



PEMANFAATAN KOMBINASI FLY ASH BATUBARA, ALKILBENZENESULFONAT, DAN ZEOLIT PADAPENJERNIHAN MINYAK PELUMAS BEKAS DENGAN METODE PENJERAPAN

Risang Prasaji, Conny Dewita U, Herry Santosa *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Penggunaan minyak pelumas mineral hasil fraksinasi minyak bumi berada dalam jumlah yang sangat fantastis. Menurut Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, produksi untuk bahan dasar pelumas sebesar 2.027.000 barel pada tahun 2010, sedangkan dibutuhkan minyak pelumas sebanyak 5.994.956 kl minyak pelumas pertahun. Jumlah ini belum lagi ditambah dengan minyak pelumas yang digunakan untuk kebutuhan pelumasan mesin pabrik. Di satu sisi, cadangan minyak bumi kian menipis sehingga bahan dasar pembuatan minyak pelumas juga semakin berkurang. Dengan demikian, penelitian dalam rangka memanfaatkan kembali minyak pelumas bekas menjadi base oil sangat prospektif.

Penelitian dimaksudkan untuk (a) menentukan berat penjerap fly ash batubara tiap satuan volume; (b) menentukan perbandingan volume alkilbenzenesulfonat terhadap berat zeolit relatif baik dengan harapan dapat diperoleh minyak pelumas bekas yang memenuhi kriteria sebagai base oil. Penelitian dilakukan melalui dua tahapan. Pertama, tahap persiapan yang terdiri dari (a) karakterisasi minyak pelumas bekas berdasarkan uji viskositas dan % transmitansi; (b) mereduksi ukuran dan mengaktifkan zeolit alam. Kedua, tahap penjerapan dan penjernihan untuk menghilangkan kontaminan. Pada tahap penjerapan percobaan dilakukan dengan memvariasi berat penjerap fly ash batubara tiap satuan volume minyak pelumas bekas, sedangkan volume ABS dan berat zeolit tetap. Pada tahap penjernihan, percobaan dilakukan dengan memvariasi perbandingan berat zeolit terhadap volume alkilbenzenesulfonate tiap satuan volume minyak pelumas bekas sedangkan berat fly ash tetap. Di setiap akhir percobaan dilakukan uji hasil terhadap viskositas dan absorbansi minyak pelumas hasil olahan.

Dalam batas penggunaan fly ash 30 gram tiap 100 ml volume minyak pelumas bekas, fly ash dapat digunakan sebagai penjerap, sedangkan pada penggunaan ABS sampai dengan 5 ml tiap 100 ml volume minyak pelumas bekas, ABS dapat digunakan sebagai penjernih dan %transmitansi maksimal diperoleh pada penggunaan zeolit sebanyak 20 gram pada 100 ml minyak pelumas bekas.

Kata kunci : minyak pelumas bekas; penyerapan; fly ash batu bara; zeolit; alkilbenzenesulfonate

Abstract

The using of mineral lubricating oils from petroleum fractionation happen in very fantastic number. According to data form central statistics agency republic of indonesia, the number of production of base oil for lubricant is 2.027.000 barrel in the year 2010. While the need of lubricating oil is 5.994.956 kl per year. On the one hand, increasingly depleted oil reserves so that the manufacture of lubricating oil (base oil) is also diminishing. Thus, research in order to reuse the used lubricating oil to be base oil is highly prospective.

The research is intended to (a) determine the weight of fly ash as adsorbent that is relatively good, (b) determine the comparison volume of alkilbenzenesulfonat against weight of zeolit relatively good until obtained lubricating oil former which fullfill the criteria as base oil

The study is planned in two stages. First, the preparatory phase consisting of (a) the characterization of used lubricating oil viscosity based on the test and the % transmittance, (b) reduce and activate the natural zeolite. Second, adsorption and purification steps to remove contaminants in the form of a solid material, metal, and water. At this stage of adsorption experiments were performed by varying the weight of coal flyash each unit volume of used lubricating oil. At this stage of purification, experiments were performed by varying the weight ratio of zeolite to the volume per unit volume alkilbenzenesulfonate used lubricating oil. At each end of the experiment the result was tested against the absorbance of the lubricating oil viscosity.

*) penulis penanggung jawab



which limits the use of fly ash as much as 30 grams each 100 ml volume of lubricating oil former, fly ash can be used as an adsorbent. While in use of ABS up to 5 ml each 100 ml volume of lubricating oil former, ABS can be used as purifiers and the maximum % transmittationa obtained at the used of zeolit as much as 20 gr each 100 ml volume of lubricating oil former.

Keywords: used lubricatingoi;, absorption; coal fly ash; zeolite; alkilbenzenesulfonate

1. Pendahuluan

Dengan meningkatnya pemakaian mesin-mesin pabrik, kendaraan bermotor dan lain-lain, kebutuhan akan minyak pelumas turut meningkat pula. Pada tahun 2010, penggunaan kendaraan bermotor mencapai 76.907.127 unit kendaraan, meliputi 8.891.041 mobil penumpang, 2.250.109 bis, 4.687.789 truk dan 61.078.188 sepeda motor[1] yang membutuhkan 5.994.956 kl minyak pelumas pertahun. Jumlah ini belum lagi ditambah dengan minyak pelumas yang digunakan untuk kebutuhan pelumasan mesin pabrik. Hal yang demikian tentunya berdampak pada banyaknya minyak pelumas bekas yang dihasilkan. Minyak pelumas bekas tersebut sampai saat ini masih belum jelas pemanfaatannya sehingga penanganannya hanya sampai pada penyimpanan di dalam drum-drum.

Dewasa ini, cadangan sumber energi minyak bumi yang merupakan bahan dasar dalam pembuatan minyak pelumas semakin berkurang. Pada tahun 2010 jumlah produksi untuk bahan dasar pelumas sebesar 2.027.000 barel. Sedangkan menurut pemaparan diatas dibutuhkan minyak pelumas sebanyak 5.994.956 kl pertahun. Oleh sebab itu, pengolahan kembali minyak pelumas bekas merupakan salah satu alternatif dalam rangka efisiensi konsumsi minyak bumi yang semakin menyusut dari tahun ke tahun. Salah satu upaya mengatasi ketergantungan energi minyak bumi, dilakukan daur ulang minyak pelumas bekas dengan menggunakan fly ash batubara, alkilbenzenesulfonat dan zeolit untuk menghasilkan minyak pelumas dasar (base oil). Base oil adalah bahan baku untuk pembuatan minyak pelumas yang umum digunakan pada industri lokomotif[2]. Fly ash batubara merupakan abu sisa dari proses pembakaran batubara. Fly ash batubara banyak dihasilkan oleh industri pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Fly ash batubara biasanya hanya ditumpuk di *landfill* sehingga menyebabkan masalah bagi lingkungan sekitar. Sebenarnya fly ash dapat digunakan sebagai bahan penjerap pengotor yang terdapat didalam limbah cair [3]. Oleh karena itu fly ash batubara kami gunakan sebagai bahan penjerap padapengolahan minyak pelumas bekas, agar dapat mengembalikansifat pelumasannya. Minyak pelumas bekas dapat digunakan dalam campuran aspal yang akan dipakai untuk membangun jalan raya dan dapat digunakan untuk bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai media pembakar untuk melebur besi cor, aluminium, dan juga pabrik kapur (gamping)[3].

Pengolahan kembali minyak pelumas bekas sudah pernah dilakukan oleh Ika Monika dan Datin Fatia Umar dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara di Bandung pada tahun 2007. Mereka menggunakan bentonit sebagai penjernih minyak pelumas bekas[2]. Nining Sudini Ningrum, dkk juga meneliti optimasi daur ulang minyak pelumas bekas menggunakan batubara berperingkat rendah dengan variable bebas suhu pemanasan dan ukuran batubara[4]. Muhammad Hary Prawira melakukan penelitian penurunan kadar minyak pada limbah bengkel menggunakan reaktor pemisah minyak dengan adsorben karbon aktif dan zeolit, tetapi variable yang divariasi lamanya waktu penjerapan[5]. Aris Palinggi menggunakan minyak pelumas bekas sebagai campuran solar untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin disel Yanmar dimana prosentase pencampurannya divariasi[6]. Bambang Supriyanto meneliti penggunaan campuran minyak pelumas bekas dengan kerosene sebagai media pembakar untuk peleburan aluminium, variable bebas yang digunakan kecepatan udara. Adanya penjernihan sangatlah penting karena jika minyak pelumas bekas tidak dijernihkan dan langsung digunakan dapat merusak ozon akibat emisi dan gas buang yang dihasilkan karena minyak pelumas bekas merupakan limbah dari Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)[7]. Dengan demikian, penjernihan merupakan faktor yang sangat penting untuk dilakukan sebelum minyak pelumas bekas digunakan kembali sebagai bahan baku (base oil) untuk pembuatan minyak pelumas maupun sebagai bahan bakar. Juniawan Setiaka; Dra. Ita Ulfin, Msi; Nurul Widiastuti, Ph.D meneliti adsorpsi ion logam Cu (II) dalam larutan pada abu

dasar batubara dan variabel yang divariasi adalah laju alirnya[8]. Selain itu juga pernah dilakukan penelitian mengenai penjernih paling efektif antara bentonit atau zeolitserta pengaruh konsentrasi alkilbenzenesulfonat dalam penjernihan minyak pelumas bekas[9].

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehubungan dengan penjernihan minyak pelumas bekas menggunakan fly ash batubara,alkilbenzenesulfonat dan zeolit sehingga dapat dimanfaatkan sebagai base oil minyak pelumas baru.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan berat fly ash sebagai penjerap, menentukan volume alkilbenzenesulfonat dan berat zeolit media penjernih tiap satuan volume minyak pelumas bekas yang relatif baik dengan harapan dapat dihasilkan minyak pelumas bekas yang memenuhi kriteria sebagai base oil.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah **minyak pelumas bekas** yang diperoleh dari bengkel Ahas Honda Motor Tembalang dengan spesifikasi wujud cair, warna coklat kehitaman, viskositas 177,586 cp (30⁰ C), dan tingkat kejernihan 1,5 % T. Bahan – bahan pembantu yang digunakan : (1) **Fly Ash Batubara** berperingkat rendah diperoleh dari PT.Indonesia Power PLTU Paiton. Wujud padat, berbentuk serbuk, berukuran 0,5-2 cm, berwarna hitam, tidak berbau, mempunyai massa jenis 540-860 kg/m³. (2) **Zeolit** dan (3) **Alkilbenzenesulfonat (ABS)** yang diperoleh dari Toko Bahan Kimia Indrasari Semarang dengan spesifikasi sebagai berikut :**zeolit** wujud padat, bentuk kerikil, ukuran 0,5-0,8 cm, warna abu-abu dan tidak berbau;**alkilbenzenesulfonat (ABS)** wujud cair, warna coklat tua dan tidak berbau.

Alat utama yang digunakan adalah satu unit alat penjerapan yang terdiri dari : (1) Tanki dengan diameter 7,5 cm ; tinggi 9.5 cm; bahan konstruksi kaca pyrex. (2) Oilbath dengan diameter 18,5 cm; tinggi 9,8 cm; bahan konstruksi aluminium. (3) Pengaduk dengan bahan konstruksi aluminium; dua buah impeller dengan panjang masing-masing 2 cm; jarak pengaduk dari dasar tanki 1 cm; power 0,25 HP; voltage 220V–240V; frekuensi 50/60 Hz; putaran ± 200 rpm; merk Pacific PC 4010. (4) Kompor Listrik .(5) Thermostat.

Penelitian dilakukan melalui dua tahap. Pertama, **tahap persiapan** yang terdiri dari (a) karakterisasi minyak pelumas; (b) mereduksi ukuran zeolit hingga diperoleh ukuran 2mm; (c) aktivasi zeolit. Kedua **tahap penjerapan dan penjernihan** pada **tahap penjerapan** dimaksudkan untuk menghilangkan kontaminan berupa bahan padat, logam, dan air. Percobaan dilakukan pada jenis penjerap fly ash yang divariasi setiap satuan waktu sedangkan alkilbenzenesulfonat dan zeolit divariasi.**Tahap penjernihan** menggunakan alkilbenzenesulfonat dan zeolit. Percobaan dilakukan dengan memvariasi perbandingan berat zeolit terhadap volume alkilbenzenesulfonate tiap satuan volume minyak pelumas bekas sedangkan berat fly ash tetap. Di setiap akhir percobaan dilakukan uji hasil terhadap % transmitansi, viskositas, dan spesifik gravity. Transmitansi diuji dengan menggunakan spektrofotometer, viskositas diuji dengan menggunakan viskosimeter Ostwald, dan spesifik gravity dihitung dengan membandingkan antara densitas hasil percobaan dengan densitas air.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakterisasi Minyak Pelumas, Base Oil, dan Minyak Pelumas Bekas

Karakterisasi minyak pelumas, base oil, dan minyak pelumas bekas dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kejernihan (%T)pada panjang gelombang 680 nm, viskositas kinematik, dan spesifik gravity (Sg).Karakterisasi viskositas perlu dilakukan karena viskositas merupakan salah satu parameter penting yang harus dimiliki oleh minyak pelumas. Viskositas harus cukup kental untuk menahan agar bagian peralatan yang bergerak relatif terpisah, tetapi juga harus menjaga kebocoran dari segel. Transmitansi bertujuan untuk mengetahui keberadaan kontaminan didalam minyak pelumas, semakin tinggi nilai % transmitansi, maka tingkat

kerjernihannya semakin tinggi. Parameter ini merupakan yang paling penting karena keberadaan kontaminan didalam minyak pelumas tidak diinginkan.

Penelitian ini lebih difokuskan pada hasil yang mampu menghasilkan tingkat kejernihan paling tinggi meskipun viskositasnya rendah. Karena viskositas dan spesifik gravity merupakan efek samping yang ditimbulkan dari proses penjerapan dan penjernihan, selain itu nilai viskositas dapat diatur dengan melakukan penambahan zat aditif (seperti viscosity improver). Sehingga nilainya sesuai dengan kriteria yang harus dipenuhi. Karakteristik minyak pelumas bekas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Minyak Pelumas Bekas

Parameter	Satuan	Nilai
Transmitansi	%	5,4
Viskositas	cp	58,879
Spesifik gravity	-	0,868

Jika dibandingkan dengan base oil maupun minyak pelumas baru (tabel 2), maka dapat dilihat bahwa karakteristik minyak pelumas bekas masih jauh dibawah spesifikasi yang diinginkan. Karenanya terhadap minyak pelumas bekas perlu dilakukan proses penjerapan dan penjernihan agar didapatkan hasil yang memenuhi kriteria sebagai base oil.

Tabel 2. Karakteristik Minyak Pelumas baru dan base oil

Parameter	Satuan	Nilai	
		Base oil(HVI 95)	Oli baru
Transmitansi	%	91,1	96,3
Viskositas	cp	61,945	55,857
Spesifik gravity	-	0,953	0,866

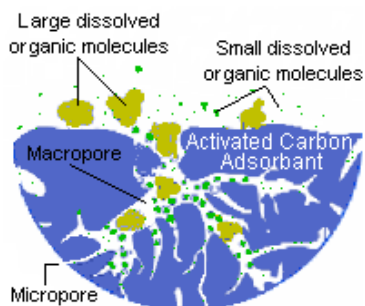
3.2. Penentuan berat Fly Ash

Tahap penjerapan dimaksudkan untuk menghilangkan kontaminan atau kotoran yang terdapat di dalam minyak pelumas bekas hingga diperoleh minyak pelumas yang jernih. Hasil analisa terhadap parameter uji tingkat kejernihan ($\lambda = 680$ nm), spesifik gravity, dan viskositas kinematik, pada berbagai berat penjerap dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Penjernihan Oli bekas Pada Perbandingan Jumlah Berat Fly Ash

Run	Fly Ash (gram)	AlkilBenzen Sulfonat (ABS) (ml)	Zeolit (gram)	% Transmitansi	Viskositas Kinematik (cp)	Spasifik Gravity
1	5	5	3	3,319	106,805	0,992
2	10	5	3	3,689	112,615	1,004
3	15	5	3	3,776	112,169	1,006
4	20	5	3	17,2	131,598	0,998
5	30	5	3	22,9	112,478	0,991
6	35	5	3	3,64	128,975	1,005
7	40	5	3	3,38	132,778	1,011

Pada proses penjerapan, fly ash berfungsi sebagai penjerap kontaminan yang terdapat dalam minyak pelumas bekas. Proses yang terjadi pada penjerapan kontaminan kedalam fly ash adalah adsorpsi fisis.



Gambar 1 mekanisme adsorpsi [18]

Mekanisme peristiwa adsorpsi dapat diterangkan sebagai berikut: Molekul adsorbat berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben, disebut difusi eksternal. Sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, tetapi sebagian besar berdifusi lebih lanjut ke dalam pori-pori adsorben (difusi internal). Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar adsorbat akan teradsorpsi dan terikat di permukaan. Namun bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh oleh adsorbat dapat terjadi dua hal :

1. Terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan; gejala ini disebut adsorpsi multilapisan, atau sebaliknya
2. Tidak terbentuk lapisan kedua sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida.[11]

Dari hasil percobaan diperoleh data pada penambahan fly ash semakin banyak maka jumlah kontaminan yang terjepap semakin banyak namun pada saat penambahan fly ash yang terlalu banyak (diatas 30 gr) maka tingkat kejernihan minyak pelumas bekas hasil olahan menurun. Hal ini disebabkan karena fly ash memiliki berat jenis yang sangat kecil, sehingga sulit untuk mengendap. Ketika penambahan fly ash terlalu banyak maka fly ash tersebut akan menjadi pengotor didalam minyak pelumas bekas.

3.3 Penentuan volume alkilbensulfonat yang paling efektif pada metode penjernihan dalam minyak pelumas bekas

Pada tahap penjernihan, penambahan ABS dimaksudkan untuk mengikat kontaminan yang terdapat pada oli bekas. Minyak pelumas bekas mengandung berbagai macam zat pengotor yang bersal dari luar (air dan debu) maupun dari dalam. Pengotor diantaranya air hasil pembakaran bahan bakar, partikel keausan logam, jelaga , serta hasil- hasil oksidasi pelumas seperti lumpur dan asam yang bersifat korosif [12]. Sebelum ABS ditambahkan, kontaminan tidak akan mengendap walaupun dengan jangka waktu yang lama.

ABS mampu berinteraksi dengan kontaminan yang terdapat minyak pelumas bekas dan juga dengan air karena ABS merupakan surfaktan yang memiliki ekor hidrofobik dan hidrofilik. Ekor hidrofobik mampu mengikat kontaminan dan ekor hidrofilik mampu mengikat air yang ada di minyak pelumas bekas [16]. ABS memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan air dan minyak pelumas bekas akibatnya ketika didiamkan ABS akan mengendap membawa kontaminan/kotoran dan air yang ada di minyak pelumas bekas.

Tabel 3. Hasil Analisa Penjernihan Oli Bekas pada Perbandingan Jumlah Volume ABS

run	Fly Ash (gram)	AlkilBenzene Sulfonat (ABS) (ml)	Zeolit (gram)	% Transmittansi	Viskositas Kinematik (cp)	Specific Gravity
1	30	5	3	23,9	0,0686	0,991
2	30	10	3	19,3	0,0675	0,991
3	30	15	3	18,7	0,09385	0,983
4	30	20	3	17,2	0,138	0,993

5	30	25	3	17	0,165	0,983
---	----	----	---	----	-------	-------

Pada tabel 3. dapat dilihat bahan pada penggunaan ABS 5 ml menghasilkan % transmitansi yang paling tinggi (23,9 %), sedangkan pada volume di atas 5 ml dengan interval 5 nilai transmitansi menurun. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya konsentrasi surfaktan maka kemampuan area permukaan surfaktan untuk menjerap menurun dan monomer surfaktan mulai berakumulasi didalam larutan. Namun ekor hidrofobik molekul surfaktan mempunyai nilai kelarutan yang sangat kecil didalam air, dan bagian kepala hidrofilik mempunyai kelarutan yang sangat kecil pada pelarut non-polar. Karenanya, efek dari bagian hidrofobik akan memaksa monomer surfaktan untuk membentuk suatu agregat yang disebut micells [16]. Sehingga semakin banyak ABS yang ditambahkan kedalam minyak pelumas bekas tidak akan menambah tingkat kejernihan minyak pelumas bekas.

3.4 Penentuan berat zeolit yang paling efektif pada tahap penjernihan dalam minyak pelumas bekas

Zeolit yang digunakan pada tahap penjernihan dimaksudkan untuk menjernihkan minyak pelumas secara fisik dengan metoda adsorpsi. Hasil analisa terhadap parameter uji viskositas kinematik, spesifik gravity dan tingkat kejernihan pada berbagai penjerap dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Penjernihan Oli Bekas Pada Perbandingan Berat Zeolit

run	Fly Ash (gram)	AlkilBenzene Sulfonat (ABS) (ml)	Zeolit (gram)	%Transmitansi	Viskositas Kinematik (cp)	Spesifik Gravity
1	30	3	5	4	114,936	0,998
2	30	3	10	4,9	113,727	1,002
3	30	3	15	6,5	117,009	0,993
4	30	3	20	11,6	110,607	1,004
5	30	3	25	11,5	113,117	1,004

Pada tabel dapat terlihat semakin banyak zeolit yang ditambahkan maka semakin banyak pula kontaminan yang akan dijerap. Namun dari table diatas dapat dilihat ketika penambahan lebih dari 20 gram, maka tidak terjadi perubahan yang signifikan pada %transmitansi minyak pelumas bekas. Hal ini menunjukkan bahwa kontaminan yang terikat dengan ABS sudah terjerap semua kedalam zeolit. Sehingga ketika penambahan zeolit lebih banyak tidak terjadi perubahan yang signifikan.

4. Kesimpulan dan saran

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dalam penggunaan fly ash maksimal 30 gram tiap 100 ml minyak pelumas bekas, fly ash dapat digunakan sebagai media penjerap. Pada penggunaan ABS sampai dengan 5 ml tiap 100 ml volume minyak pelumas bekas, ABS dapat digunakan sebagai penjernih, dan % transmitansi maksimal diperoleh pada penggunaan zeolit sebanyak 20 gr untuk tiap 100 ml volume minyak pelumas bekas.

Dalam skala komersial disarankan untuk tidak menggunakan fly ash sebagai media penjerap. Selain itu, perlu dilakukan kajian lebih lanjut kaitannya dengan usaha untuk mempercepat proses pengendapan jika menggunakan fly ash sebagai media penjerap



Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini, disampaikan terima kasih kepada Ir. Herry Santosa, M.T. atas bimbingannya dalam memberikan masukan, arahan, serta keterlibatan secara langsung mulai dari kegiatan penyusunan proposal penelitian hingga tersajinya artikel ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman dan pihak lain atas bantuannya.

Daftar Pustaka

- [1] <http://www.bps.go.id/> diakses tanggal 23/03/2012 pukul 20:41
- [2] Monika, Ika dan Datin Fatia Umar. *Pemanfaatan Bentonit Sebagai Penjernih Minyak Pelumas Bekas Hasil Proses Daur Ulang Dengan Batubara*. Jurnal Bahan Galian Vol. 12 No.33, April 2008: 17-21.
- [3] [http:// abubatubara.blogspot.com/2008/07/ abu –terbang –batubara –sebagai -adsorben.html](http://abubatubara.blogspot.com/2008/07/abu-terbang-batubara-sebagai-adsorben.html) diakses tanggal 20/06/2011 pukul 21:39.
- [4] [http:// www.tekmira.esdm. go. Id / kp /Batubara/kontaminan. asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/Batubara/kontaminan.asp) diakses tanggal 23/03/2012 pukul 21:22.
- [5] Prawira, Muhammad Hary. 2008. *Penurunan Kadar Minyak pada Limbah Bengkel dengan Menggunakan Reaktor Pemisah Minyak dan Karbon Aktif serta Zeolit sebagai Media Adsorben*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [6] Palinggi, Aris. *Analisa Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Solar Campur Oli Bekas Terhadap Prestasi Mesin Diesel Yanmar*. Studia Teknologi tahun1 No.2, September 2008.
- [7] Supriyanto, Bambang. 2008. *Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Pembakaran Oli Bekas – Kerosene Menggunakan Air – Atomizing Burner Untuk Peleburan Aluminium*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [8] Setiaka, Juniawan; Dra.Ita Ulfin, Msi; Nurul Widiastuti, Ph.D. 2010/2011. *Adsorpsi Ion Logan CU (II) Dalam Larutan Pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom*. Prosiding KIMIA FMIPA – ITS.
- [9] Johanna L, Yunia K. 2012. *Penjernihan Minyak Pelumas Bekas Dengan Metode Penjerapan – Suatu Usaha Pemanfaatan Kembali Minyak Pelumas Bekas sebagai Base Oil*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [10] PERTAMINA. 1998. *Pelumas dan Pelumasan*. Cilacap : PERTAMINA
- [11] Sutarti, Mursi, Rochani Nani Rahayu, Rahartri.1998.*Pemurnian Kembali Minyak. Pelumas Bekas*.Jakarta:Pusat Dokumentasi dan Informasi.
- [12] <http://www.scribd.com/doc/14208484/Teknologi-Refining-Oli-Bekas> diakses tanggal 30/5/2012 pukul 13:47.
- [13] Farag, Ihab G. 1980 . *AICHEMI (American Institute Of Chemical Engineering Modular Instruction) series B Stagewise and Mass Transfer Operations Volume 1 Binary Distillation*. page 34 – 42.
- [14] Robert E. Treyball. 1981. *Mass Transfer Operation*. Third edition. New York. McGraw-hill
- [15] Rahmawati, Eka. 2006. *Adsorpsi Senyawa Residu Klorin pada Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida*. Bogor : Institute Pertanian Bogor.
- [16] Ahmaruzzaman, M. 2010. *A review on the utilization of fly ash*. Jurnal of Progress in Energy and Combustion Science 36, page : 327-63.
- [17] Sutarti, Mursi dan Minta Rachmawati. 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- [18] <http://www.capitalcarbon.in/process.html>
- [19] Farn R.J. 2006. *Chemistry and Technology of Surfactants*. Oxford UK : Blackwell Publishing Ltd.
- [20] Sukarta, I Nyoman. 2008. *Adsorpsi ion Cr³⁺ oleh serbuk gergaji kayu albizia (albizzia falcata) : studi pengembangan bahan alternatif penjerap limbah logam berat*. IPB