

## **Analisis Penurunan Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Limbah Berbahaya dan Beracun Pelumas Bekas Menggunakan Metode Acid Clay Treatment dengan Substitusi Bentonit Sebagai Adsorben**

**Yehezkiel Wijaya Oey<sup>1</sup>, Intan Dwi Wahyu Setyo Rini<sup>2</sup>, dan Adrian Gunawan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Ilmu Kebumihan dan Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, <sup>2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Ilmu Kebumihan dan Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, <sup>3</sup>Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan

\*E-mail: [yehezkiel850@gmail.com](mailto:yehezkiel850@gmail.com)

### **Abstrak**

*Pelumas bekas merupakan limbah B3 dari proses gesekan mesin yang tercampur dengan zat pengotor sehingga tidak dapat digunakan kembali tanpa pengolahan lebih lanjut. Minyak pelumas bekas mengandung kontaminan logam berat, salah satunya logam berat timbal. Timbal yang terkandung dalam minyak pelumas bekas yang bersifat racun dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi penggunaan bentonit sebagai adsorben pada perlakuan acid clay untuk menurunkan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada minyak pelumas bekas. Metode Acid Clay Treatment menggunakan asam kuat sebagai pelarut utama, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan bentonit dalam penelitian ini sebagai pengikat atau adsorben. Asam kuat yang digunakan adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 2 M dengan variasi volume 5, 10, 15 ml dan clay yang digunakan sebagai adsorben adalah bentonit dengan variasi massa sebesar 50 g, 60 g, dan 70 g. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan kondisi optimum penurunan kadar logam berat timbal (Pb) sebesar 100 % dengan variasi (10 ml  $H_2SO_4$  dan 70 gram bentonit). Adapun parameter karakteristik minyak pelumas lain yang dihasilkan yaitu: viskositas kinematik 40°C sebesar 80,96 cSt; viskositas kinematik 100°C sebesar 11.82 cSt; specific gravity sebesar 0,888; kadar sebesar 0.06 % dan warna yang dihasilkan adalah D 8.0.*

**Keywords:** Acid Clay Treatment, Adsorben, Bentonit, Minyak pelumas bekas, Timbal (Pb).

### **1. PENDAHULUAN**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021, minyak pelumas bekas adalah jenis limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang berasal dari sumber tidak spesifik dan memiliki karakteristik cairan mudah menyala. Limbah pelumas bekas mengandung berbagai kontaminan berbahaya seperti logam berat timbal (Pb), logam besi (Fe), seng (Zn), tembaga (Cu) dan air hasil dari pembakaran bahan bakar (Hasyim & Fitriyano, 2017). Limbah minyak pelumas bekas mengandung kontaminan logam berat yaitu timbal (Pb) yang dimana sangat berbahaya dan dapat merusak ekosistem lingkungan termasuk makhluk hidup yang ada (Vizueta, et.al., 2018). kandungan logam berat timbal (Pb) harus dikurangi agar pelumas bekas yang diproses memenuhi standar mutu yang berlaku, dan mutu pelumas bekas hasil pengolahan dapat mendekati standar lube base oil, agar bisa digunakan dalam pembuatan pelumas baru dan dapat digunakan kembali. Minyak pelumas bekas dapat dimurnikan untuk mengurangi konsentrasi logam berat timbal (Pb) dalam proses yang disebut *Acid clay treatment*.

Metode *acid clay treatment* adalah metode pengolahan minyak pelumas bekas dengan cara menambahkan asam kuat yang berfungsi sebagai pelarut utama kemudian dilanjutkan dengan memberikan tanah liat yang berfungsi sebagai pengikat atau adsorben untuk menyerap kontaminan pengotor dari sisa pelarutan asam minyak pelumas bekas (Pratiwi Yuzana, 2013). Asam kuat yang sering digunakan sebagai pelarut dalam metode *acid clay treatment* yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan asam klorida (HCl). Menurut Mara & Kurniawan (2015) asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) memiliki potensi yang dapat menurunkan tegangan permukaan cairan sehingga dapat menghilangkan kandungan kontaminan pengotor dalam minyak pelumas bekas (Mara & Kurniawan, 2015). Pada proses acid clay treatment tidak hanya menggunakan asam kuat sebagai pelarut, tetapi juga membutuhkan tambahan clay yang berfungsi sebagai adsorben untuk mengatasi kontaminan yang disebabkan oleh sisa pelarutan minyak pelumas bekas. Salah satu jenis tanah liat yang dapat digunakan pada metode *acid clay treatment* yaitu adalah bentonit. Bentonit merupakan salah satu jenis tanah liat yang dapat digunakan sebagai adsorben pada metode *acid clay treatment* dan bentonit memiliki daya serap sebesar 80% terhadap kontaminan pengotor dalam minyak pelumas bekas terbesar dari antara jenis tanah liat lainnya seperti zeolit dan silica (Kusumah et al., 2013). Menurut Suarya dan Simpen, (2009) dalam Yulianti dan Sumarni, (2017) menjelaskan bahwa bentonit adalah bahan alam yang memiliki sifat mudah mengembang (swelling) dan memiliki kation-kation yang mudah untuk bertukar serta

memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Selain itu bentonit juga merupakan salah satu jenis tanah liat yang mudah untuk didapatkan di alam (Lathifah et al., 2019). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi massa bentonit sebagai adsorben dan variasi volume  $H_2SO_4$  sebagai pelarut pada metode *acid clay treatment* untuk menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada limbah minyak pelumas bekas, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari limbah B3 khususnya pada minyak pelumas bekas.

## 2. METODE

Pada penelitian kali ini menggunakan jenis penelitian yaitu penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan suatu metode yang berfungsi untuk menguji teori tertentu dengan menggunakan cara meneliti hubungan antar variabel. Variabel penelitian adalah suatu konsep atau obyek yang memiliki variasi nilai. Pada penelitian ini senyawa  $H_2SO_4$  digunakan dengan variasi jumlah yaitu  $H_2SO_4$  2 M dengan masing-masing 5 ml/200 ml, 10 ml/200 ml, dan 15 ml/200 ml limbah pelumas bekas. Hal ini didasari dari penelitian terdahulu Pratiwi (2013) yang menjelaskan bahwa 10 ml 2 M  $H_2SO_4$  dalam 200 ml pelumas bekas dapat menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) sebesar 56,71% (Pratiwi Yuzana, 2013). Kemudian menggunakan adsorben untuk clay treatment yaitu berupa bentonit dengan variasi konsentrasi yaitu 50 g/200 ml limbah pelumas bekas, 60 g/200 ml limbah pelumas bekas, dan 70 g/200 ml limbah pelumas bekas. Variasi massa adsorben bentonit 30 g/100 ml merupakan konsentrasi optimum yang didapatkan (Lathifah et al., 2019) Variabel penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Variabel Penelitian**

Sampel	Variasi Asam dan Adsorben		
Pelumas bekas 200 ml	$H_2SO_4$ 2 M 5 ml + Bentonit 50 g <b>(A)</b> (Triplo)	$H_2SO_4$ 2 M 10 ml + Bentonit 50 g <b>(B)</b> (Triplo)	$H_2SO_4$ 2 M 15 ml + Bentonit 50 g <b>(C)</b> (Triplo)
	$H_2SO_4$ 2 M 5 ml + Bentonit 60 g <b>(D)</b> (Triplo)	$H_2SO_4$ 2 M 10 ml + Bentonit 60 g <b>(E)</b> (Triplo)	$H_2SO_4$ 2 M 15 ml + Bentonit 60 g <b>(F)</b> (Triplo)
	$H_2SO_4$ 2 M 5 ml + Bentonit 70 g <b>(G)</b> (Triplo)	$H_2SO_4$ 2 M 10 ml + Bentonit 70 g <b>(H)</b> (Triplo)	$H_2SO_4$ 2 M 15 ml + Bentonit 70 g <b>(I)</b> (Triplo)

### 2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses acid clay treatment untuk penurunan kadar logam berat timbal (Pb) adalah sebagai berikut:

- Alat: ayakan 100 mesh, beaker glass, cawan petri, corong buncher, corong kaca, corong pisah, desikator, erlenmeyer, gelas ukur, kaca arloji, karet penghisap, labu penyaring, mortar dan alu, magnetic strirrer dan hot plate, neraca analitik, oven, piknometer, pipet ukur, pompa vakum, sumbat karet, spatula besi, dan spatula kaca.
- Bahan: pelumas bekas bersumber dari bengkel mobil di Kota Balikpapan, bentonit, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), kertas saring, dan akuades.

### 2.2 Penelitian Laboratorium

Tahapan dalam penelitian laboratorium akan dilakukan dalam lima tahap yaitu karakterisasi pelumas bekas, *pre - treatment* pelumas bekas, preparasi adsorben bentonit, aktivasi adsorben bentonit, dan pengolahan limbah pelumas bekas.

- Karakterisasi pelumas bekas:  
Pengujian karakteristik awal kadar logam berat Pb menggunakan metode ICP (*inductively coupled plasma*) (ASTM D5185-18)
- Pre-treatment Pelumas Bekas

Adapun tahapan pada pre-treatment pelumas bekas yaitu corong Buchner dipasang ke labu penyaringan dengan sumbat karet. Kemudian pompa vakum dihubungkan ke saringan. Lalu sampel pelumas bekas disaring. Selanjutnya filtrat dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 50 °C dan diaduk selama satu jam.

- **Preparasi Adsorben Bentonit**  
Tahapan yang dilakukan adalah pertama bentonit dioven sampe kering. Lalu bentonit digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Bentonit yang telah lolos ayakan tersebut kemudian sebanyak 100 gram dimasukkan ke 1600 ml akuades, lalu diaduk selama 3 jam dengan kecepatan 100 rpm pada pengaduk magnet. Selanjutnya sedimen yang terbentuk diendapkan dan dipisahkan dari suspensinya, kemudian dikeringkan di dalam oven pada temperatur 110°C selama 6 jam. Kemudian sampel yang telah kering digerus dan diayak kembali dengan ayakan 100 mesh.
- **Aktivasi Adsorben Bentonit**  
Adapun tahapannya yaitu ambil sebanyak 100 gram bentonit dan 100 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,2 M. Lalu aduk menggunakan pengaduk magnet selama 3 jam dengan kecepatan 100 rpm pada suhu 70°C. Kemudian hasil pengadukan didinginkan, lalu disaring dengan penyaring vakum dan dicuci dengan akuades panas sampai terbebas dari ion sisa asam. Bentonit yang telah diaktivasi kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100-110°C selama 3 jam. Kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh.
- **Pengolahan Limbah Pelumas Bekas**  
Sampel limbah pelumas bekas disiapkan sebanyak 200 ml dimasukkan kedalam masing-masing reaktor sesuai dengan jumlah variasi. Selanjutnya pelumas bekas diaduk dengan kecepatan 100 rpm dan ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M dengan variasi volume 5 ml, 10 ml, dan 15 ml ke masing-masing reaktor. Campuran terus diaduk selama 3 jam hingga diperoleh larutan homogen, lalu didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk 2 lapisan. Kemudian lapisan atas dipisahkan dengan menggunakan corong pisah untuk proses pengolahan selanjutnya. Adsorben bentonit yang telah diaktivasi dimasukkan kedalam 200 ml limbah pelumas bekas, kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnet dengan kecepatan 100 rpm selama 4 jam. Variasi adsorben yang dimasukkan yaitu sebanyak 50 gram pada sampel pertama (A, B, dan C), 60 gram pada sampel kedua (D,E, dan F), dan 70 gram pada sampel ketiga (H, I, dan J). Masing- masing sampel yang telah dilakukan pengolahan disaring dengan penyaring vakum dan diambil filtratnya sebanyak 100 ml untuk diuji kadar logam berat timbalnya (Pb).

### 2.3 Metode Analisis Data

- **Penentuan kondisi optimum**  
Penentuan kondisi optimum dilakukan untuk setiap variasi volume senyawa asam dan variasi massa adsorben dengan membandingkan antara masing-masing variasi baik volume senyawa asam maupun massa adsorben terhadap nilai penurunan atau penyisihan kadar logam berat (Pb).
- **Efisiensi penurunan kadar logam berat (Pb)**  
untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi (Pb) pada limbah pelumas bekas menggunakan rumus sebagai berikut:

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 UJI KARAKTERISTIK AWAL

Minyak pelumas bekas yang akan diberikan perlakuan dengan metode acid clay treatment terlebih dahulu melakukan pengujian karakteristik awal untuk mengetahui nilai kadar Pb dan nilai paramter pendukungnya seperti viskositas kinematik, *specific gravity*, kadar air dan warna. Variasi sampel kondisi awal pada pelumas bekas dinyatakan dengan huruf Y. Hasil pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 2**

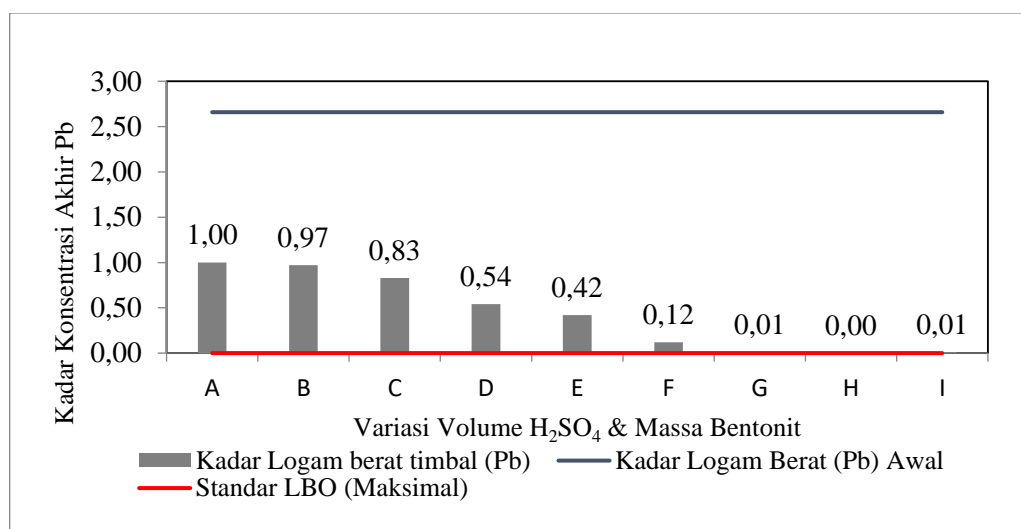
**Tabel 2 Kondisi Awal Minyak Logam Berat Pelumas Bekas**

Hasil Karakteristik Awal		
Y	Kadar Pb (ppm)	Standar LBO (Max)
	2.66	0.00

Sumber : Hasil Analisis, 2023

### 3.2 HASIL UJI LOGAM BERAT

Penyisihan logam berat Pb paling tinggi terjadi pada variasi H dengan campuran 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M dan 70 gram bentonit. Pada variasi tersebut mampu menyisihkan kandungan logam berat Pb pada minyak pelumas bekas hingga 100 %. Kadar logam berat Pb menurut standar Lube Base Oil adalah 0.00 ppm. Oleh karena itu variasi H merupakan variasi dengan komposisi asam dan clay terbaik untuk penurunan logam berat Pb pada penelitian ini. Adapun grafik hasil uji parameter kadar Pb dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



**Gambar 1 Grafik Hasil Uji Kadar Logam Berat Pb**

Berdasarkan **Gambar 1** diatas dapat dilihat bahwa perbandingan kadar logam berat timbal awal dengan kadar logam berat timbal akhir dari setiap variasi volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan massa bentonit cenderung mengalami penurunan terhadap nilai kadar Pb akhir setelah diberi *acid clay treatment* dan variasi H merupakan penurunan konsentrasi kadar logam berat timbal tertinggi dan memenuhi standar LBO sebesar 0.00 ppm. Dapat disimpulkan bahwa volume larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan massa bentonit saling berpengaruh terhadap penurunan nilai kadar Pb pada sampel minyak pelumas bekas (Lathifah et al., 2019). Dimana variasi massa adsorben yang memiliki penurunan konsentrasi logam berat timbal tertinggi adalah 70 gram bentonit, menurut Oladimeji et al., (2018) kadar kontaminan pengotor logam berat Pb dari minyak pelumas bekas akan cenderung menurun seiring dengan penambahan massa bentonit. Hal ini terjadi karena penambahan massa adsorben dapat mempengaruhi proses adsorpsi karena semakin banyak massa adsorben yang ditambahkan, semakin banyak juga permukaan adsorben yang tersedia untuk menarik dan mengikat kontaminan logam berat Pb pada minyak pelumas bekas (Halim et al., 2021).

Penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bertujuan untuk menurunkan tegangan permukaan pada minyak pelumas sehingga bentonit dapat dengan mudah menjerap kontaminan kontaminan pengotor yang ada pada minyak pelumas bekas. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat bereaksi dengan logam berat, membentuk senyawa yang lebih mudah terpisah dari minyak atau mengendap sebagai garam-garam yang tidak larut dalam minyak dengan reaksi:  $Pb + H_2SO_4 = H_2 + Pb(SO_4)$  (Mara dan Kurniawan, 2015).

### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitiannya ini adalah Pada pengolahan minyak pelumas bekas sebanyak 200 ml menggunakan metode *acid clay treatment* didapatkan efisiensi penurunan kadar logam berat timbal (Pb) tertinggi sebesar 100%. Kondisi terbaik penurunan kadar logam berat timbal (Pb) didapatkan pada variasi H dengan variasi volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 M 10 ml dan variasi massa bentonit 70 gram.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

Aguilar, J. et al. (2020) '*Acid activation of bentonite clay for recycled automotive oil purification*', E3S Web of Conferences, 191. doi: 10.1051/e3sconf/202019103002.

- Alvarracín, C. S., Bravo, J. C., Arias, D. A., & Ávila, F. G. (2021). *Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration*. *Recycling*, 1-22.
- Ayuningtyas, R. (2022). *Analisis Penurunan Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode Acid Clay Treatment Dengan Substitusi Fly Ash Sebagai Adsorben* (1st ed.). Insitut Teknologi Kalimantan
- Halim, A., Romadon, J., & Achyar, M. (2021). *PEMBUATAN ADSORBEN DARI SEKAM PADI SEBAGAI PENYERAP LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb) DALAM AIR LIMBAH*. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*.
- Hasyim, U. H., Ningrum, D. A., & Apriliani, E. (2017). *Kajian Model Kesetimbangan Adsorpsi Logam Pada Limbah Pelumas Bekas Menggunakan Bentonit*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017 (pp. 1-9). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Johanna Aguilar, Cristina Almeida-Naranjo, María B. Aldás, Víctor H. Guerrero (2020). *Acid activation of bentonite clay for recycled automotive oil purification*. Departament of Civil and Environmental Engineering, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Kusumah, Adhe Mulat Purwaningsih, Henny Khotib (2013). *Perolehan Kembali Bahan Dasar Pelumas dari Limbah Pelumas Mesin dengan Metode Adsorpsi dan Penciriannya*.
- Lathifah, T., Yuliani, N., & Wardhani, G. A. P. K. (2019). *Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Adsorben Dalam Pemurnian Pelumas Bekas*. *Jurnal Sains Natural*, 9(1), 1.
- Mara, M., & Kurniawan, A. (2015). *Analisis Pemurnian Minyak Pelumas Bekas Dengan Metode Acid And Clay*. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(2).
- Muzhaffar, I., Suwandi, & Nurwulan. (2021). *Pengolahan Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Diesel Dengan Metode Pemurnian Menggunakan Asam Klorida Dan Natrium Hidroksida*. *E-Proceeding Engineering*, 1884-1890.
- Oladimeji, T. E. et al. (2018) 'Data on the treatment of used lubricating oil from two different sources using solvent extraction and adsorption', *Data in Brief*, 19, pp. 2240–2252. doi: 10.1016/j.dib.2018.07.003.
- Puppung, P. La. (2022). *Pengaruh Perubahan Gravitasi Spesifik Bensin Premium terhadap Sifat-Sifat Fisika Kimianya*. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 40(2), 10–20. <https://doi.org/10.29017/lpmgb.40.2.180>
- Santosa, H. (2022). *Analisis Penurunan Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe) Pada Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode Acid Clay Treatment Dengan Substitusi Fly Ash Sebagai Adsorben*. Insitut Teknologi Kalimantan.
- Supriyanto, A., & Alimuddin, B. (2018). *Analisis Logam Fe, Cu, Pb, Dan Zn Dalam Minyak Pelumas Baru Dan Bekas Menggunakan X-Ray Fluorescence*. *Jurnal Atomik*, 13-17.
- Yuzana, P. (2013). *Pengolahan Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode Acid Clay Treatment*. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, 13(1), 1-1