

KAJIAN MODEL KESETIMBANGAN ADSORPSI LOGAM PADA LIMBAH PELUMAS BEKAS MENGGUNAKAN BENTONIT

Ummul Habibah Hasyim^{1*}, Dwi Astuti Ningrum, Evi Apriliani²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jalan Cempaka Putih Tengah No.27, Jakarta Pusat

*E-mail : ummulhh@umj.ac.id

ABSTRAK

Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan mengganggu keseimbangan ekosistem baik ekosistem di tanah maupun di air. Salah satu limbah B3 yang sering kita temukan ialah limbah pelumas. Beberapa senyawa yang banyak terkandung di dalam limbah pelumas bekas adalah logam berat, *Polychlorinated Biphenyl (PCB)*, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)*. Limbah pelumas ini mengandung unsur logam berat yang dihasilkan dari pemakaian mesin pada kendaraan. Untuk mengurangi dampak dari pencemaran yang disebabkan oleh limbah pelumas, dapat dilakukan dengan mendaur ulang limbah tersebut menjadi pelumas dasar (*Base Oil*). Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar logam berat yang terkandung di dalam limbah pelumas. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah (1) Aktivasi Bentonit (2) Tahap uji kandungan logam Limbah Pelumas Bekas (3) Proses Adsorpsi dengan variasi waktu dan jumlah adsorben bentonit. Setelah pengujian logam dengan menggunakan *Inductively Couple Plasma (ICP)*, maka ditentukan efisiensi penurunan kadar logam Fe. Dari hasil penelitian diperoleh waktu kontak terbaik yaitu 4 jam dengan persamaan polinomial orde 4 $y=4E-09x^4-4E-06x^3+0.0014x^2-0.1356x+4.5982$ $R^2 = 1$ massa bentonit 1 g. Proses penyerapan logam dikaji menggunakan model kesetimbangan *freundlich*.

Kata kunci: *adsorpsi, freundlich, bentonit*

ABSTRACT

Hazardous and Toxic Material Waste can cause environmental pollution and disrupt the balance of ecosystems in both the soil and the water. One of the Hazardous and Toxic Material waste that we often find is lubricant waste. Some of the many compounds contained in used lubricant waste are heavy metals, Polychlorinated Biphenyl (PCB), Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH). This lubricant waste contains heavy metal elements resulting from the use of machines in vehicles. To reduce the impact of pollution caused by lubricant waste, it can be done by recycling the waste into a basic lubricant (Base Oil). This study aims to reduce the heavy metal content contained in the lubricant waste. The method used in this research is adsorption with bentonite as adsorbent. Prior to use, bentonite should be activated first with hydrochloric acid (HCl) 1.6 M for higher absorption rate. The independent variables used in the study are mass and contact time of bentonite. After testing the metal using Inductively Couple Plasma (ICP), then determined the decreasing efficiency of Fe metal content. From the result of the research, the best contact time is 4 hours with $y=4E-09x^4-4E-06x^3+0.0014x^2-0.1356x+4.5982$ $R^2 = 1$ and 1 g mass of bentonite. Adsorption process can follow *freundlich* equations.

Keywords : *adsorpsi, freundlich, bentonite*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia, baik manufaktur, pangan, otomotif, kimia dan sebagainya mengakibatkan penggunaan pelumas terus meningkat. Khusus otomotif, volume minyak pelumas terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah kendaraan bermotor dan mesin-mesin bermotor. Indonesia setiap tahunnya mengalami pertambahan jumlah kendaraan, akibatnya terjadinya peningkatan pembuangan limbah pelumas bekas. Limbah pelumas yang dikeluarkan dari mesin kendaraan

biasanya langsung dibuang begitu saja oleh pengguna kendaraan tanpa memikirkan dampaknya bagi kesehatan manusia dan kerusakan lingkungan. Dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pelumas bekas antara lain dapat meracuni hewan dan tumbuhan yang hidup di air dan di tanah, serta dapat mempengaruhi kesehatan pada manusia.

Pelumas adalah suatu zat cair yang memiliki fungsi untuk memperkecil gaya gesekan antara dua bagian permukaan mesin yang bergerak. Fungsi utama dari pelumas yaitu

melumasi bagian mesin yang bergerak dan saling bergesekan agar tidak terjadi karat dan keausan pada mesin. Minyak pelumas jika digunakan dalam waktu yang cukup lama akan mengalami perubahan, baik perubahan secara fisik maupun kimia. Perubahan ini dipengaruhi oleh suhu, tekanan serta kotoran-kotoran yang masuk kedalam minyak pelumas selama pemakaian. Limbah pelumas bekas mengandung logam berat seperti timbal (Pb), seng (Zn), besi (Fe), aluminium (Al), tembaga (Cu) dan juga mengandung air hasil dari pembakaran bahan bakar. Secara sederhana minyak pelumas memiliki komposisi utama berupa *base oil* dan aditif. *Base oil* merupakan senyawa yang berasal dari tumbuhan, hewan, minyak bumi dan senyawa sintetik.

Beberapa Teknologi Pengolahan pelumas bekas adalah : *Re-processing*, *Re-refining*, dan *Incineration*. [2]. *Refining* memiliki beberapa metode pengolahan, salah satunya yaitu *acid clay treatment*, adalah suatu metode pengolahan yang digunakan pada minyak pelumas bekas dengan menggunakan penambahan asam dan lempung dalam prosesnya.[6]

Pengolahan limbah pelumas bekas dengan *re-cycling* dapat memberi manfaat bagi lingkungan maupun keuntungan secara ekonomis. *Re-refining* limbah pelumas bekas untuk memproduksi *base oil* (bahan dasar pelumas) menghemat lebih banyak energi daripada memproses kembali limbah pelumas bekas sebagai bahan bakar, penghematan hanya sepertiga dari energi yang dibutuhkan untuk *re-refine* minyak mentah untuk memproduksi *base oil*. Oleh karena itu, *re-refining* dianggap dapat melestarikan sumber daya, meminimalkan limbah dan mengurangi kerusakan lingkungan.[2]

Pelumas hasil daur ulang (*recycle*) memiliki karakteristik kimia yang berbeda dengan pelumas murni. Beberapa karakteristik dapat dibedakan pada minyak pelumas daur ulang yaitu kandungan air dan sedimen lebih besar, kandungan logamnya yang lebih tinggi seperti Fe, Cd, Cr, Pb, adanya fraksi-fraksi hasil oksidasi selama pemakaian yang tidak dapat dihilangkan dari pelumas tersebut.[10]

Metode yang telah digunakan dalam pengolahan atau penghilangan logam dalam limbah antara lain pertukaran ion, pemisahan dengan membran dan adsorpsi.[4] Proses adsorpsi lebih banyak dipilih karena lebih ekonomis dibandingkan dengan metode lainnya.

Sistem adsorpsi adalah suatu sistem yang memanfaatkan kemampuan dari zat padat menjerap suatu zat dan penyerapan hanya berlangsung pada permukaan saja. Zat ion, molekul atau atom yang dijerap disebut adsorbat, sedangkan yang dimaksud dengan adsorben adalah zat yang menjerap.[4] *Silica gel*, karbon aktif, *molecular sieve zeolites*, alumina teraktivasi, dan polimer sintesis atau resin merupakan adsorbent yang telah banyak digunakan.[8]

Adsorbent dapat ditingkatkan kemampuan permukaannya dengan proses aktivasi terlebih dahulu. Tujuan aktivasi adalah menghilangkan pengotor atau impurities yang ada pada *clay* alam. [4]. Rujukan dari aktivasi *clay* adalah aktivasi zeolit yang prosesnya terdiri dari aktivasi fisik dan aktivasi kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan pemanasan, dan aktivasi kimia merupakan proses yang mengikutsertakan suatu reagen kimia atau reaksi.[3]. Bentonit merupakan adsorbat yang telah banyak digunakan namun sebelum digunakan perlu diaktifkan terlebih dahulu untuk meningkatkan daya serapnya dengan proses kontak asam dan pemanasan.[1].

Berdasarkan pada penelitian – penelitian terdahulu, asam mineral yang banyak digunakan sebagai pengaktivasi adsorbent adalah H₂SO₄, dan HCl. Dalam Tandjaya,dkk, 2006, didapatkan bahwa aktivasi bentonit menggunakan HCl lebih efektif untuk mengurangi warna minyak dibandingkan dengan bentonit yang diaktivasi dengan H₂SO₄. [9].

Model Adsorpsi

Diketahui bahwa terdapat dua jenis persamaan pola isoterm adsorpsi yang sering digunakan pada proses adsorpsi dalam larutan yaitu persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich.[2]

1. Persamaan Freundlich

Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{Xm}{m} = k \cdot C^{1/n} \quad (1)$$

$$\text{Log} \left(\frac{Xm}{m} \right) = \log k + \frac{1}{n} \cdot \log C \quad (2)$$

Dimana :

Xm = berat zat yang diadsorpsi

m = berat adsorbent

C = konsentrasi zat

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorbenda suhu adsorpsi.

2. Persamaan Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isotherm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat dipermukaan adsorbent. Persamaan langmuir ditulis sebagai berikut :

$$\frac{Xm}{m} = \frac{a \cdot C}{1 + b \cdot C} \quad (3)$$

$$\frac{m \cdot C}{Xm} = \frac{1}{a} + \left(\frac{b}{a} \right) \cdot C \quad (4)$$

Dengan membuat kurva $m \cdot C / Xm$ terhadap C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi.[3]

Pada penelitian ini didapatkan identifikasi masalah apakah limbah pelumas bekas dapat dimanfaatkan kembali menjadi *base oil* dengan menggunakan metode adsorpsi dan bentonit sebagai adsorben. Tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui pengaruh waktu dan massa adsorbent dalam pengolahan limbah pelumas bekas terhadap logam fe. Serta mengetahui model keseimbangan adsorpsi yang sesuai.

METODE

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak pelumas bekas, bentonit teknis, aquademin, HCl 1,6 M.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 100 mesh, *beaker glass*, corong,

Erlenmeyer, jar test, gelas ukur, gunting, *hot plate*, ICP, kertas saring, neraca digital, oven, pH meter, spatula, termometer.

Metode Penelitian

Variabel terikat yang terdapat dalam penelitian ini diantaranya ialah: massa limbah pelumas bekas 200 mL, dan suhu adsorpsi yaitu 100 °C.

Aktivasi Bentonit Menggunakan Asam Kuat (HCl 1,6 M)

Bentonit teknis dengan ukuran 100 mesh sebanyak 400 gram direndam dalam 200 ml HCl 1,6 M sambil diaduk menggunakan shaker selama 2 jam dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Semakin bertambah konsentrasi HCl proses adsorpsi akan semakin baik. Namun hal ini hanya berlaku hingga konsentrasi HCl 1,6 M dimana jumlah adsorbat bertambah dan akhirnya menurun pada konsentrasi HCl 2,0 M. Selanjutnya bentonit disaring, dicuci dengan aquademineral sampai bilasan pada pH terukur ≤ 5 . Residu bentonit yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C sampai beratnya konstan. Setelah kering digerus sampai halus kemudian diayak kembali menggunakan ayakan dengan ukuran 100 mesh.

Pengolahan Limbah Pelumas Bekas dengan Adsorpsi Bentonit

Pada proses adsorpsi, bentonit teraktivasi dengan variasi massa 1, 5, 10, 15, dan 20 gram dimasukkan ke dalam 200 mL limbah pelumas bekas sambil diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 4 jam. Selanjutnya disaring dan filtrat pelumas bekas dianalisa logam Fe dengan ICP.

Perhitungan Hasil Efisiensi

Perhitungan hasil efisiensi penurunan konsentrasi zat pencemar Fe pada minyak pelumas bekas, sebagai berikut:

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (5)$$

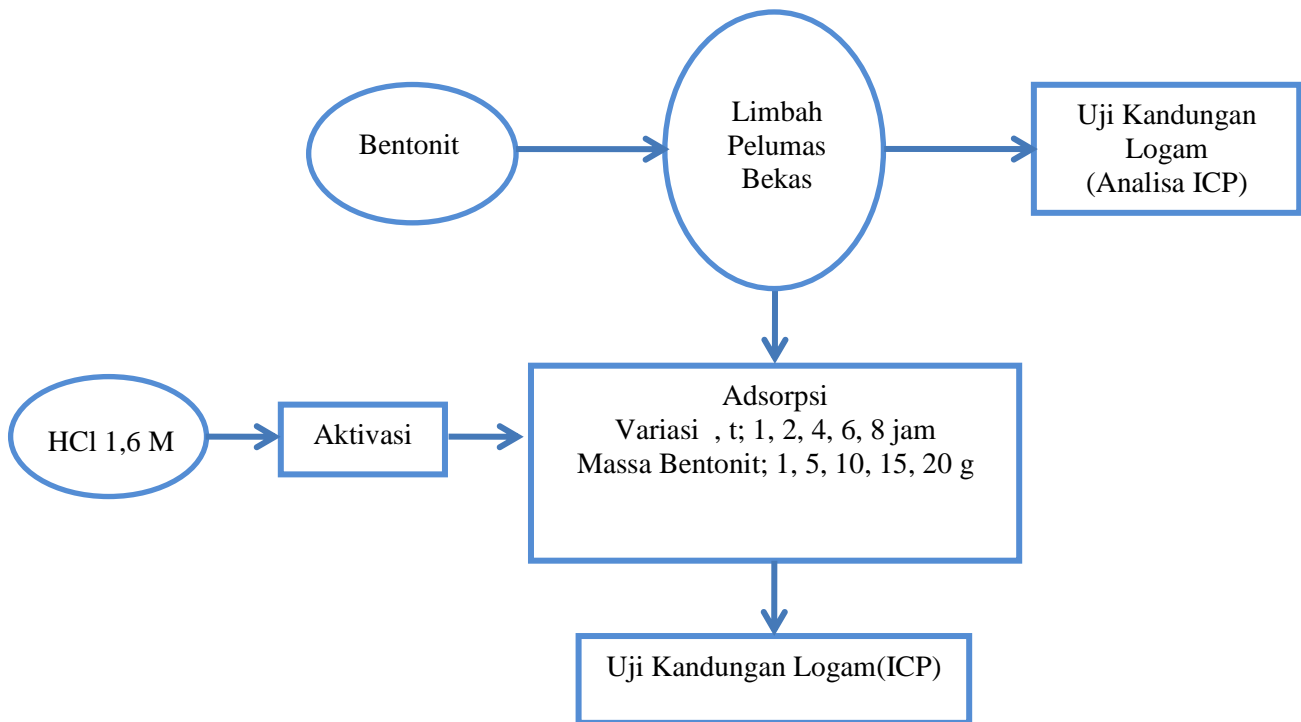
Dimana:

E = Efisiensi

E_0 = Konsentrasi Awal

E_1 = Konsentrasi Akhir

Diagram Alir Percobaan



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

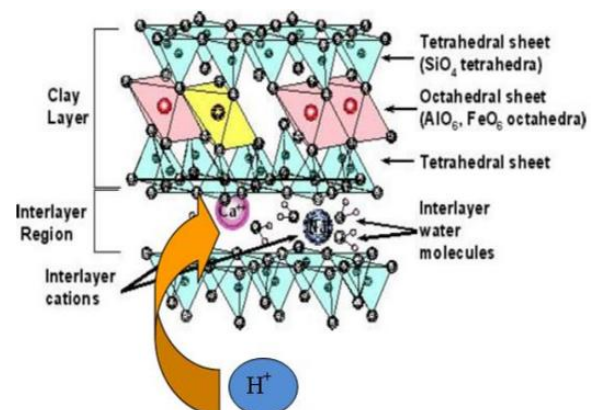
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini limbah pelumas bekas yang digunakan adalah pelumas bekas dari bengkel-bengkel kendaraan bermotor. Limbah pelumas bekas dilakukan uji terlebih dahulu untuk mengetahui konsentrasi logam Fe yang terdapat di dalamnya dengan metode uji *Inductively Couple Plasma* (ICP). Didapatkan hasil kandungan logam Fe seperti tersaji dalam tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji Kandungan Logam Fe Limbah Pelumas Bekas Sebelum Adsorpsi

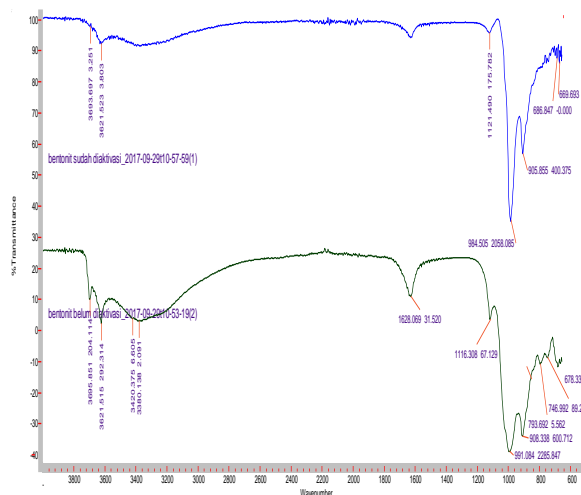
Parameter	Unit	Hasil
Fe	Ppm	18.15

Selanjutnya bentonit teknis diaktivasi menggunakan asam, yaitu asam klorida (HCl) 1,6 M. Kation dari garam mineral mula – mula akan terjadi pertukaran pada lapisan interlayer bentonit dengan ion H^+ dari asam, lalu diikuti dengan pelarutan ion logam lainnya seperti Fe^{3+} dari lapisan *lattice* bentonit seperti terlihat dalam gambar 2 di bawah ini.[5]



Gambar 2. Reaksi Aktivasi Bentonit Teknis Dengan HCL

Selanjutnya dilakukan analisis gugus fungsi terhadap bentonit teknis sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi menggunakan asam klorida (HCl). Uji dilakukan dengan spektra *infra red* dengan hasil seperti ditunjukkan dalam gambar 3 di bawah ini.



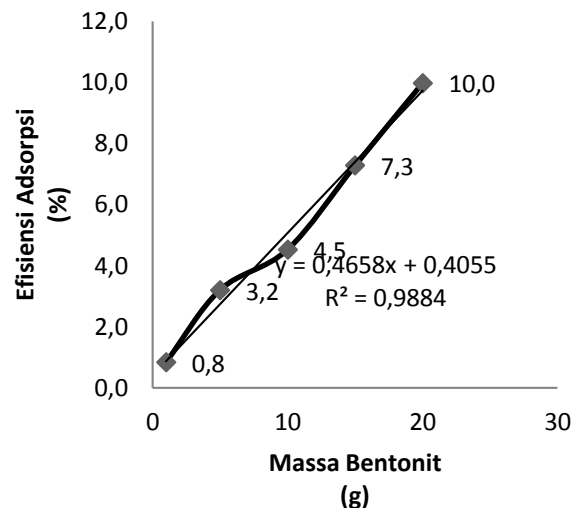
Gambar 3. Spektra FTIR bentonit, alam (biru) sebelum dan (hitam) sesudah aktivasi dengan HCL

Hasil pengukuran dari FTIR Pita – pita serapan khas yang akan muncul dari bentonit alam ada pada serapan ; 3620,1; 1636,4; 1035,7; 794,6; 530; dan 468 cm^{-1} , yang menunjukkan bentonit adalah jenis montmorillonit. Berdasarkan spektra IR pada gambar 3 di atas, menunjukkan bilangan gelombang yang hampir sama, namun ada sedikit pergeseran pada beberapa puncak serapan. Nilai khusus dari bentonit sebelum dan sesudah teraktivasi asam yaitu adanya vibrasi ulur OH pada gelombang , tekuk H-O-H, ulur Si-O-Al. [5]

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Dosis adsorbent yang ditambahkan dalam adsorbat dapat menentukan kuantitas logam Fe yang terserap dari limbah pelumas bekas. Semakin banyak dosis adsorbent yang ditambahkan per satuan volume limbah pelumas bekas, akan meningkatkan jumlah massa logam Fe yang teradsorpsi per satuan berat massa adsorbent. [5]

Gambar 2 di bawah ini menunjukkan korelasi antara efisiensi adsorpsi logam Fe dalam limbah pelumas bekas dengan dosis bentonit yang ditambahkan.



Gambar 4. Grafik Hubungan Efisiensi Adsorpsi Terhadap Massa Bentonit

Berdasarkan grafik di atas didapatkan korelasi yang menyatakan hubungan antara massa adsorbent bentonit (g) pada sumbu x terhadap efisiensi adsorpsi (%) pada sumbu y dengan mengikuti persamaan regresi linear $y = 0,4658x + 0,4055$, $R^2 = 0,9884$. Jumlah logam Fe dari limbah pelumas bekas yang teradsorpsi semakin meningkat sebanding lurus dengan penambahan massa adsorbent bentonit (1, 5, 10, 15, 20 g), pada massa bentonit 1 g, efisiensi logam Fe terserap mencapai 0,8 %, penyerapan logam terus meningkat dengan semakin besarnya massa yang ditambahkan. Pada penambahan massa optimum 20 g, didapatkan efisiensi adsorpsi optimum yaitu 10%. Peningkatan penyerapan logam Fe oleh bentonit menunjukkan belum jenuhnya situs aktif adsorbent oleh molekul adsorbat. [1]

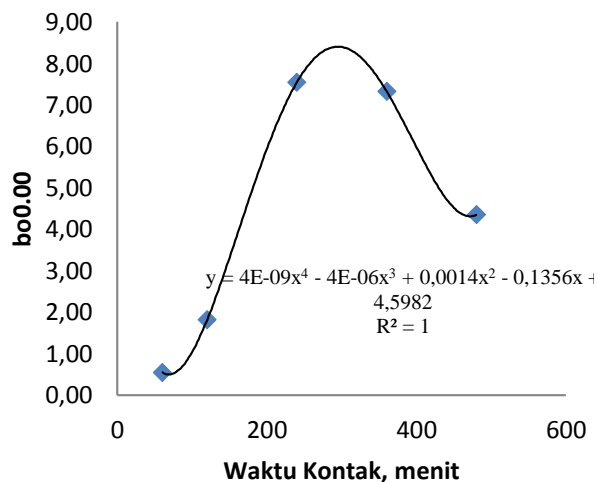
Dalam pengolahan limbah pelumas bekas, penggunaan massa optimum bentonit diharapkan mampu mengurangi kandungan logam pencemar dalam hal ini adalah logam Fe dengan metode adsorpsi. Penambahan massa bentonit dalam limbah pelumas bekas masih dapat diteruskan untuk mencapai keseimbangan adsorpsi.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak ini adalah waktu yang dipakai oleh adsorbent dan adsorbat untuk terjadinya interaksi secara langsung. Dalam proses adsorpsi ini dilakukan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 200 rpm, suhu 100°C.

Pengadukan dimaksudkan untuk mempercepat proses adsorpsi. Karena jika fase cairan yang berisi adsorben dalam keadaan diam, difusi adsorbat melalui permukaan adsorbent akan lambat.[5]

Proses kontak dilakukan secara *batch* dengan variasi waktu kontak dipilih yaitu 60, 120, 240, 360 dan 480 menit. Konsentrasi logam kemudian diukur dengan menggunakan metode uji ICP dan didapatkan hasil serapan seperti tersaji dalam gambar 3 di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Hubungan Waktu Kontak Optimum Dengan Efisiensi Adsorpsi

Pada menit awal ; menit 60 dan 120 jumlah ion Fe yang terserap hanya sedikit dikarenakan waktu kontak antara ion Fe dalam limbah pelumas bekas dengan situs aktif pada adsorbent bentonit relatif baru sebentar. Hal ini dimungkinkan karena belum maksimalnya ion Fe yang masuk ke pori-pori bentonit karena masih ada yang terhambat.

Efisiensi adsorpsi bentonit dengan limbah pelumas bekas mulai terjadi pada menit ke 240 lalu perlahan mulai menurun pada menit ke 320 dan 480 seperti ditunjukkan pada grafik.

Proses adsorpsi dibagi menjadi 2 tahapan, dalam Sathasivam dan Haris (2010), Pada tahap pertama laju adsorpsi cepat dikarenakan masih banyaknya ketersediaan gugus aktif pada adsorben. Pada penelitian ini tahap pertama

terjadi hingga menit ke 240 hal ini dapat dilihat pada kenaikan konsentrasi logam Fe yang terserap. Selanjutnya terjadi tahapan kedua , dimana pada tahapan ini adsorpsi berjalan lebih lambat dan apabila tidak signifikan secara kuantitatif apabila adsorpsi dilanjutkan maka akan terjadi penurunan presentasi adsorpsi dikarenakan keterbatasan area adsorben. Setelah waktu tertentu yang disebut sebagai kondisi kesetimbangan peningkatan jumlah adsorbat yang teradsorpsi menjadi tidak signifikan lagi. tahap kedua pada penelitian ini terjadi setelah menit ke-45 dimana konsentrasi logam Fe dalam limbah pelumas bekas yang terserap mengalami penurunan hingga menit ke 480. Dalam penelitian ini waktu yang digunakan belum menggunakan waktu yang berlebihan atau waktu yang cukup lama yang dapat menjamin adsorpsi telah mencapai kesetimbangan.

Penentuan Pola Isotermal Logam Fe

Adsorpsi atau penyerapan oleh suatu sorben dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, dan juga adsorpsi memiliki pola isoterm adsorpsi tertentu yang spesifik. Adapun faktor yang berpengaruh dalam proses adsorpsi antara lain suhu, konsentrasi, zat yang diadsorpsi, luas permukaan adsorbent, jenis adsorbent. Sebab itu setiap adsorbent yang menyerap suatu zat tidak akan sama dengan adsorbent yang menyerap zat lain.[5]

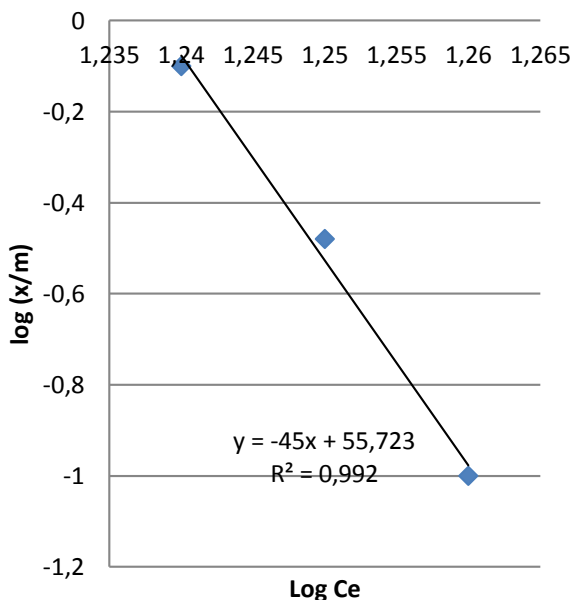
Penyerapan logam Fe dengan adsorpsi bentonit selanjutnya dievaluasi dengan bantuan model adsorpsi isoterm Freundlich. Model isoterm Freundlich adalah salah satu model adsorpsi empirik yang menyatakan hubungan antara massa adsorbat yang teradsorpsi, massa adsorben yang ditambahkan, dan konsentrasi sisa adsorbat pada kondisi kesetimbangan.[8]

Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain penghilangan warna larutan (*decolorizing*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan.

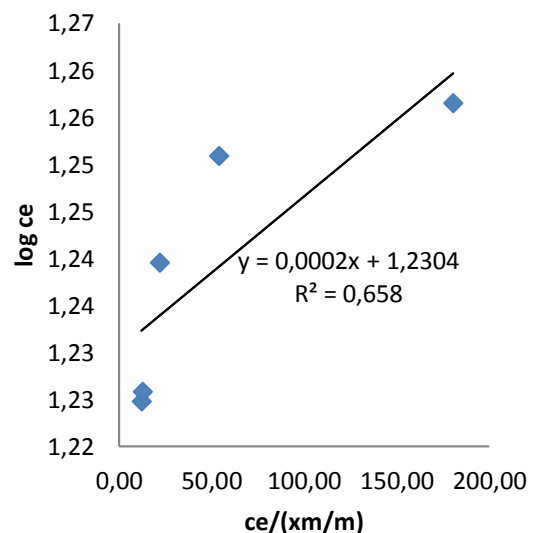
Tabel 3. Perhitungan harga x/m , $C_e/(x/m)$, $\log(x/m)$ dan $\log C_e$

C_0 Awal (ppm)	C_e Akhir (ppm)	x/m	$C_e/(x/m)$	$\log(x/m)$	$\log C_e$
18.15	18.05	0.1	180.50	-1	1.26
18.15	17.82	0.33	54.00	-0.4815	1.25
18.15	16.78	1.37	12.25	0.13672	1.22
18.15	16.82	1.33	12.65	0.12385	1.23
18.15	17.36	0.79	21.97	-0.1024	1.24

Dari Tabel 3 maka dilakukan pemetaan grafik menggunakan Excel dengan memplotkan harga $C_e/(x/m)$ versus C_e untuk mendapatkan persamaan Langmuir dan harga $\log(x/m)$ versus $\log C_e$ untuk mendapatkan persamaan Freundlich. Hasil pemetaan dengan grafik seperti terlihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 6. Persamaan adsorpsi isotermaal Freundlich dari $\log(x/m)$ versus $\log C_e$



Gambar 7. Persamaan adsorpsi isotermaal Langmuir dari $C_e/(x/m)$ versus C_e

Dari gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa model kesetimbangan persamaan Freundlich maupun Langmuir memiliki linierisasi. Model kesetimbangan Freundlich memiliki harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0,9$ dan harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0,6$ pada model kesetimbangan Langmuir. Hal ini menandakan bahwa adsorpsi logam Fe oleh bentonit pada limbah pelumas bekas lebih memenuhi persamaan adsorpsi Freundlich dengan $R^2=0,992$. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Langmuir kurang sesuai diterapkan dalam kajian model kesetimbangan adsorpsi bentoni dalam pengolahan limbah pelumas bekas. Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi logam Fe oleh bentonit dalam limbah pelumas bekas.

Dari grafik didapatkan persamaan freundlich $\log(x/m) = \log C_e - 55,723$, dan

persamaan Langmuir $C_e/(x/m) = 0,0002C_e + 1,2304$.

Persamaan garis yang diperoleh pada Gambar 3 dan 4 lalu diinterpretasikan pada masing-masing persamaan, sehingga diperoleh koefisien parameter isothermal seperti yang tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4. Harga Konstanta Freundlich

Parameter Isothermal	Freundlich
N	0,022
K	5,824

Nilai K pada isothermal Freundlich merupakan daya adsorpsi bentonit terhadap limbah pelumas bekas yaitu sebesar 5,824 mg/g, dan nilai n sebesar 0,022 yang merupakan konstanta Freundlich (Siti Sulastri dkk., 2014). Menurut Rasmiah (2013), nilai n menunjukkan karakteristik adsorpsi. Kesesuaian sangat baik apabila nilainya 2-10, cukup apabila nilainya 1-2 dan buruk apabila nilainya <1 (Rasmiah, 2013). Nilai n pada penelitian ini adalah 0,022 nilai ini kurang dari 1 dan mengindikasikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi pada limbah pelumas bekas masih sangat sulit.

Harga koefisien korelasi (R^2) grafik persamaan freundlich lebih besar dari nilai R^2 dari grafik persamaan Langmuir yaitu sebesar 0,992, sehingga dapat diasumsikan pola isothermal yang lebih sesuai pada adsorpsi logam Fe bentonit adalah pola isothermal freundlich (multilayer). Nilai R^2 pada persamaan freundlich sebesar 0,992 memiliki arti kesesuaian yang mendekati sempurna yakni seluruh variasi dalam variabel tergantung (variabel Y) dapat diterangkan dengan model regresi. Pola isothermal freundlich mengasumsikan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen dimana setiap gugus aktif pada permukaan adsorben memiliki kemampuan mengadsorpsi yang berbeda-beda. Kapasitas adsorpsi freundlich mewakili semua gugus atau situs yang memungkinkan untuk menyerap logam Fe.

Jenis adsorbent dan khususnya penjernihan terhadap limbah pelumas bekas sebelum adsorpsi mempengaruhi keberhasilan adsorpsi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di dapatkan kesimpulan:

1. Bentonit sebagai adsorbent diaktivasi
2. ' terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotor dan mengaktifkan permukaan adsorbent bentonit menggunakan HCL 1,6 M.
3. Penambahan dosis adsorbent optimum dalam penyerapan logam Fe pada limbah pelumas bekas adalah 20 g bentonit. Kondisi optimum penambahan dosis bentonit masih bisa diteruskan sampai dengan kondisi jenuh penyerapan logam Fe dalam limbah pelumas bekas
4. Didapatkan waktu kontak terbaik selama adsorpsi bentonit dengan limbah pelumas bekas adalah 4 jam.
5. Dari model kesetimbangan adsorpsi diperoleh model persamaan Freundlich dengan kesesuaian yang mendekati sempurna dengan nilai $R^2 = 0,992$ dibandingkan dengan model persamaan Langmuir yang memiliki nilai $R^2 = 0,62$.

Saran

Sebelum dilakukan proses adsorpsi terhadap limbah pelumas bekas, perlu dilakukan penjernihan terlebih dahulu terhadap limbah pelumas, namun hal ini memungkinkan kurang ekonomisnya pengolahan pemanfaatan limbah pelumas bekas, sehingga masih diperlukan pengembangan kajian lebih mendalam untuk mengetahui metode pengolahan limbah pelumas bekas yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai limbah pelumas dasar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Jakarta, Kopertis Wilayah 3, Direktorat Riset Dan Pengabdian Masyarakat Ristek Dikti yang telah memberikan penugasan melalui Hibah Kompetitif Nasional Dalam Skema Penelitian Dosen Pemula.

DAFTAR PUSTAKA

- SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Cu. Jurnal Teknik Kimia USU, **1(1)**.
- Diphare, M.J., Muzenda, E., Pilusa, T.J., dan Mollagee, M., 2013. A Comparison of Waste Lubricating Oil Treatment Techniques Motshumi J. Diphare, Edison Muzenda, Tsietsi J. Pilusa and Mansoor Mollagee.
- Handayani, M. Sulistiyono, E. 2009. Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir. PTNBR-BATAN: Bandung.
- Kriswiyanti, E.A. Danarto, Y.C. 2007. MODEL KESETIMBANGAN ADSORPSI Cr DENGAN RUMPUT LAUT. EKULIBRIUM. **6(2)**. P: 47-52.
- Prasetiowati, Y. Koestiari, T. 2014. KAPASITAS ADSORPSI BENTONIT TEKNIS SEBAGAI ADSORBEN ION Cd²⁺. UNESA Journal Of Chemistry. **3(3)** : P. 194 – 200
- Pratiwi, Y. 2013. Pengolahan Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode *Acid Clay Treatment*. Jurnal Teknik Sipil UNTAN. **13(1)** : P. 1-12.
- Bath, D.S. Siregar, J.M., Lubis, M.T. 2012. PENGGUNAAN TANAH BENTONIT Sathasivam, K, Haris, M, R, H, M, 2010 Adsorption cinetic and capacity of fatty acid-modified banana trunk fibers for oil in water, air, & oil pollution, Int *J. Environ, Pollut*:213-413
- Suprihatin, Indrasti, N.S. 2010. Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi Dan Adsorpsi. Makara, Sains. **14(1)**. P: 44-50.
- Tanjaya, A. Sudono. Indraswati, N. Ismadji, S. 2006. Aktivasi Bentonit Alam Pacitan Sebagai Bahan Penjerap Pada Proses Pemurnian Minyak Sawit. Jurnal Teknik Kimia Indonesia. **5(2)**. P: 429-434.
- Windarti, A.T., Burhan, R. Y.R. 2009. Identifikasi Senyawa Penanda Dalam Pelumas Hasil Daur Ulang (*Recycle*) Menggunakan Ekstraksi Metil Etil Keton Dengan Penambahan Demulsifier CaCl₂ Anhidrat Melalui Analisa KG – SM. Prosiding KIMIA – FMIPA ITS. SK- 43.