



**Chemical Engineering
Journal Storage**

homepage jurnal:
<https://ojs.unimal.ac.id/cejs/index>

**Chemical
Engineering
Journal
Storage**

PEMANFAATAN KERTAS HVS BEKAS SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR TIMBAL (Pb) DALAM LIMBAH ARTIFISIAL

Mawaddah Fitria, Novi Sylvia, Meriatna

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
Korespondensi: e-mail: Novi.sylvia@unimal.ac.id

Abstrak

Salah satu pencemar yang berbahaya dalam limbah buangan industri yaitu logam berat timbal (Pb). Adsorpsi sering digunakan karena prosesnya yang sederhana dan efektif untuk mengurangi kadar logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektifitas kertas HVS sebagai adsorben, menganalisis pengaruh waktu kontak dan massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi dan %removal serta mekanisme penyerapan melalui pendekatan isotermis adsorpsi Langmuir dan isotermis adsorpsi Freundlich. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu pembuatan adsorben, pembuatan limbah artifisial, dan proses adsorpsi dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa % removal maksimum yaitu 95,41% pada massa adsorben 1 gr dan kapasitas adsorpsi maksimum yaitu 18.123,4 mg/g pada massa adsorben 0,05 gr, konsentrasi limbah 20 ppm dengan waktu kontak 120 menit. Mekanisme adsorpsi yang terjadi mendekati persamaan isotherm Freundlich dengan nilai $R^2 = 0,8746$, diduga proses penyerapan terjadi secara multilayer. Semakin lama waktu kontak dan semakin banyak massa adsorben dalam konsentrasi limbah yang sama maka semakin rendah kapasitas adsorpsi dan semakin tinggi %removal Pb yang diperoleh.

Kata kunci: Adsorpsi, Adsorben, Kertas HVS Bekas, Logam Berat, Timbal, Isoterm Adsorpsi

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i4.9552>

1. Pendahuluan

Salah satu pencemar yang berbahaya dalam limbah industri yaitu logam berat timbal (Pb). Logam timbal (Pb) banyak digunakan pada industri baterai, kabel, cat (sebagai zat pewarna), penyepuhan, pestisida dan yang paling banyak digunakan sebagai zat antiletup pada bensin. Timbal (Pb) juga digunakan sebagai formulasi penyambung pipa yang mengakibatkan air untuk rumah tangga mempunyai banyak kemungkinan kontak dengan timbal. Menurut Bryan (1976),

rata-rata konsentrasi logam timbal yang terlarut di perairan sebesar 0,005 sampai 0,03 mg/L. Kadar timbal yang diperbolehkan ada di dalam air yang dikonsumsi oleh masyarakat sebesar 0,005 ppm (SNI 01-3553-2006).

Proses adsorpsi adalah metode sederhana yang paling umum digunakan dan biaya yang digunakan relatif murah, serta memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi untuk jenis logam berat. Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan (Nasruddin,2005). Mohammad (2016) menyatakan bahwa adsorpsi adalah proses pengumpulan bahan terlarut (*soluble*) yang terdapat dalam larutan dengan cara teradsorpsi pada permukaan material dimana ada ikatan kimia antara substansi dan materi. Dimana bahan yang digunakan disebut sebagai adsorben. Keuntungan dari proses adsorpsi yaitu adsorben yang digunakan dapat diregenerasi atau digunakan kembali.

Dalam proses adsorpsi umumnya digunakan karbon aktif sebagai adsorben. Namun karbon aktif masih merupakan material yang mahal dan apabila diinginkan kualitas yang tinggi maka akan menaikkan biayanya pula. Selain itu karbon aktif lebih banyak digunakan untuk adsorpsi komponen organik daripada logam berat (Conell dkk, 2008). Sehingga akhir-akhir ini banyak dikembangkan adsorben alternatif yang sifatnya *low-cost* atau berbiaya murah namun memiliki keunggulan yang mirip dengan karbon aktif. Salah satunya adalah mengembangkan bio-adsorben yang berasal dari selulosa. Selulosa merupakan material yang ketersediaannya melimpah dan dapat diperbaharui. Selain itu selulosa mempunyai potensi yang cukup signifikan karena kemampuan adsorpsinya. Shukla dan Sakhardande (1991), telah melakukan penelitian yakni menggunakan adsorben yang berasal dari *pulp* bambu dan serbuk gergaji yang diwarnai dengan monochlorotriazine, adsorben tersebut mampu mengurangi kadar logam Cu^{2+} , Pb^{2+} , Hg, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} dan Ni^{2+} .

Salah satu sumber selulosa yang mudah didapatkan dan murah yaitu kertas bekas yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai adsorben logam berat. Ada sekitar 25% hingga 33% limbah kertas di tempat pembuangan sampah. Maka dari itu, pemanfaatan kembali kertas bekas sesuatu yang lebih berguna sebelum dibuang ke tempat pembuangan sampah demi kelestarian lingkungan, melalui

penelitian ini kertas bekas yang memiliki potensi untuk di kembangkan menjadi salah satu alternatif adsorben logam berat yakni timbal (Pb).

2. Bahan dan Metode

Peralatan yang diperlukan pada penelitian ini antara lain pemotong kertas, gelas kimia, oven, pH meter, dan *magnetic stirrer*. Bahan yang digunakan yaitu kertas HVS bekas, NaOH 10%, limbah artifisial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 20 ppm, dan aquades. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu persiapan adsorben (termasuk aktivasi), pembuatan larutan limbah artifisial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 20 ppm, dan proses adsorpsi.

Pada tahap pembuatan adsorben, limbah kertas HVS bekas dipotong kecil-kecil dengan ukuran yang seragam. Kemudian kertas HVS tersebut diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan NaOH 10% dan diaduk selama 2 jam untuk aktivasi secara kimia. Setelah 2 jam, kertas yang telah menjadi *pulp* kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan aquades sampai pH-nya netral yaitu 6,5-7. Kemudian *pulp* kertas bekas tersebut dikeringkan didalam oven sampai beratnya konstan pada 105°C , lalu dipotong kecil-kecil dengan ukuran yang seragam.

Kemudian pada tahap pembuatan limbah artifisial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 20 ppm, serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 1,59897 gr dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas labu ukur. Larutan tersebut dipipet sebanyak 2 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas.

Pada tahap ketiga yaitu proses adsorpsi, adsorben yang diperoleh pada tahap sebelumnya kemudian digunakan untuk proses adsorpsi dengan variasi massa adsorben yaitu 0,05 gr, 0,1 gr, 0,25 gr, 0,5 gr, dan 1 gr dimasukkan kedalam 50 ml limbah artifisial $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi limbah yaitu 20 ppm. Larutan kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu kontak yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Kemudian larutan limbah disaring menggunakan kertas saring. Konsentrasi Pb

tersisa dalam larutan limbah ditentukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Penentuan kandungan logam timbal (Pb) di dalam limbah artifisial ditentukan dengan menggunakan AAS. Penentuan *%removal* Pb dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$\%removal = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

Dimana:

C_i = konsentrasi awal (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir (mg/L)

Perhitungan kapasitas adsorpsi (q_e) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \quad (2)$$

Dimana:

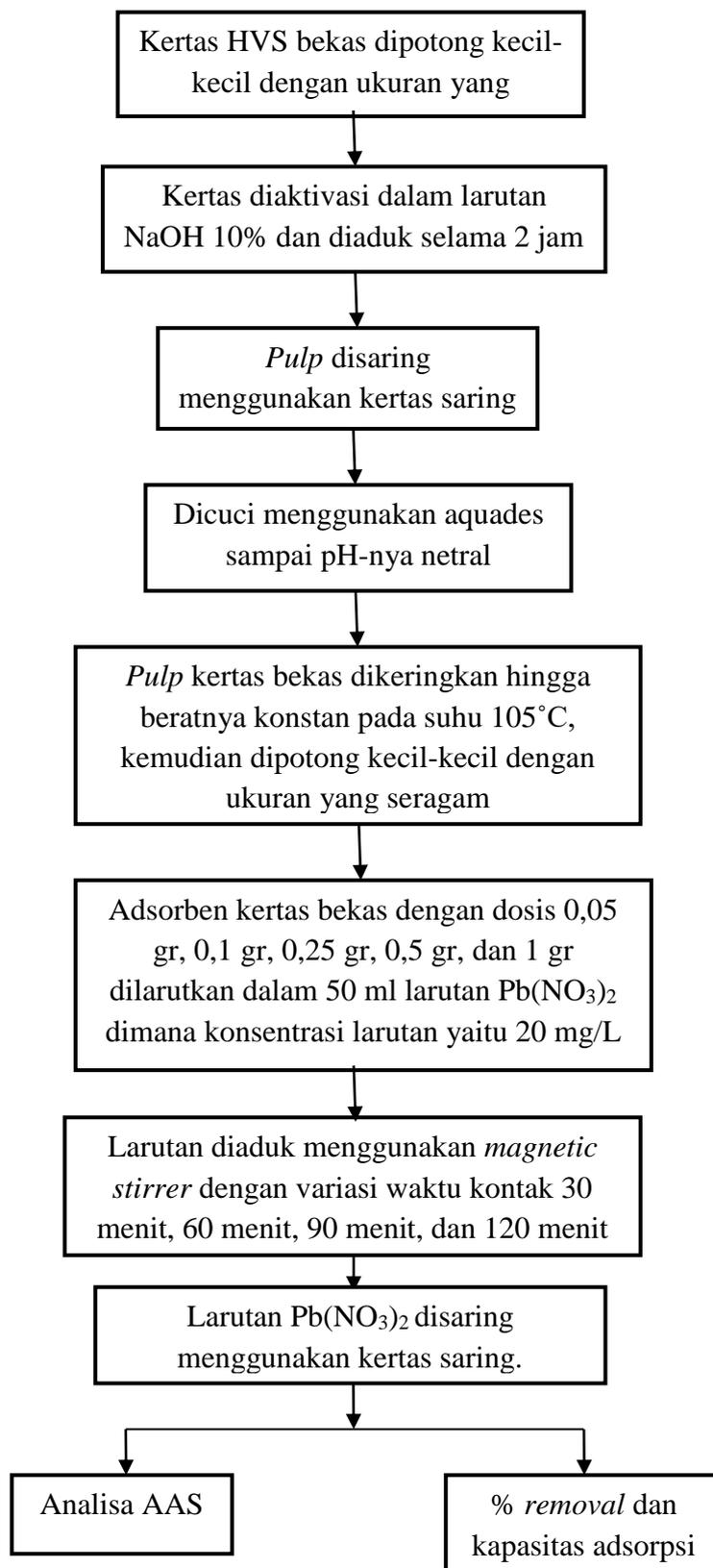
q_e = Pb yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)

C_i = Konsentrasi awal Pb (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir Pb (mg/L)

m = massa adsorben (g)

V = Volume larutan yang diadsorpsi (L)



Gambar 1. Blok Diagram Pembuatan Adsorben dan Proses Adsorpsi

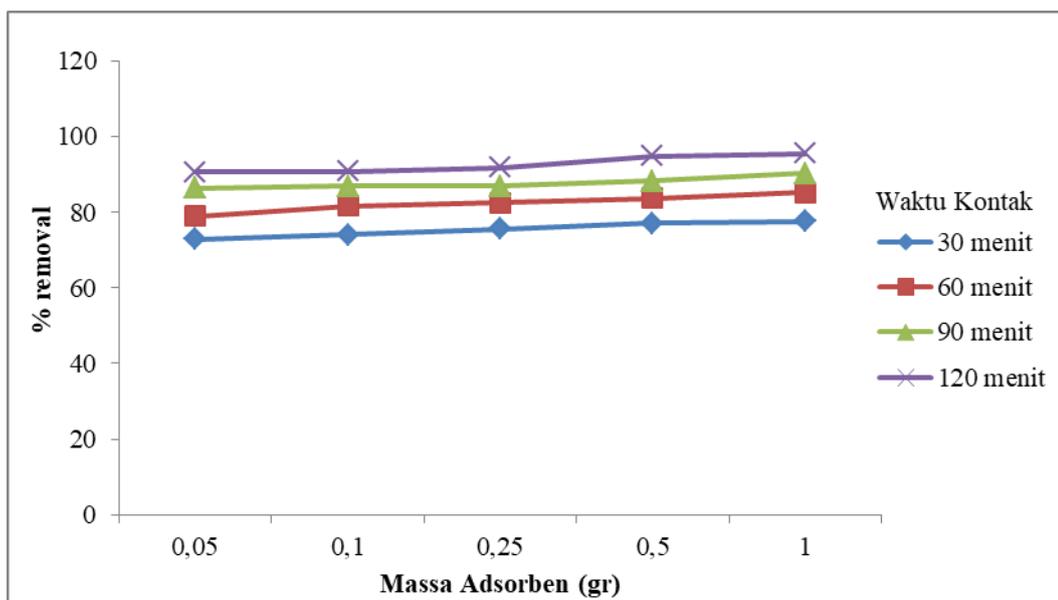
3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pembuatan Adsorben

Pada penelitian ini, pembuatan adsorben dilakukan dengan cara merendam kertas HVS bekas dalam larutan NaOH 10% untuk aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk membersihkan permukaan pori dan menghilangkan senyawa pengotor seperti debu dan tinta yang melekat pada kertas HVS bekas. Proses Aktivasi dilakukan selama dua jam untuk menghindari degradasi selulosa.

4.2.2 Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap % Removal

Persentase *removal* atau disebut juga dengan persen penyisihan menyatakan kadar logam yang terserap oleh adsorben. Variasi massa adsorben yang digunakan yaitu 0,05 gr, 0,1 gr, 0,25 gr, 0,5 gr, dan 1 gr dengan variasi waktu kontak yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Penggunaan variasi massa dilakukan untuk melihat pengaruh massa adsorben terhadap % *removal* dan penggunaan variasi waktu kontak dilakukan untuk melihat berapa banyak logam Pb yang dapat diserap dengan lama waktu kontak yang diberikan. Adapun pengaruh massa adsorben terhadap %*removal* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antara Massa Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap % Removal pada Konsentrasi Limbah 20 ppm.

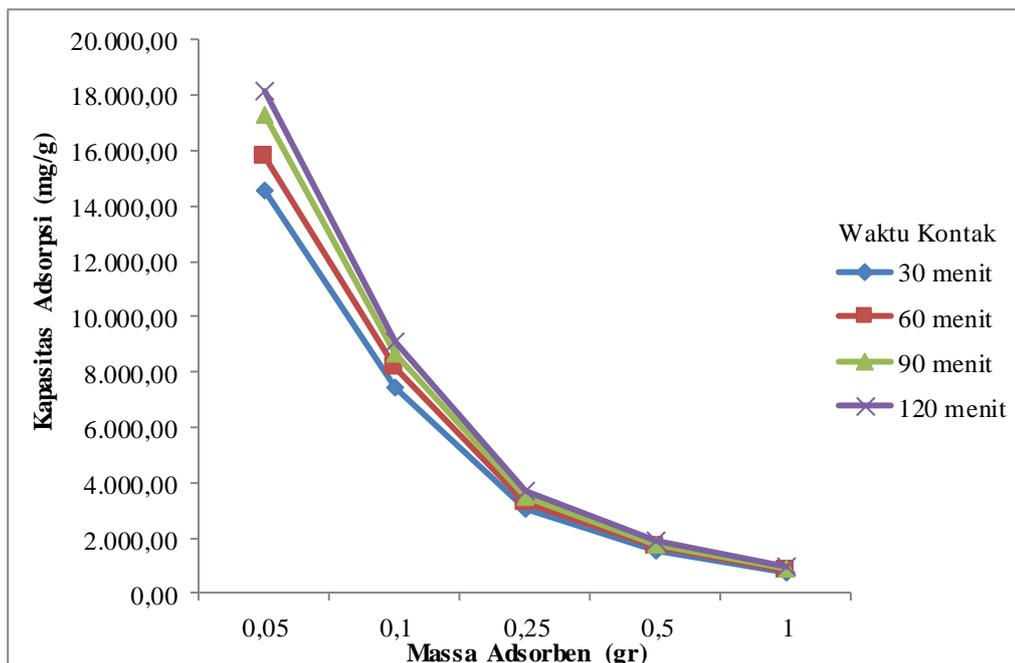
Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar jumlah massa adsorben kertas bekas yang diberikan dalam 20 ppm limbah atifisial maka akan mengalami kenaikan % *removal* logam Pb yang didapat. Hal ini dikarenakan semakin banyak massa adsorben yang digunakan dengan konsentrasi ion logam yang tetap maka semakin banyak permukaan yang aktif melakukan penyerapan terhadap logam. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan % *removal* tertinggi yaitu pada massa adsorben 1 gr dengan waktu kontak 120 menit yaitu 95,41%. Sedangkan %*removal* terendah didapatkan pada massa adsorben 0,05 gr dengan waktu kontak 30 menit yaitu 72,92%. Hasil ini diperkuat oleh Pratiwi (2017) menggunakan adsorben kertas koran bekas untuk menurunkan kadar Cu dalam limbah artifisial yang menyatakan bahwa penambahan massa adsorben akan memperbesar %*removal*, sehingga akan semakin besar pula logam Cu yang terserap oleh adsorben dengan %*removal* tertinggi yaitu 55,293%.

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu kontak yang diberikan dalam 20 ppm limbah atifisial maka akan mengalami kenaikan %*removal* logam Pb yang didapat. Peningkatan %*removal* pada semua variasi waktu kontak menunjukkan bahwa masih terdapat permukaan sel yang menjadi aktif dan membentuk ikatan dengan logam. Hasil ini diperkuat oleh Mardiah (2016) menggunakan kertas koran bekas untuk adsorpsi Cu (II) dan Fe (II) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan larutan, maka semakin besar %*removal* yang didapatkan.

3.2 Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Kapasitas

Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi pada permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi yang maksimum dapat diperoleh setelah dilakukan optimasi parameter yang mempengaruhi adsorpsi (Kurniawan, 2010). Variasi massa adsorben yang digunakan yaitu 0,05 gr, 0,1 gr, 0,25 gr, 0,5 gr, dan 1 gr, sedangkan variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Adapun pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Antara Massa Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi pada Konsentrasi Limbah 20 ppm

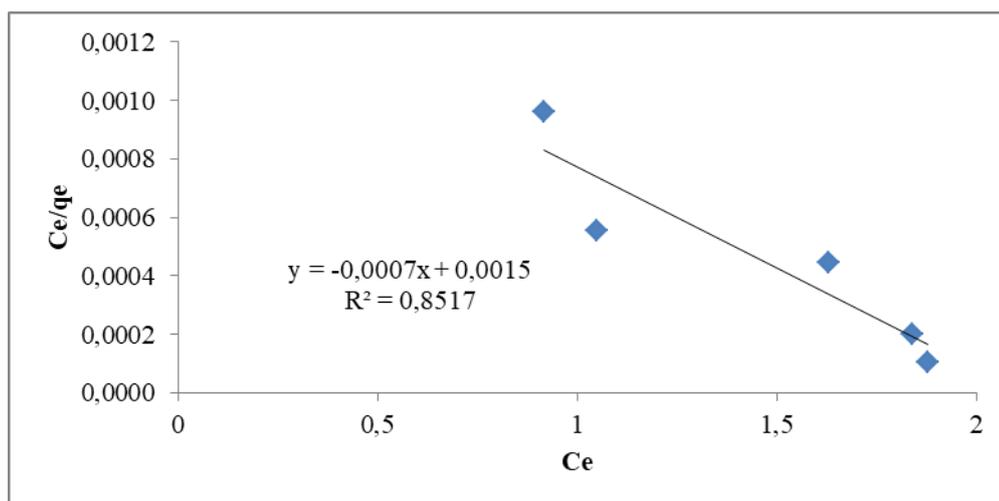
Gambar 3 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi mengalami penurunan seiring bertambahnya massa adsorben dan semakin lama waktu kontak. Kapasitas adsorpsi tertinggi didapat pada massa adsorben 0,05 gr dengan waktu kontak 120 menit yaitu 18.123,4 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi terendah didapat pada massa adsorben 1 gr dengan waktu kontak 30 menit yaitu 775,6 mg/g. Hal ini disebabkan karena semakin banyak massa adsorben maka pori-pori adsorben yang ada akan tertutupi, sehingga kapasitas adsorpsinya semakin kecil.

Pada penelitian pengaruh massa dan ukuran partikel adsorben yang dilakukan oleh Sri Ayu (2017) menyatakan bahwa semakin tinggi massa adsorben kapasitas adsorpsi akan semakin rendah, hal ini disebabkan karena adanya penggumpalan adsorben sehingga tidak seluruhnya terbuka dan menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari adsorben sehingga proses penyerapan tidak efektif yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas adsorpsi.

3.3 Tinjauan Metode Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

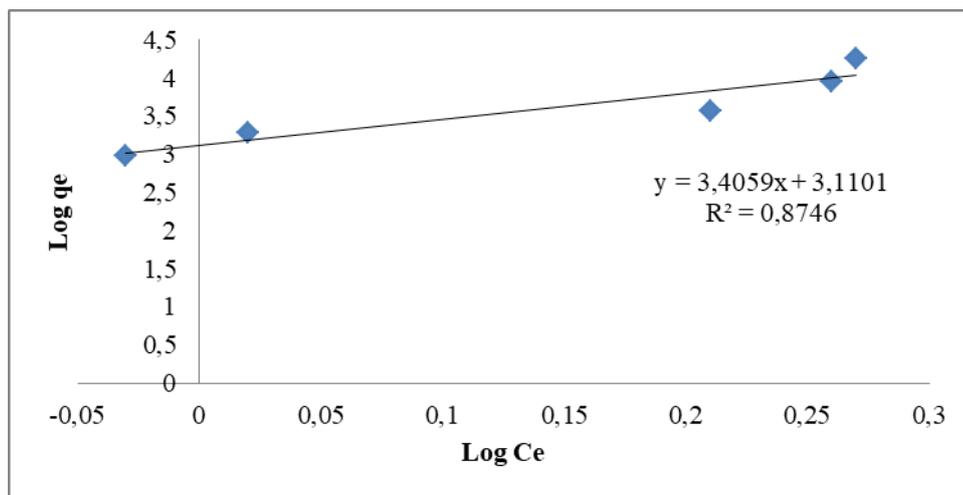
Adsorpsi fase padat-cair pada umumnya menggunakan tipe isotherm Langmuir dan Freundlich. Tipe isotherm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi. Penurunan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir sistem padat-cair didasarkan pada kesetimbangan proses adsorpsi dan desorpsi adsorbat di permukaan padatan. Massa adsorben yang digunakan adalah 0,05 gr, 0,1 gr, 0,25 gr, 0,5 gr, dan 1gr dan waktu kontak 120 menit dengan konsentrasi limbah 20 ppm.

Pengujian model Isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilakukan dengan cara membuat kurva hubungan C_e vs C_e/q_e dan kurva hubungan $\log C_e$ vs $\log q_e$. Adapun kurva isotherm adsorpsi Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva C_e vs C_e/q_e Kesetimbangan Isotherm Adsorpsi Langmuir

Adapun kurva isotherm adsorpsi Freundlich dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva log Ce vs log qe Kesetimbangan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm adsorpsi dapat dilihat dari nilai R^2 yang didapat dari kurva. Hasil penelitian menunjukkan proses penyerapan menggunakan adsorben kertas HVS bekas memberikan nilai linier untuk isoterm Langmuir sebesar 85,17% dan 87,46% untuk isoterm Freundlich. Berdasarkan nilai linier tersebut dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi logam Pb menggunakan adsorben kertas HVS bekas mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich. Hal ini disebabkan oleh nilai linier untuk isoterm adsorpsi Freundlich lebih tinggi dibandingkan dengan isoterm adsorpsi Langmuir, sehingga model isoterm adsorpsi Freundlich lebih tepat digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi logam Pb menggunakan kertas HVS bekas. Hasil yang didapat diperkuat oleh penelitian yang telah dilakukan Mahbul (2014) yang menggunakan biomassa tongkol jagung untuk menyerap logam Pb mengikuti model isotherm adsorpsi Freundlich karena linieritas untuk model isotherm tersebut lebih besar.

Adapun nilai parameter isotherm Langmuir dan Freundlich dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.4 Nilai Parameter Langmuir

Langmuir				
R^2	$1/q_m$	q_m	$1/q_m K_t$	K_t
0,8517	-0,0007	-1.428,57	0,0015	-0,46667

Tabel 4.5 Nilai Parameter Freundlich

Freundlich				
R ²	1/n	n	Log Kf	Kf
0,8746	3,4059	0,294	3,1101	86672,724

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Mahbul (2014) menjelaskan bahwa nilai konstanta Kf dan n pada isotherm Freundlich yang bernilai positif menunjukkan bahwa terdapat keseimbangan antara konsentrasi larutan, jumlah adsorben serta waktu kontak yang digunakan pada proses penyerapan. Nilai Kf menggambarkan kapasitas penyerapan dari permukaan adsorben.

4. Simpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu persen *removal* Pb maksimum menggunakan kertas HVS bekas yaitu sebesar 95,41% dengan kapasitas adsorpsi maksimum 18.123,4 mg/g pada massa adsorben 1 gr dengan waktu kontak 120 menit; Semakin lama waktu kontak dan semakin banyak massa adsorben yang diberikan pada konsentrasi limbah 20 ppm maka semakin rendah kapasitas adsorpsi dan semakin tinggi persen *removal* yang diperoleh; dan penyerapan yang terjadi terhadap logam berat Pb mengikuti kepada metode isotherm Freundlich dengan nilai R² 0,8746.

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan kertas HVS bekas dapat dijadikan bahan alternatif adsorben dalam menurunkan kadar logam berat Pb pada air limbah. Pada penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan memvariasikan pH limbah, variasi temperatur pada saat proses adsorpsi, dan tinjauan kinetika reaksi.

5. Daftar Pustaka

1. GINTING, FERDINAN DELESEV. (2008). "PENGUJIAN ALAT PENDINGIN SISTIM ADSORPSI DUA ADSORBER DENGAN MENGGUNAKAN METANOL 1000 MI SEBAGAI REFRIGERAN."
2. Hadi, Mohammad, Daryoush Sanaei, Imran Ali, and Amit Bhatnagar.

- (2016). “Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Treated Waste Newspaper as a Low-Cost Adsorbent : Kinetic Modeling and Isotherm Studies Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Treated Waste Newspaper as a Low-Cost Adsorbent : Kinetic.” *Journal of Molecular Liquids* 215(March): 671–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2015.12.057>.
3. Istighfarini, Sri Ayu Emy. (2017). “Pengaruh Massa Dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut.” (1): 1–8.
 4. Mardiah. (2016). “JURNAL INTEGRASI PROSES Website : <Http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jip> ADSORPSI LOGAM Cu (II) DAN Fe (II) MEGGUNAKAN KERTAS KORAN BEKAS Studi Teknik Kimia , Fakultas Teknik , Universitas Mulawarman Jalan Sambaliung 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda.” 6(2): 89–94.
 5. Nasruddin. (2005). “Dynamic Modeling and Simulation of a Two-Bed ’ Able of Contents.” : 2–4.
 6. Okbah, Mohamed A, and Mamdouh A Fahmy. (2006). “EVALUATION OF HEAVY METALS ALONG THE MEDITERRANEAN COASTAL WATERS OF THE NILE DELTA REGION , EGYPT.” 15(2): 149–59.
 7. Pudyaningtyas, Pratiwi. (2017). “JURNAL INTEGRASI PROSES Website : <Http://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Jip> ADSORBEN DARI KORAN BEKAS DENGAN MODIFIKASI ASAM SITRAT 1 Program Studi Teknik Kimia , Fakultas Teknik , Universitas Mulawarman Samarinda Jalan Sambaliung 9 Samarinda Kalimantan T.” 6(3): 139–42.
 8. William, David et al. (2008). “Heavy Metal Adsorbents Prepared from the Modification of Cellulose : A Review.” 99: 6709–24.