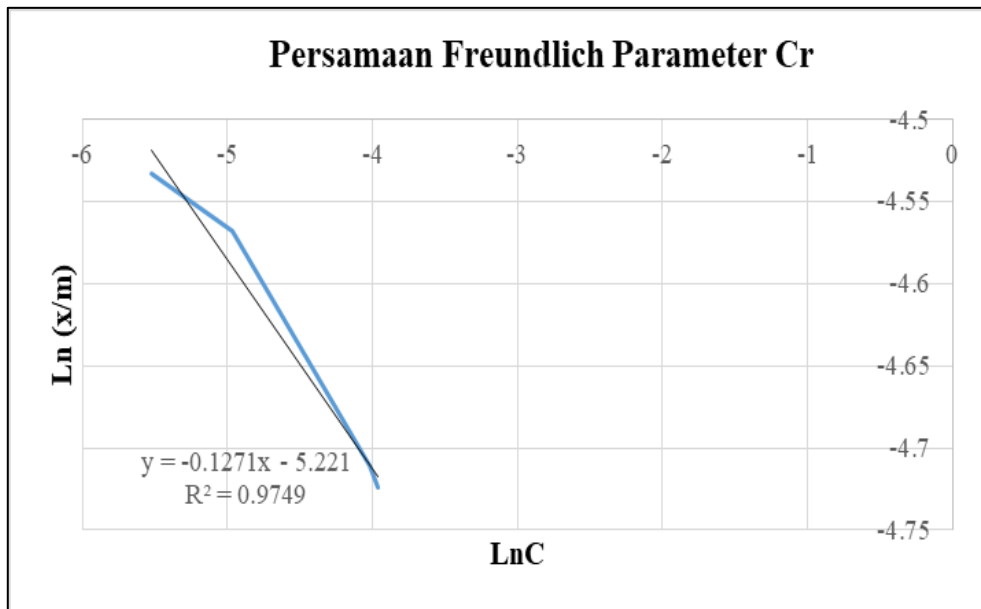
Apabila melihat grafik linieritas Langmuir yang terdapat pada Gambar 6, diperoleh persamaan yaitu $Y = -55,708x + 33,592$ dengan nilai regesi 0,9923, sehingga didapatkan nilai-nilai untuk menentukan persamaan Langmuir pada adsorpsi arang aktif sabut kelapa terhadap konsentrasi logam Fe yaitu slope $1/q_{mb} = -55,708$, intercept $1/q_m = 33,592$. Berdasarkan nilai tersebut didapatkan hasil $b(K_{ads})$ yang merupakan konstanta kesetimbangan sebesar -0,6254 dan hasil kapasitas maksimum adsorben atau q_m sebesar 0,02976 mg/g, sehingga diperoleh model persamaan Langmuir yaitu $qx = \frac{0,02976 \times -0,6254 \times C}{1+(-0,6254 \times C)}$.



Gambar 6. Kurva persamaan Langmuir Parameter Logam Fe

Analisis Isoterm Adsorpsi Logam Cr

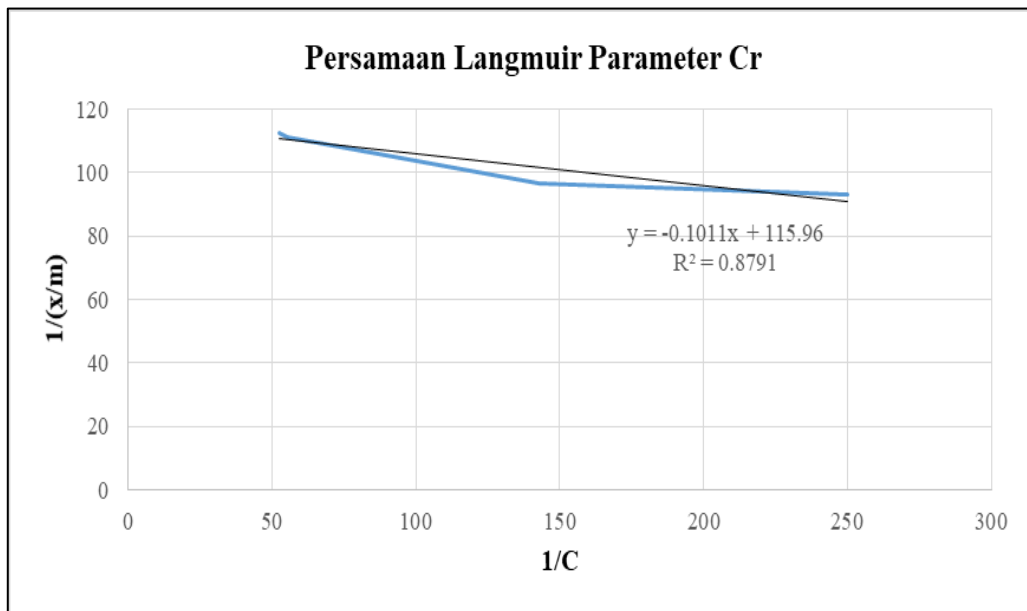
Sama seperti logam Fe, analisis jenis isoterm adsorben sabut kelapa juga dilakukan terhadap logam Cr yang terjerap dengan menggunakan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich. Untuk kurva persamaan Freundlich yang terbentuk dapat diamati pada Gambar 7, sedangkan untuk kurva persamaan Langmuir yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Kurva persamaan Freundlich Parameter Logam Cr



Berdasarkan pada Gambar 7 tersebut diperoleh persamaan $Y = -0,1271x - 5,221$ dengan nilai regresi yaitu 0,9749, sehingga dapat disimpulkan nilai-nilai untuk menentukan persamaan Freundlich pada adsorpsi karbon aktif sabut kelapa terhadap konsentrasi logam Cr yaitu slope $1/n = -0,1217$ sehingga didapatkan nilai $n = -7,8678$ dan intercept $\ln K = -5,221$, dimana K adalah konstanta kesetimbangan (K) sebesar 0,0054. Berdasarkan nilai tersebut maka diperoleh persamaan Freundlich yaitu $q = 0,0054 \times C^{1/-7,8678}$.



Gambar 8. Kurva persamaan Langmuir Parameter Logam Cr

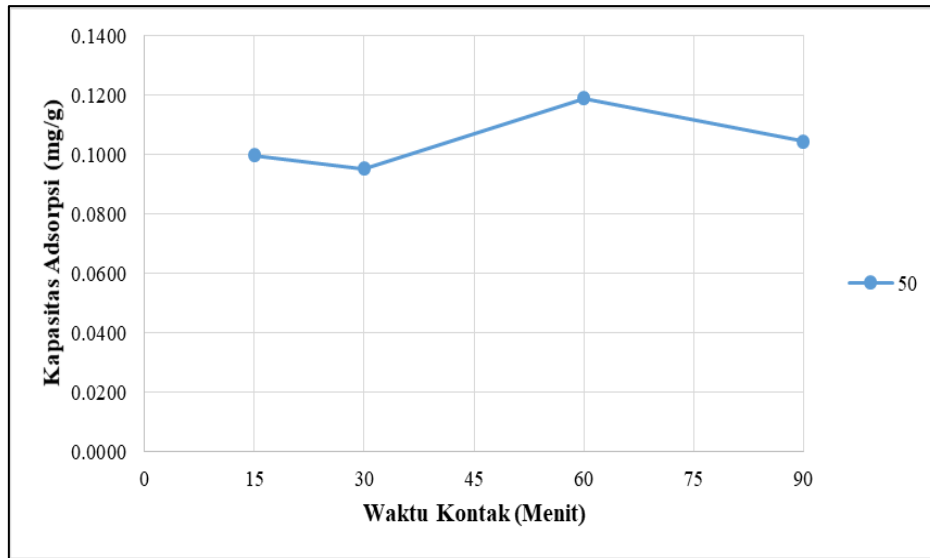
Berdasarkan grafik linieritas Langmuir yang terdapat pada Gambar 8, diperoleh persamaan yaitu $Y = -0,1011x + 115,96$ dengan nilai regresi 0,8791, sehingga didapatkan nilai-nilai untuk menentukan persamaan Langmuir pada adsorpsi arang aktif sabut kelapa terhadap konsentrasi logam Cr yaitu slope $1/q_{mb} = -0,1011$, intercept $1/q_m = 115,96$. Berdasarkan nilai tersebut didapatkan hasil $b(K_{ads})$ yaitu konstanta kesetimbangan sebesar -1146,9831 dan hasil kapasitas maksimum adsorben atau q_m sebesar 0,0086 mg/g, sehingga diperoleh model persamaan Langmuir yaitu $qx = \frac{0,0086 \times -1146,9831 \times C}{1 + (-0,1146,9831 \times C)}$

Berdasarkan grafik persamaan logam Fe dan Cr didapatkan nilai regresi (R^2) dari persamaan Freundlich dan nilai regresi dari persamaan Langmuir, hasil tersebut perhitungan persamaan nilai regresi yang mendekati 1 adalah isoterm Freundlich. Hal ini menandakan bahwa proses adsorpsi yang terjadi antara arang aktif sabut kelapa dengan logam Fe dan Cr terjadi secara fisika, dimana ikatan yang terbentuk merupakan ikatan fisika dengan terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*).

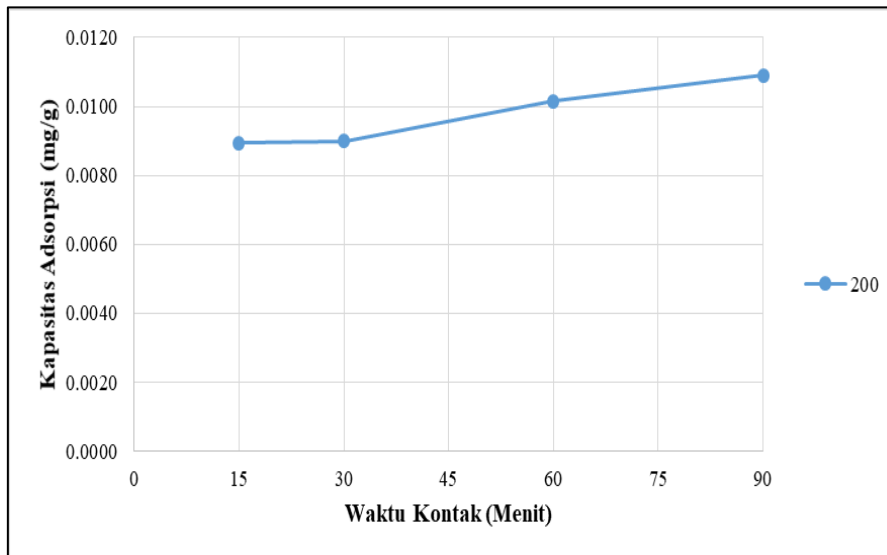
Kapasitas Penyisihan Logam Fe dan Cr

Analisis besar kapasitas adsorben sabut kelapa dalam mengadsorpsi logam Fe dilakukan dengan menggunakan persamaan isoterm Freundlich yang dimodifikasi. Untuk tren kapasitas adsorpsi logam Fe dapat diamati pada Gambar 9, sedangkan untuk tren kapasitas adsorpsi logam Cr dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan Gambar 9, kapasitas penyisihan logam Fe tertinggi terjadi pada persamaan Freundlich. Adapun nilai kapasitas adsorpsi menggunakan karbon aktif sabut kelapa melalui aktivasi fisik dan kimia H_2SO_4 1 M yaitu terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan sebesar 0,1190 mg/g.



Gambar 9. Kapasitas Adsorpsi Logam Fe



Gambar 10. Kapasitas Adsorpsi Logam Cr

Apabila melihat pada Gambar 10, kapasitas adsorpsi tertinggi logam Cr pada persamaan Freundlich menggunakan karbon aktif sabut kelapa melalui aktivasi fisik dan kimia H_2SO_4 1 M yaitu terjadi pada waktu kontak 90 menit dengan nilai kapasitas adsorpsi yaitu 0,0110 mg/g.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa efisiensi adsorben sabut kelapa yang paling optimum dalam menurunkan kandungan logam berat Fe dan Cr pada air lindi dengan berat adsorben sabut kelapa telah teraktivasi sebanyak 2 gram untuk setiap variabel yaitu untuk penjerapan logam Fe sebesar 30,84% sedangkan pada penjerapan logam Cr hingga sebesar 95,55%. Waktu kontak dan kecepatan pengadukan berpengaruh pada proses adsorpsi logam Fe dan Cr pada penelitian ini. Waktu dan kecepatan



pengadukan yang paling optimum dalam menjerap logam yaitu pada logam Fe waktu kontak 60 menit dengan kecepatan pengadukan 50 rpm menjadi 2,13 mg/L sedangkan pada penjerapan Cr terjadi pada waktu kontak 90 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 0,004 mg/L. Adsorpsi logam berat Fe dan Cr pada penelitian ini menggunakan persamaan Freundlich dan Langmuir dimana nilai regresi (R^2) yang diperoleh mendekati 1. Logam Fe memiliki nilai regresi (R^2) untuk isoterm Freundlich yaitu 0,9981 dan isoterm Langmuir yaitu 0,9923, untuk logam Cr nilai isoterm Freundlich yaitu 0,9749 dan isoterm Langmuir yaitu 0,8791. Adapun kapasitas adsorpsi setimbang logam Fe mengikuti isoterm Freundlich terjadi pada waktu 60 menit dengan kecepatan pengadukan 50 rpm sebesar 0,1190 mg/g, sedangkan untuk logam Cr terjadi pada waktu 90 menit dengan kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 0,0109 mg/g.

Referensi

- [1] A. Dimas P., T. Istirokhatun, dan S. Praharyawan, "Pemanfaatan Air Lindi TPA Jatibarang Sebagai Media Alternatif Kultivasi Mikroalga Untuk Perolehan Lipid," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 1-15, 2017.
- [2] L. Subagiyo, P. A. D. Lazar, dan Sumaryono, "Sebaran Indikasi Air Tanah Terkontaminasi Lindi Di Sekitar Tempat Pembuangan Sampah Bukit Pinang Kota Samarinda," *Journal of Physical Science and Engineering*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [3] P. Mandasari, "Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Amper," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 11–16, 2016.
- [4] L. Ifa, F. R. Pakala, F. Jaya, dan R. A. Majid, "Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Berat PB(II) Pada Air Limbah Industri," *Jurnal of Chemical Process Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 54-60, 2020.
- [5] R. Ariyanto, M. Hadiwidodo, dan Sudarno, "Pengaruh Ukuran Media Adsorben Dan Konsentrasi Aktivator H_2SO_4 Terhadap Efektifitas Penurunan Logam Berat Besi (Fe), Seng (Zn), Dan Warna Limbah Cair Industri galvanis Menggunakan Arang Sabut Kelapa: Studi Kasus PT. CeraH Sempurna-Semarang", Skripsi, Prodi Teknik Lingkungan, Univ. Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2014.
- [6] Wardalia, "Karakteristik Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorp Logam Timbal pada Limbah Cair," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6, no. 2, pp.83–88, 2016.
- [7] S. A. E. Istighfarini, S. Daud, dan E. Hs, "Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut", *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas TEKNIK*, vol. 4, no.1., Feb. 2017.
- [8] Harsusanti, "Karakteristik Arang Aktif Ampas Tebu (Sacharum Officinarum, Linn) Menggunakan Aktivasi Fisika," Skripsi, Prodi Kehutanan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia, 2018.
- [9] M. A. Y. Parama, E. Ningsih, dan Y. W. Mirzayanti. (Okt, 2016). Analisis Proksimat Terhadap Pemanfaatan Limbah Kulit Durian dan Kulit Pisang Sebagai Briket Bioarang. Dipresentasikan di Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV, Surabaya, Indonesia. Tersedia: <http://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/1357/1155>.
- [10] L. Rumiyaniti, A. Irandana, dan Y. Hendronursito, "Analisis Proksimat Pada Briket Arang Limbah Pertanian," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [11] I. Syauqiah, M. Amalia, dan H. A. Kartini, "Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Aduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif," *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, vol.12, no.1, pp 11-20, 2011.
- [12] T. E. Agustina, M. Faizal, T. Aprianti, D. Teguh, A. M. Rifat, I. G. Putra, M. R. Prayesi, dan U. Fitrializa, "Pengolahan Limbah Logam Berat Kromium Hexavalen Menggunakan Reagen Fenton dan Adsorben Keramik Zeolit," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 13, no.1, pp. 60–69, 2018.