

Analisis Penurunan Konsentrasi Logam Besi (Fe) Pada Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode *Acid Clay Treatment* dengan Substitusi Bentonit Sebagai Adsorben

Simatupang Rudolf Kevin^{1*}, Intan Dwi Wahyu Setyo Rini², Adrian Gunawan³

^{1,2}Teknik Lingkungan, Jurusan Ilmu Kebumihan dan Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan ³Teknik Kimia, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan.

*E-mail: simatupangkevin@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan jumlah penduduk dapat meningkatkan angka kebutuhan transportasi mobil sehingga jumlah pelumas bekas juga meningkat. Kandungan logam Fe pada pelumas bekas dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis bentonit yang berperan sebagai adsorben pada metode *acid clay treatment* terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) pada minyak pelumas bekas. Metode yang digunakan adalah *acid clay treatment* terhadap pelumas bekas. Pada penelitian ini menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) 2 M dengan variasi volume 5 ml, 10 ml, dan 15 ml serta variasi massa adsorben bentonit 50 g, 60 g, dan 70 g. Karakterisasi pelumas bekas mencakup parameter kadar logam besi (Fe), viskositas kinematik pada suhu 40°C dan 100°C, *specific gravity*, kadar air, dan warna. Hasil dari penelitian menunjukkan terjadi penurunan kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas dengan efisiensi penurunan optimal sebesar 63,84% seperti pada variasi E dengan campuran 10 ml H_2SO_4 dan 60 g bentonit. Adapun hasil uji pada setiap parameter yaitu kadar logam besi (Fe) berada pada 26,487-52,91 ppm. Parameter viskositas kinematik pada suhu 40°C dan 100°C masing-masing berada pada 83,34-89,45 cSt dan 11,46-12,52 cSt. Kemudian nilai parameter *specific gravity* berada pada 0,837-0,856. Pada nilai parameter kadar air berada pada 0,23-1,45%. Parameter warna berada pada tingkat D8,0 (*too dark*).

Keywords: *Acid Clay Treatment, Bentonit, Besi (Fe), H_2SO_4 , Pelumas Bekas.*

1 PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk memiliki pengaruh terhadap peningkatan mobilitas masyarakat yang berpengaruh pada meningkatnya jumlah transportasi. Hal ini didukung oleh penelitian Ali dan Abidin (2019) yang menjelaskan bahwa pertumbuhan jumlah penduduk menjadi salah satu penyebab adanya peningkatan angka kebutuhan transportasi seperti mobil (Ali & Abidin, 2019). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021) menjelaskan bahwa di Indonesia memiliki transportasi mobil sebanyak 16.903.094 unit mobil sedangkan pada Provinsi Kalimantan Timur memiliki sebanyak 282.455 unit mobil sehingga diketahui persentase peningkatan transportasi mobil di Indonesia sebesar 7% sedangkan di Provinsi Kalimantan Timur sebesar 6,07% (Badan Pusat Statistik, 2021). Adanya peningkatan penggunaan transportasi mobil perlu diimbangi dengan peningkatan layanan perawatan transportasi tersebut seperti bengkel. Pada kegiatan perbengkelan menghasilkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yaitu salah satunya adalah pelumas bekas atau disebut dengan oli bekas (Kristanti et al., 2021).

Pelumas bekas memiliki beragam kandungan kontaminan seperti salah satunya yaitu kontaminan logam besi (Fe). Berdasarkan penelitian Santosa (2022) menjelaskan bahwa kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas ada sebanyak 33,62 ppm, sedangkan pada minyak pelumas baru kadar logam besi (Fe) hanya sebesar 0,2 ppm (Santosa, 2022). Kandungan logam besi (Fe) pada pelumas bekas dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan juga gangguan kesehatan pada manusia. Dari permasalahan yang timbul tersebut maka dibutuhkan suatu pengolahan pelumas bekas.

Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu menggunakan metode *acid clay treatment*. Dengan menggunakan asam kuat berupa HCl dan *clay* berupa *fly ash* terdapat penurunan kadar logam besi (Fe) menggunakan metode *acid clay treatment* yaitu sebesar 55,33% (Santosa, 2022). Selanjutnya menurut Giovanna (2012) dalam Oladimeji dkk (2018) menjelaskan bahwa metode *acid clay treatment* memiliki faktor pembeda dengan metode pengolahan pelumas bekas lainnya yaitu proses pada metode ini sederhana, biaya operasional yang murah, modal yang dibutuhkan murah, dan metode *acid clay treatment* tidak memerlukan operator yang terampil (Oladimeji et al., 2018). Asam kuat yang pada umumnya digunakan dalam metode *acid clay treatment* yaitu asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl), sedangkan jenis *clay* yang pada umumnya digunakan pada metode ini yaitu bentonit, zeolit, dan kaolin. Menurut penelitian Dewi dkk (2019) menjelaskan bahwa bentonit memiliki sifat *swelling* (menggembang) yang besar sehingga menjadikan bentonit sebagai

adsorben yang memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi dibandingkan dengan adsorben lainnya (Dewi et al., 2019). Selanjutnya menurut Teplitsskiy (2005) dalam Atikah (2018) menjelaskan bentonit memiliki ukuran partikel koloid yang kecil dan kapasitas permukaan ion yang tinggi sehingga bentonit dapat menjadi adsorben. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengolahan pelumas bekas dengan metode *acid clay treatment* dengan menggunakan H_2SO_4 sebagai pelarut utama dan bentonit sebagai adsorben

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%. 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. Variabel penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Variabel Penelitian

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

Sumber: Hasil Analisis, 2023

2.1 Alat dan Bahan

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

- Alat: ayakan 100 mesh, beaker glass, corong buncher, corong pisah, erlenmeyer, gelas ukur, karet penghisap, labu penyaring, mortar dan alu, *magnetic stirrer* dan *hot plate*, oven, pipet ukur, pompa vakum, sumbat karet, spatula besi, dan spatula kaca.
- Bahan: pelumas bekas bersumber dari bengkel mobil di Kota Samarinda, 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 awal pelumas bekas adalah melakukan uji kadar logam besi (Fe) dengan metode 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 di oven 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 H₂SO₄ 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 ke dalam masing-masing reaktor sesuai dengan jumlah variasi. Selanjutnya pelumas bekas diaduk dengan kecepatan 100 rpm dan ditambahkan H₂SO₄ 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 ke dalam 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 besi (Fe).

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 besi (Fe).
- **Efisiensi penurunan kadar besi (Fe)**
untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi besi (Fe) pada limbah pelumas bekas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

- E = efisiensi (%)
- C₀ = konsentrasi awal
- C₁ = konsentrasi akhir

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Pelumas Bekas

Pelumas bekas yang digunakan didapatkan dari bengkel X di Samarinda. Pelumas bekas tersebut berasal dari mesin kendaraan mobil dengan kondisi visual berwarna hitam pekat dan cair. Sebelum dilakukan perlakuan terhadap pelumas bekas, perlu diketahui terlebih dahulu terkait nilai kadar awal dari setiap parameter seperti kadar logam besi (Fe). Kondisi awal dari setiap parameter dinyatakan dengan X. Hasil karakterisasi awal terhadap pelumas bekas dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Karakterisasi Awal Pelumas Bekas

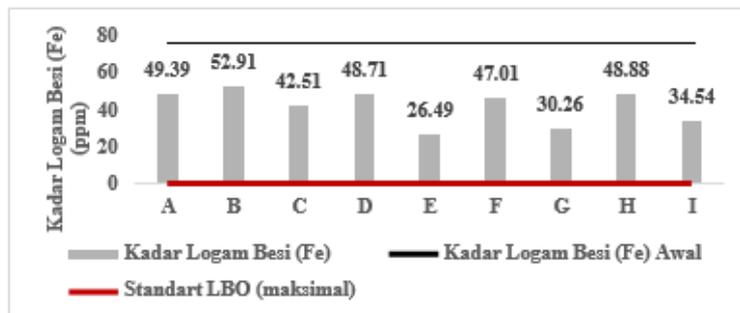
Sampel	Kadar Logam Besi (Fe) (ppm)	
	Awal	Standar LBO (maksimal)
X	73,260	0,2

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan **Tabel 2** dapat dilihat bahwa setiap parameter pelumas bekas tidak memenuhi standar LBO yang ada. Kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas tersebut sebesar 73,260 ppm. Hal ini dapat terjadi dikarenakan logam besi (Fe) berasal dari beberapa komponen mesin seperti piston, roda gigi, ring, dan pompa oli selain itu kadar logam besi (Fe) juga bergantung pada kondisi bantalan dalam mesin karena jika bantalan pada mesin rusak sehingga kadar logam besi (Fe) pada pelumas dapat meningkat (Hamawand et al., 2013).

3.2 Kadar Logam Besi (Fe)

Setelah dilakukannya perlakuan pada pelumas bekas dengan metode *acid clay treatment* kadar logam besi (Fe) pelumas bekas tersebut mengalami penurunan. Kadar logam besi (Fe) yang didapatkan setelah perlakuan masih berada diatas standar maksimal LBO yaitu sebesar 0,2 ppm. Berikut adalah grafik penurunan kadar logam besi (Fe) yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2: Grafik Parameter Kadar Logam Besi (Fe)

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Jika dilihat pada variasi B, E, dan H yang memiliki variasi volume H_2SO_4 sebesar 10 ml tetapi untuk massa adsorben bentonit berbeda. Dapat diketahui bahwa adanya penambahan massa adsorben bentonit mulai dari 50gram (B) menjadi 60 gram (E) mengalami kenaikan efisiensi tetapi pada penambahan 70 gram (H) efisien mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena adsorben bentonit telah mencapai titik kesetimbangan sehingga menurunnya daya serap bentonit terhadap adsorbat. Berdasarkan penelitian Prasetowati dan Koestiari (2014) dijelaskan bahwa daya serap adsorben bentonit dapat mengalami penurunan dikarenakan adsorben bentonit mencapai titik kesetimbangan. Selain itu, hal ini juga disebabkan karena semakin berkurangnya jumlah adsorbat yang mengalami pertukaran ion (Hasyim et al., 2017). Melalui penelitian oleh Nafsiah dkk (2017) menjelaskan bahwa bahwa isoterm Langmuir merupakan model adsorpsi pada adsorpsi ion Fe^{3+} dengan bentonit teraktivasi H_2SO_4 sehingga adsorpsi yang terjadi berada pada lapisan *monolayer* adsorben bentonit. Pada lapisan ini bentonit memiliki situs aktif yang hanya bisa terjadi satu pertukaran ion, sehingga jika semua situs aktif telah melakukan pertukaran ion terhadap adsorbat maka adsorpsi akan berhenti atau adsorben telah mencapai titik jenuh karena terbatasnya interaksi antara ion Fe^{3+} terhadap permukaan lapisan *monolayer* (Prasetiowati & Koestiari, 2014). Oleh karena itu, pada penambahan massa adsorben 70 gram efisiensi penurunan logam besi (Fe) mengalami penurunan.

Jika dilihat pada variasi D dan E dimana variasi volume H_2SO_4 masing-masing sebesar 5 ml dan 10 ml. Pada variasi D dengan 5 ml H_2SO_4 memiliki efisiensi penurunan kadar logam besi (Fe) sebesar 33,50%. Kemudian pada variasi E dilakukan peningkatan volume H_2SO_4 menjadi 10 ml sehingga mengalami peningkatan efisiensi penurunan kadar logam besi (Fe) menjadi 63,84%. Hal ini disebabkan karena H_2SO_4 memiliki sifat untuk menurunkan tegangan permukaan cairan dimana jika tegangan permukaan cairan berkurang maka logam Fe dapat terserap oleh adsorben bentonit dengan mudah (Kurniawan, 2014). Maka dari itu, efisiensi penurunan kadar logam besi (Fe) dapat meningkat. Berdasarkan dari **Gambar 2** tersebut dapat diketahui bahwa setiap variabel mengalami penurunan kadar logam besi (Fe) dari kondisi awal logam besi (Fe) pelumas bekas yang belum diberikan perlakuan *acid clay treatment*. Akan tetapi, kadar logam besi (Fe) yang didapatkan pada setiap variasi belum memenuhi standar maksimal LBO yaitu sebesar 0,2 ppm. Hal ini disebabkan karena adsorben mengalami kejenuhan pada variasi 70 gram bentonit setelah mencapai titik kesetimbangan pada variasi 60 gram bentonit (Prasetiowati & Koestiari, 2014). Konsentrasi yang tidak mencukupi dalam penurunan kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas dapat menjadi penyebab penurunan kadar logam besi (Fe) tidak mencapai standar maksimal LBO (Hasyim et al., 2017). Selain itu, adsorben bentonit kurang sesuai dalam menurunkan kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas (Atsar et al., 2013). Selanjutnya dapat disebabkan karena waktu kontak serta waktu pengendapan pada proses *acid treatment* yang kurang tepat sehingga kurang efektif dalam penurunan kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas (Hasyim, 2017). Oleh karena itu dibutuhkan penelitian lanjutan terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) pada pelumas bekas.

4 KESIMPULAN

Efisiensi penurunan kadar logam besi (Fe) terbesar menggunakan metode *acid clay treatment* dengan bentonit sebagai adsorben yaitu sebesar 63,84%. Kondisi optimum terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) berada pada variasi E dengan volume H_2SO_4 dan massa bentonit masing-masing sebesar 10 ml H_2SO_4 dan 60

gram bentonit. Nilai akhir kadar Fe pada variasi E adalah 26,49 ppm, dimana masih berada di atas standar maksimal LBO yaitu 0,2 ppm.

5 DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. I., & Abidin, M. R. (2019). Pengaruh Kepadatan Penduduk Terhadap Intensitas Kemacetan Lalu Lintas Di Kecamatan Rappocini Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar*, 68–73. [http://eprints.unm.ac.id/17795/1/prosiding Pengaruh KepadatanPenduduk.pdf](http://eprints.unm.ac.id/17795/1/prosiding%20Pengaruh%20KepadatanPenduduk.pdf)
- Atikah, A. (2018). Efektifitas Bentonit Sebagai Adsorben Pada Proses Peningkatan Kadar Bioetanol. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 23. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1200>
- Atsar, F. S., Kukwa, D. T., Tyohemba, R. L., & Wuana, R. A. (2013). Cleaning of heavy metals from Spent Lubrication Oil (SLO) by adsorption process using acid modified clay. *Journal of Chemical Science and Technology*, 3(4), 71–75.
- Dewi, P. A. I. K., Suarya, P., & Sibarani, J. (2019). *Adsorpsi Ion Pb dan Cu Oleh Bentonit Teraktivasi Basa(NaOH)*. 9(2), 235–242.
- Hamawand, I., Yusaf, T., & Rafat, S. (2013). Recycling of waste engine oils using a new washing agent. *Energies*, 6(2), 1023–1049. <https://doi.org/10.3390/en6021023>
- Hasyim, U. H. (2017). PENGARUH KONSENTRASI HCL DAN MASSA ADSORBENT DALAM PENGOLAHAN LIMBAH PELUMAS BEKAS DENGAN KAJIAN KESEIMBANGAN ADSORPSI BENTONIT TERHADAP LOGAM Fe. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4), 191. <https://doi.org/10.36055/jip.v6i4.2545>
- 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, November*, 1–2.
- Kristanti, E., Muharamin, A., ITATS), A. N.-E. J., & 2021, undefined. (2021). Identifikasi Limbah Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Bengkel Xyz Lamongan. *Ejurnal.Itats.Ac.Id*, 1(1), 1–6. <https://ejurnal.itats.ac.id/envitats/article/view/2174>
- Kurniawan, A. (2014). *Pemurnian Minyak Pelumas Bekas Dengan Metode Acid and Clay Dengan Memanfaatkan Asam Sulfat dan Tanah Liat Sebagai Adsorbent*. Universitas Mataram.
- 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. <https://doi.org/10.31938/jsn.v9i1.170>
- Oladimeji, T. E., Sonibare, J. A., Omoleye, J. A., Emetere, M. E., & Elehinafe, F. B. (2018). A review on treatment methods of used lubricating oil. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(12), 506–514.
- Prasetiowati, Y., & Koestiari, T. (2014). Kapasitas Adsorpsi Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Ion Cd²⁺. *UNESA Journal of Chemistry*, 3(3), 194–200.
- Pratiwi Yuzana. (2013). Pengolahan Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Metode Acid Clay Treatment. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, 13(1), 1–12.
- 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.