

PEMANFAATAN BIOADSORBEN DARI SEKAM PADI UNTUK MENDEGRADASI LOGAM Cu PADA MINYAK PELUMAS BEKAS

Jusuf Pratama¹, Arlin Dini Anindya¹, Yurike Luckita Putri¹,
Nabila Nur Latiefa¹, Alfiana Adhitasari^{1,*}

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Ds. Ciwaruga, Bandung Barat

*E-mail: alfiana.adhitasari@polban.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan minyak pelumas dalam industri sebagai bahan pelindung mesin dari gesekan menghasilkan limbah yang sifatnya mudah terbakar dan meledak apabila salah dalam pengelolaannya. Salah satu upaya untuk mengolah minyak pelumas bekas adalah dengan metode asidifikasi-adsorpsi. Metode asidifikasi atau penambahan asam kuat seperti H₂SO₄ digunakan untuk menghilangkan pengotor dan mengembalikan beberapa sifat fisik seperti densitas, viskositas dan warna. Metode adsorpsi digunakan untuk menurunkan kandungan logam Cu menggunakan selulosa dari sekam padi sebagai adsorben. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan H₂SO₄ pada metode asidifikasi, pengaruh komposisi massa sekam padi pada metode adsorpsi, serta membandingkan hasil pengujian minyak pelumas bekas sebelum dan setelah diolah ditinjau dari kadar logam berat, viskositas dan *Specific Gravity* (SG). Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan penurunan tertinggi konsentrasi Cu dari 0,438 ppm menjadi 0,0736 ppm yang terjadi pada asidifikasi H₂SO₄ sebanyak 5% dari volume sampel dengan variasi selulosa asetat-kitosan 3:1. Metode asidifikasi-adsorpsi dengan adsorben alami selulosa asetat-kitosan berhasil dilakukan untuk mengubah beberapa sifat fisik dan kadar logam Cu dari minyak pelumas bekas.

Kata kunci: Minyak pelumas bekas, sekam padi, kitosan, asidifikasi, adsorpsi

ABSTRACT

The use of lubricating oil in industry as a material to protect the machine from friction produces waste that is flammable and explodes if mismanaged. One of the efforts to process used lubricating oil is by an acidification-adsorption method. Acidification methods or the addition of strong acids such as H₂SO₄ are used to remove impurities and restore some of the physical properties such as density, viscosity, and color. The adsorption method was used to reduce the Cu metal concentration using cellulose from rice husks as an adsorbent. The purpose of this study was to find out the effect of H₂SO₄ on acidification methods, the effect of rice husk mass composition on adsorption methods and compare the results of testing of used lubricant oil before and after processing given the levels of heavy metals contained, viscosity, and Specific Gravity (SG). The result indicates that the highest reduction in Cu concentration from 0.438 ppm to 0.0736 ppm which occurs in H₂SO₄ acidification as much as 5% of the sample volume with a variation of cellulose acetate-chitosan 3:1. The acidification-adsorption method with the natural adsorbent cellulose-chitosan was successfully performed to change some of the physical properties and levels of Cu metal from used lubricating oil.

Keywords: Used lubricating oil, rice husk, chitosan, acidification, adsorption

PENDAHULUAN

Minyak pelumas atau lebih dikenal sebagai oli banyak dimanfaatkan untuk melindungi mesin dari gesekan dengan komponen lain yang dapat menyebabkan kerusakan atau aus pada mesin. Minyak pelumas yang dalam pemakaiannya sudah banyak terkontaminasi dengan berbagai pengotor, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan efektivitas dan kualitas dari minyak pelumas dalam rentan waktu tertentu. Minyak pelumas bekas merupakan limbah B3 yang sifatnya mudah terbakar dan meledak apabila salah dalam pengelolaan dan pembuangannya.. Kontaminan yang terkandung didalam minyak pelumas bekas juga dapat mencemari air maupun tanah (P3KNLH, 2008a, dalam Azteria dan Efendi, 2017).

Menurut Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021) pelumas yang diproduksi di dalam negeri sebesar 908,360 KL. Untuk kebutuhan otomotif, hampir 718 ribu KL, sedangkan pelumas industri 127 ribu KL/tahun. Limbah cair B3 di Indonesia mencapai 253.242,52/luas dan di Jawa Barat sendiri limbah cair B3 mencapai 16.804,68/luas (Menteri LHK, 2021). Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan cara untuk mengolah limbah minyak pelumas.

Metode asidifikasi-adsorpsi merupakan salah satu cara untuk mengolah minyak pelumas bekas. Metode asidifikasi atau penambahan asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) dapat digunakan untuk menghilangkan sejumlah kontaminan yang terkandung dalam minyak pelumas bekas (Petder, 2012). Menurut penelitian Kurniawan dan Mara (2015) untuk pengolahan minyak pelumas bekas dengan metode *acid-clay* menggunakan variasi volume asam sulfat memberikan hasil bahwa penambahan volume asam sulfat dapat menurunkan nilai viskositas kinematik

dari minyak pelumas bekas pada temperature $100^\circ C$. Asam sulfat juga mengakibatkan terjadinya penurunan nilai *Specific Gravity* (SG) yang artinya terdapat penurunan nilai kontaminan pada minyak pelumas bekas. Namun pada penelitiannya penambahan asam sulfat tidak mempengaruhi secara signifikan karakteristik minyak pelumas lain seperti kadar air, warna, dan bau.

Penggunaan metode asidifikasi dalam pengolahan minyak pelumas bekas masih membutuhkan metode lanjutan seperti adsorpsi untuk mengembalikan karakteristik pelumas. Saat ini penggunaan adsorben dari jenis selulosa mulai dikembangkan. Selulosa merupakan salah satu adsorben karena memiliki gugus karboksil dan hidroksil yang dapat mengikat ion logam. Gugus –OH pada selulosa menyebabkan adsorben bersifat polar sehingga mampu menyerap zat yang bersifat lebih polar daripada zat yang kurang polar (Herwanto & Santoso, 2006).

Kandungan selulosa dapat ditemukan pada bahan alami salah satunya sekam padi. Menurut BPS (2019) produksi Gabah Kering Giling (GKG) di Indonesia mencapai 54,60 juta ton. Limbah sekam padi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan adsorben alami untuk proses adsorpsi. Namun selulosa yang digunakan sebagai adsorben perlu dalam bentuk senyawa selulosa asetat, sehingga penggunaan selulosa asetat perlu ditambahkan dengan kitosan untuk mengefisiensi bahan baku yang digunakan. Berdasarkan penelitian Mangesti dkk. (2019) perbandingan rasio antara selulosa asetat dan kitosan yang paling baik adalah 3:1 dengan pH 5 yang memiliki daya serap Pb sebesar 100 % dan Cu sebesar 42,27%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar penggunaan selulosa asetat dalam rasio selulosa asetat dan kitosan, maka semakin

besar pula daya adsorpsi terhadap logam Pb maupun Cu.

Upaya pengolahan minyak pelumas bekas saat ini masih belum optimal karena hanya dapat mengubah beberapa karakteristik dari minyak pelumas bekas. Oleh karena itu berdasarkan informasi dan permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian pengolahan minyak pelumas bekas dengan metode asidifikasi-adsorpsi yang dapat menurunkan konsentrasi logam Cu dalam minyak pelumas bekas dan mengembalikan beberapa karakteristik minyak pelumas bekas seperti viskositas, densitas dan *Specific Gravity* (SG).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak pelumas bekas yang diperoleh dari bengkel Honda dan Planet Ban yang berlokasi di Ciwaruga, sekam padi, H₂SO₄ pekat, NaOH, Na metabisulfite 3%, NaOCl 6%, asam asetat glasial, asetat anhidrida, dan kitosan.

Peralatan yang digunakan antara lain *blender*, *shieve shaker*, gelas kimia 1L, corong pisah, *hot plate*, pH universal, oven, neraca analitik, kertas whatman No.40, viskometer, FTIR, dan spektrofotometer serapan atom.

Proses Asidifikasi

Minyak pelumas bekas pada tahap awal diolah dengan metode asidifikasi. Tiga sampel minyak pelumas bekas disiapkan sebanyak 200 ml tiap sampel dan dicampurkan dengan H₂SO₄ pekat sebanyak 1%, 3%, dan 5% dari volume sampel minyak pelumas bekas. Campuran dipanaskan pada suhu 70°C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm selama 1 jam. Selanjutnya, dilakukan filtrasi untuk memisahkan pengotor dari minyak pelumas bekas dan dilakukan penetralan

dengan NaOH 10 M. Untuk menghilangkan kadar airnya, minyak pelumas bekas yang sudah netral dievaporasi pada suhu 120°C.

Isolasi Selulosa

Sebanyak 105 g sekam padi yang telah dihaluskan diekstraksi selama 3 jam menggunakan larutan NaOH 15% dengan perbandingan 1:20 (b/v) pada suhu 110°C. Hasil ekstraksi dilakukan penetralan menggunakan aquades, lalu hasil residu tersebut di *bleaching* selama 3 jam dengan menggunakan Na-metabisulfite 3% dan NaOCl 6% dengan perbandingan sekam dan masing-masing larutan 1:10 (b/v). Sekam padi di *bleaching* pada suhu 60°C. Selanjutnya hasil *bleaching* dinetralkan dengan aquades dan dikeringkan selama 2 jam di oven pada suhu 110°C. Kemudian hasil *bleaching* dihaluskan hingga dihasilkan tepung selulosa

Asetilasi Selulosa

Tepung selulosa ditimbang sebanyak 40 g dan 320 ml asam asetat pekat ditambahkan ke dalam erlenmeyer, dilakukan pengadukan dengan suhu 40°C selama 1 jam dengan tabung tertutup. Kemudian, ditambahkan 80 ml asetat anhidrida dan 24 tetes H₂SO₄ lalu diaduk selama 3 jam pada suhu 40°C. Tambahkan juga 120 ml asam asetat glasial 67% pada suhu 40°C selama 30 menit, serta teteskan aquades hingga terbentuk endapan. Cuci dengan aquades hingga netral lalu di oven pada suhu 110°C.

Pembuatan Selulosa Asetat– Kitosan

Membuat campuran selulosa asetat dan kitosan dengan perbandingan 1:1, 3:1, dan 5:1. Selanjutnya selulosa asetat-kitosan dicampurkan dengan CH₃COOH 1% sebanyak 70 ml dan dilarutkan dengan cara dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 100°C hingga

campuran menguap dan adsorben selulosa asetat-kitosan memadat.

Adsorpsi Logam Pb dan Cu Dari Pelumas Bekas

Sampel minyak pelumas bekas yang telah melalui tahap asidifikasi dicampurkan dengan masing-masing variasi adsorben selulosa asetat-kitosan. Selanjutnya campuran dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam dan diendapkan selama 24 jam lalu disaring. Filtrat hasil adsorpsi diambil 5 ml kemudian dilakukan analisis dengan metode destruksi kering.

HASIL DAN PEMBAHASAN Proses Asidifikasi

Proses Asidifikasi dilakukan variasi volume H₂SO₄ terhadap sampel minyak pelumas bekas. Sebelum proses asidifikasi, minyak pelumas bekas berwarna hitam pekat dan setelah proses asidifikasi perubahan warna pada minyak pelumas bekas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan Warna Setelah Proses Asidifikasi

Sampel	Warna	Keterangan
H ₂ SO ₄ 1% dari volume sampel		Tidak terbentuk kristal garam dan terbentuk endapan
H ₂ SO ₄ 3% dari volume sampel		Terbentuk kristal garam dan endapan
H ₂ SO ₄ 5% dari volume sampel		Terbentuk kristal garam dan endapan

Proses asidifikasi mempengaruhi beberapa karakteristik minyak pelumas bekas diantaranya densitas dan viskositas. Nilai densitas dan viskositas setelah proses asidifikasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Densitas dan Viskositas Setelah Proses Asidifikasi

Sampel	Densitas (g/ml)	Viskositas (cp)
H ₂ SO ₄ 1% dari volume sampel	1,031	99.8
H ₂ SO ₄ 3% dari volume sampel	1,030	98
H ₂ SO ₄ 5% dari volume sampel	1,000	67.85

Variasi volume H₂SO₄ pada setiap sampel minyak pelumas bekas memberikan hasil bahwa penambahan volume H₂SO₄ dapat menurunkan nilai densitas, viskositas dan perubahan warna pada minyak pelumas bekas. Densitas minyak pelumas bekas sebelum proses asidifikasi adalah 1,07 g/ml dan setelah proses asidifikasi diperoleh penurunan densitas pada setiap variasi sampel. Sedangkan untuk nilai viskositas minyak pelumas bekas sebelum dilakukan asidifikasi adalah 97,45 cp pada suhu 25°C dan setelah asidifikasi penurunan nilai viskositas hanya terjadi pada asidifikasi dengan volume H₂SO₄ 5% dari volume sampel yaitu sebesar 67,85 cp. Sedangkan pada asidifikasi dengan volume H₂SO₄ 1% dan 3% dari volume sampel mengalami kenaikan.

Penurunan densitas dan viskositas pada minyak pelumas bekas menandakan tingginya kontaminan yang dapat diserap oleh H₂SO₄ saat pencampuran dan manandakan semakin banyak kontaminan yang dapat dihilangkan. Penurunan densitas dan viskositas ini terjadi karena kontaminan yang terdapat pada minyak pelumas bekas akan bereaksi dengan H₂SO₄ membentuk larutan garam yang memiliki densitas lebih besar dari minyak pelumas bekas sehingga dapat membentuk endapan.

Berikut merupakan salah satu reaksi kontaminan logam dengan H₂SO₄.



Jadi pada penambahan volume H₂SO₄ 1% dan 3% dari volume sampel belum bisa menurunkan viskositas minyak pelumas bekas, karena pada volume tersebut garam belum berhasil terbentuk atau garam yang terbentuk belum dapat terendapkan secara sempurna sehingga minyak pelumas bekas menjadi lebih kental dan viskositasnya meningkat.

Kemudian dilakukan penetralan menggunakan NaOH 10 M. Reaksi yang terbentuk pada proses netralisasi minyak pelumas bekas adalah $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Penetralan menghasilkan Na₂SO₄ yang merupakan kristal garam dan H₂O yang dihilangkan dengan cara evaporasi dan filtrasi.

Isolasi Selulosa

Berat ekstrak padi yang diperoleh selama isolasi selulosa ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Isolasi Selulosa dari Sekam Padi

Tahap	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)
Ekstraksi dengan NaOH 15%	500	836,90
<i>Bleaching</i> dengan Na metabisulfit 3% dan NaOCl 6%	863,90	696,28
Pengeringan tepung selulosa	696,28	101,26

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (\%)} &= \frac{101,26 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 20,25\% \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan proses delignifikasi dan *bleaching* terhadap hasil isolasi selulosa. Delignifikasi dilakukan dengan mencampurkan sekam padi dan NaOH 15%. Ekstraksi menggunakan NaOH ini dapat menghilangkan

hemiselulosa, lignin, zat organik, dan pengotor yang ada didalam sekam padi. Kemudian dilakukan pencucian yang bertujuan untuk menghilangkan sisa pelarut dan sisa hemiselulosa yang masih menempel pada residu. *Bleaching* bertujuan untuk penghilangan lignin ini digunakan larutan Na-metabisulfit 3% dan NaOCl 6%. Penambahan Na-metabisulfit berperan dalam mencegah reaksi pencoklatan non enzimatis yang berasal dari pembentukan senyawa melanoid sehingga warna yang dihasilkan pada residu sekam padi bisa lebih putih dan dapat mempercepat penurunan kadar air saat pengeringan (Herudiyanto et al., 2007). Dari proses delignifikasi dan *bleaching* yang dilakukan menghasilkan tepung α -selulosa.

Sintesis Selulosa Asetat

Pada proses sintesis selulosa asetat dilakukan dengan mereaksikan tepung α -selulosa dengan asam asetat glasial 67%. Proses ini bertujuan untuk melemahkan gaya intramolekul berupa ikatan hidrogen yang cukup kuat pada rantai lignoselulosa (Lisneri, 2016 dalam Souhaka, 2018). Kemudian penambahan anhidrida asetat sebagai penambahan agen asetilasi dan asam sulfat yang ditambahkan sebagai katalis pada sintesis selulosa asetat. Selanjutnya dilakukan proses hidrolisis menggunakan asam asetat glasial dan aquades.

Hasil yang diperoleh dinetralkan dengan aquades dan disaring. Diperoleh berat selulosa asetat sebesar 62,48 g dari 100 g α -selulosa. Rendeman selulosa asetat yaitu:

$$\frac{62,48 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \text{ g} = 62,48\%$$

Penentuan kadar air selulosa asetat

Penentuan kadar air selulosa asetat dilakukan dengan metode gravimetri dan diperoleh nilai kadar air sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{1\text{ g} - 0,8717\text{ g}}{1\text{ g}} \times 100\% = 12,83\%$$

Identifikasi Gugus Fungsi Selulosa Asetat dengan Spektrofotometer FT-IR

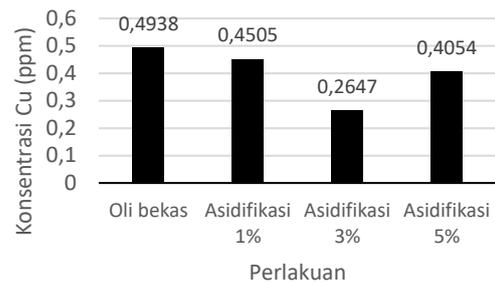
Hasil spektra FTIR terlihat serapan pada panjang gelombang 3400,62 cm⁻¹ dan 3416,05 cm⁻¹ pada selulosa asetat sekam padi menunjukkan adanya gugus OH, ikatan hidrogen ini merupakan gugus utama dari selulosa. Terdapat karakteristik gugus karbonil (C=O) ester pada bilangan gelombang 1745,00 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa secara kualitatif selulosa yang disintesis telah mengalami proses esterifikasi. Kemudian, Gugus -CO- asetil terdapat pada bilangan gelombang 1236,41 cm⁻¹ yang merupakan puncak serapan selulosa asetat. Hasil analisis gugus fungsi selulosa asetat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Spektra FTIR Selulosa Asetat dari Sekam Padi

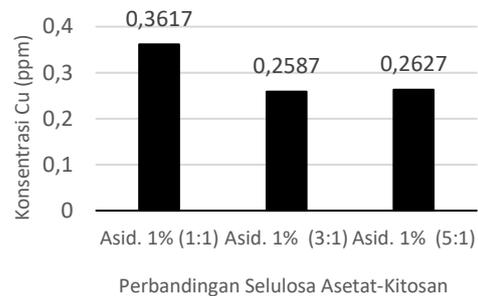
Selulosa Asetat Sekam Padi (cm ⁻¹)	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi
3416,05	3750-3000	OH
2899,11	3000-2700	-CH ₂ -
1745,00	1900-1650	C=O ester
1375,29	1475-1300	>CH-
1236,41	1250-1000	-CO- asetil

Identifikasi Logam Cu dengan AAS

Percobaan dengan menggunakan metode asidifikasi dilakukan dengan variasi volume H₂SO₄ terhadap volume sampel. Kadar Cu awal sebesar 0,4938 ppm. Hasil penelitian tersaji pada Gambar 1.

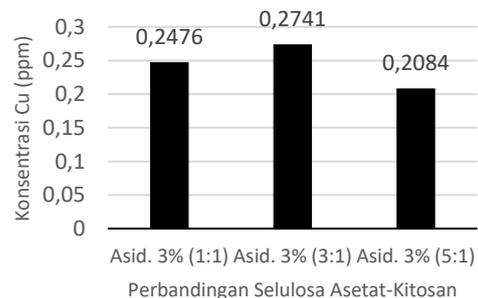


Gambar 1. Konsentrasi Cu Dengan Metode Asidifikasi

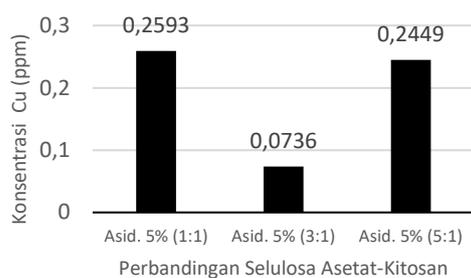


Gambar 2. Konsentrasi Cu Pada Penambahan 1% H₂SO₄ dari Volume Sampel

Sampel minyak pelumas bekas yang telah melalui tahap asidifikasi dengan perbandingan 3% dan 5% volume H₂SO₄ terhadap volume sampel juga digunakan untuk membuktikan pengaruh adsorben selulosa asetat-kitosan. Hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Konsentrasi Cu Pada Penambahan 3% H₂SO₄ dari Volume Sampel



Gambar 4. Konsentrasi Cu Pada Penambahan 5% H₂SO₄ dari Volume Sampel

Pada minyak pelumas bekas yang dianalisis terdapat kandungan logam Cu yang ditandai dengan nilai konsentrasi Cu sebesar 0,4938 ppm. Dari hasil yang diperoleh pada tahap asidifikasi terhadap minyak pelumas bekas dengan penambahan asam sulfat sebanyak 3% dari volume sampel memiliki penurunan kadar Cu paling tinggi yaitu sebesar 0,2647 ppm.

Berdasarkan Gambar 2, 3, dan 4 terlihat bahwa pada proses adsorpsi dapat menurunkan kadar logam Cu didalam minyak pelumas bekas yang ditandai dengan penurunan konsentrasi logam Cu. Adsorben alami dapat menyerap kandungan logam berat pada minyak pelumas bekas. Hasil analisis menunjukkan pada metode asidifikasi dengan penambahan asam sulfat 5% dari volume sampel dengan perbandingan selulosa asetat:kitosan sebesar 3:1 mengalami penurunan kadar Cu paling besar yaitu sebesar 0.0736 ppm dengan efisiensi penurunan sebesar 85,09%.

Berdasarkan metode asidifikasi-adsorpsi yang dilakukan, menunjukkan bahwa penambahan volume H₂SO₄ yang terlalu banyak menyebabkan terjadinya kejenuhan pada pencampuran sehingga tidak dapat menyerap kontaminan. Kontaminan yang tidak terserap pada metode asidifikasi akan dilanjutkan pengolahannya dengan metode adsorpsi, itu sebabnya pada metode asidifikasi volume 3% H₂SO₄ dapat menyerap kontaminan lebih banyak, sedangkan

pada metode adsorpsi volume 5% H₂SO₄ dengan perbandingan selulosa asetat-kitosan 3:1 lebih banyak menyerap kontaminan.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada minyak pelumas bekas yang diperoleh dari bengkel Honda dan Planet Ban yang berlokasi di Ciwaruga tidak ditemukan kandungan logam Pb namun terdapat kandungan logam Cu. Untuk mengembalikan beberapa sifat fisik dari minyak pelumas bekas seperti densitas, viskositas, dan perubahan warna dapat dilakukan dengan metode asidifikasi, dimana dari metode ini dihasilkan penurunan densitas dari setiap sampel (penambahan H₂SO₄ sebanyak 1%; 3%; 5% dari volume sampel) dan penurunan viskositas pada sample dengan penambahan H₂SO₄ sebanyak 5% dari volume sampel.

Dari metode adsorpsi didapatkan penurunan konsentrasi logam Cu dengan hasil penurunan tertinggi pada asidifikasi dengan penambahan H₂SO₄ sebanyak 5% dari volume sampel dengan variasi selulosa asetat-kitosan 3:1. Jadi dari metode asidifikasi-adsorpsi dengan adsorben alami selulosa asetat-kitosan berhasil dilakukan untuk mengubah beberapa sifat fisik dan kadar logam Cu dari minyak pelumas bekas hingga 85,09%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada DIPA Polban yang telah membiayai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Serta kepada PKM Dirjen Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Dirjendikti yang telah memberikan pedoman dalam pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Polban ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Jumlah Limbah Padat dan Cair Berdasarkan Sumber Pencemaran*.
<https://dataalam.menlhk.go.id/limbah/terbaru>. Diakses tanggal 10 Maret 2021.
- Herwanto, B., & Santoso, E. (2006), Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa Khitosan Terikat Silang, *Akta Kimia Indonesia*, Vol. 22, no. 1, 9-24.
- Kurniawan, A. & Mara, I. M., (2015). Analisa Pengolahan Minyak Pelumas Bekas Dengan Metode. *Dinamika Teknik Mesin*.106-112.
- Mangesti, F. L., Sosidi, H., P. & S.(2019). Adsorpsi Logam Pb Dan Cu Dari Pelumas Bekas Menggunakan Blending Selulosa Asetat-Kitosan. *Kovalen*. 222-232.
- Azteria , V., & Efendi , J. (2017). Identifikasi Keselamatan Penanganan Limbah Pelumas Pada PT. Altrak 1978 Balikpapan. *BioLink; Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, dan Kesehatan*, 32-40.
- Petder. (2012). *Selection of The Most Appropriate Technology For Waste Mineral Oil Refining Project* . Istanbul: Technical Research Report .