



PENJERNIHAN MINYAK PELUMAS BEKAS DENGAN METODE PENJERAPAN SUATU USAHA PEMANFAATAN KEMBALI MINYAK PELUMAS BEKAS SEBAGAI BASE OIL

Johanna Lianna; Yunia Karyati; Herry Santosa *)

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

Abstrak

Minyak pelumas bekas yang jumlahnya cukup fantastis potensial untuk diolah kembali menjadi base oil dengan menghilangkan kontaminan yang terdapat dalam minyak pelumas. Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan jenis penjerap paling efektif antara batu bara, karbon aktif atau silika gel; mengkaji pengaruh konsentrasi alkilbenzenesulfonate; serta media penjernih paling efektif antara bentonit dan zeolit hingga dipenuhi kriteria mendekati spesifikasi base oil.

*Penelitian dilakukan melalui tiga tahapan. Pertama, **tahap persiapan** yang terdiri dari (a) karakterisasi minyak pelumas; (b) mereduksi ukuran berbagai jenis penjerap hingga diperoleh ukuran 2-3,25mm; (c) aktivasi silika gel dan zeolit; (d) pembuatan larutan alkilbenzenesulfonate (ABS) pada berbagai konsentrasi. Kedua, **tahap penjerapan** untuk menghilangkan kontaminan berupa bahan padat, logam, dan air. Percobaan dilakukan pada jenis penjerap batubara, karbon aktif dan silika gel. Ketiga, **tahap penjernihan** dengan menggunakan larutan alkilbenzenesulfonate. Percobaan dilakukan dengan menggunakan jenis penjernih larutan alkilbenzenesulfonate pada berbagai konsentrasi serta media penjernih zeolit dan bentonit. Di setiap akhir percobaan dilakukan uji hasil terhadap persen transmitansi, viskositas, indeks viskositas, dan specific gravity. Transmitansi diuji dengan menggunakan spektrofotometer dengan spesifikasi SP-300 merk OPTIMA panjang gelombang 680 nm, viskositas diuji dengan menggunakan viskosimeter Ostwald, indeks viskositas dihitung dengan membandingkan viskositas hasil percobaan dengan viskositas air, sedangkan specific gravity dihitung dengan membandingkan antara densitas hasil percobaan dengan densitas air.*

Untuk menghasilkan produk olahan yang mendekati spesifikasi base oil, proses penjerapan lebih baik dilakukan dengan menggunakan penjerap batu bara, proses penjernihan menggunakan ABS murni dan menggunakan zeolit sebagai media penjernih.

Kata kunci : minyak pelumas bekas, base oil, penjerapan, penjernihan.

Abstract

Used lubricating oil which is fantastic in number is potential to be recycled into base oil to remove contaminants that contained in the lubricating oil. Research carried out is intended to determine the most effective type of adsorbent between coal, activated carbon or silica gel; assess the influence of concentration alkilbenzenesulfonate; as well as the most effective purification media between bentonite and zeolite as an effort in order to purify used lubricating oils.

*The study was conducted in three stages. First, **the preparatory phase** consisting of (a) characterization of lubricating oil, (b) reducing the size of various types of adsorbent to obtain the size of 2 to 3.25 mm, (c) activation of silica gel and zeolite, (d) making alkilbenzenesulfonate solution (ABS) on various concentrations. Second, **the adsorption step** to remove contaminants, for example solid material, metal, and water. The experiments were performed on the type of adsorbent : coal, activated carbon and silica gel. Third, **purification stage** using the alkilbenzenesulfonate as solvent. The experiments were performed by using solution of alkilbenzenesulfonate at various concentrations as well as purification media such as zeolite and bentonite. At the end of the experiment, tested the results against the percent transmittance, viscosity, viscosity index, and specific gravity. Ttransmittance was tested by using a spectrophotometer with a specification SP-300 OPTIMA at wavelength 680 nm, the viscosity was tested using viskosimeter Ostwald, viscosity index is calculated by comparing the viscosity experimental results with the viscosity of water, while the specific gravity is calculated by comparing the density experimental results with the density of water.*

To produce refined products that approach the specification of base oil, adsorption process is better done using coal as adsorbent, purification process using pure ABS and the use of zeolite as a medium for purification.

Keywords : used lubricating oil; base oil; adsorption; purification

1. Pendahuluan

Dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan pemakaian mesin-mesin pabrik, kebutuhan akan minyak pelumas semakin banyak. Hal yang demikian akan berdampak pada banyaknya minyak pelumas bekas yang dihasilkan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi lube base oil tahun 2010 sebanyak 2.026.821 barel [16]. Penggunaan lube base oil ini dianalogikan sebanding dengan minyak pelumas bekas yang dihasilkan. Jumlah minyak pelumas bekas yang sangat fantastis dikhawatirkan sebagian besar dibuang, sebagian lain diolah dan digunakan kembali sebagai minyak pelumas tanpa melalui proses pengolahan yang benar serta bertanggung jawab. Di satu sisi, cadangan sumber energi minyak bumi yang merupakan bahan dasar pembuatan bahan baku minyak pelumas semakin berkurang. Oleh sebab itu, penelitian untuk mengolah kembali minyak pelumas bekas sebagai base oil dengan proses yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah perlu dilakukan.

Salah satu cara pengolahan kembali minyak pelumas bekas hingga dipenuhi spesifikasi sebagai base oil dapat dilakukan dengan cara penjerapan dan penjernihan. Metode tersebut dapat digunakan untuk memisahkan zat-zat pengotor yang terkandung dalam minyak pelumas bekas karena minyak pelumas yang telah dipakai cukup lama akan terjadi perubahan kimia maupun fisika. Minyak banyak mengandung air hasil pembakaran bahan bakar, partikel keausan logam, jelaga, serta hasil-hasil oksidasi pelumas seperti lumpur dan asam yang bersifat korosif [17].

Penjerapan (adsorpsi) adalah proses perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben [18]. Adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : sifat fisik dan kimia adsorben (luas permukaan, ukuran pori, dan komposisi kimia); sifat fisik dan kimia adsorbat (ukuran, kepolaran, dan komposisi kimia molekul); konsentrasi adsorbat dalam fasa cair; karakteristik fasa cair (ph dan suhu); kondisi operasional adsorpsi [18].

Sebagai penjerap, adsorben harus selektif, berpori (mempunyai luas permukaan per satuan massa yang besar), dan mempunyai daya ikat yang kuat terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik ataupun kimia. Pembesaran luas permukaan dapat dilakukan dengan pengecilan partikel adsorben. Akan tetapi, memenuhi syarat lainnya, seperti tidak boleh terbawa serta dalam aliran fluida sehingga terdapat aturan pada ukuran partikel.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Ika Monika dan Datin Fatia Umar tahun 2007 [1], Nining Sudini Ningrum, dkk tahun 2010 [2], Muhammad Hary Prawira tahun 2008 [3], Sugondo, dkk tahun 1998 [4], dan Juniawan, dkk tahun 2010 [5] lebih ditekankan pada penggunaan kondisi operasi sebagai variable bebas antara lain suhu pemanasan, lama waktu penjerapan, laju alir, dan waktu kontak, sedangkan pemilihan jenis penjerap maupun media penjernih yang digunakan belum dilakukan kajian lebih lanjut dalam rangka untuk memperoleh hasil terbaik. Di satu sisi, jenis penjerap dan media penjernih merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan proses adsorpsi.

Mendasarkan pada penelitian terdahulu, diinginkan untuk meneliti jenis media penjerap antara karbon aktif, silika gel, atau batubara dan konsentrasi alkilbenzenesulfonate (ABS) dalam air serta media penjernih antara bentonit atau zeolit yang paling baik dalam menjernihkan minyak pelumas bekas agar dihasilkan tingkat kejernihan paling tinggi, sedangkan untuk variable ukuran batu bara, suhu pemanasan, waktu operasi dan pengadukan dibuat tetap sesuai dengan hasil terbaik yang diperoleh dari penelitian terdahulu.

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat diketahui jenis penjerap, konsentrasi ABS dan jenis media penjernih yang relatif lebih baik agar dapat digunakan pada proses pengolahan minyak pelumas bekas.

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 58,579 cp (30°C), dan tingkat kejernihan 5,4% T. Bahan - bahan pembantu yang digunakan : (1) **Batubara** berperingkat rendah yang diperoleh dari PT. Semen Holcim Cilacap. Wujud padat, berbentuk granul, berukuran 0,5 – 2 cm, berwarna hitam, dan tidak berbau. (2) **Karbon aktif**, (3) **silika gel**, (4) **zeolit**, (5) **bentonit**, dan (6) **alkilbenzenesulfonate (ABS)** yang diperoleh dari Toko Bahan Kimia Indrasari Semarang dengan spesifikasi sebagai berikut : **karbon aktif** wujud padat, bentuk serpihan, ukuran 0,3 – 0,5 cm, warna hitam, dan tidak berbau; **silika gel** wujud padat, bentuk butiran, ukuran 0,3 cm, warna putih, dan tidak berbau; **zeolit** wujud padat, bentuk kerikil, ukuran 0,5 – 0,8 cm, warna abu-abu, dan tidak berbau; **bentonit** wujud padat, bentuk serbuk, ukuran 100 mesh, warna coklat muda, dan tidak berbau; **alkilbenzenesulfonate (ABS)** wujud cair, warna coklat tua, dan tidak berbau. Selain itu, aktivasi zeolit menggunakan bahan tambahan (7) **HCl fuming pro-analyze** yang diperoleh dari Lab. Kimia Analisa Tek. Kimia Univ. Diponegoro dengan spesifikasi wujud cair, warna kuning jernih, dan komposisi HCL 37% - air 63%.

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) Waterbath 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 220 V – 240 V; frekuensi 50/60 Hz; putaran ± 200 rpm; merk Pacific PC 4010. (4) Kompor Listrik .(5) Thermostat.

Penelitian dilakukan melalui tiga tahapan. Pertama, **tahap persiapan** yang terdiri dari (a) karakterisasi minyak pelumas; (b) mereduksi ukuran berbagai jenis penjerap hingga diperoleh ukuran 2 - 3,25 mm; (c) aktivasi silica gel dan zeolit; (d) pembuatan larutan alkilbenzenesulfonate (ABS) pada berbagai konsentrasi. Kedua, **tahap penjerapan** untuk menghilangkan kontaminan berupa bahan padat, logam, dan air. Percobaan dilakukan pada jenis penjerap batubara, karbon aktif dan silica gel. Ketiga, **tahap penjernihan** dengan menggunakan larutan alkilbenzenesulfonate. Percobaan dilakukan dengan menggunakan jenis penjernih larutan alkilbenzenesulfonate pada berbagai konsentrasi serta media penjernih zeolit dan bentonit. Di setiap akhir percobaan dilakukan uji hasil terhadap persen transmisi, viskositas, indeks viskositas, dan specific gravity, Transmisi diuji dengan menggunakan spektrofotometer dengan spesifikasi SP-300 merk OPTIMA panjang gelombang 680 nm, viskositas diuji dengan menggunakan viskosimeter Ostwald, indeks viskositas dihitung dengan membandingkan viskositas hasil percobaan dengan viskositas air, sedangkan specific 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, indeks viskositas (IV), dan spesifik gravity (Sg). Karakterisasi minyak pelumas, base oil, dan minyak pelumas bekas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi Minyak Pelumas, Base Oil, dan Minyak Pelumas Bekas

Pembanding	% T	Viskositas Kinematik (cp)	IV	Sg
Oli bekas	5,4	58,879	0,015	0,868
Base oil (HVI 95)	91,1	61,945	0,015	0,953
Oli baru	96,3	55,857	0,016	0,866

3.2. Pemilihan Jenis Penjerap

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 (%T) pada panjang gelombang 680 nm, viskositas kinematik, indeks viskositas (IV), dan spesifik gravity (Sg) pada berbagai penjerap ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisa Penjernihan Oli Bekas Pada Berbagai Jenis Penjerap

Jenis Penjerap	% T	Viskositas Kinematik (cp)	IV	Sg
Batu bara	39,2	89,715	0,010	0,881
Karbon aktif	25,6	97,866	0,009	0,883
Silika Gel	35,4	92,378	0,010	0,884

Pemilihan jenis penjerap lebih difokuskan pada penjerap yang mampu menghasilkan tingkat kejernihan paling tinggi meskipun viskositasnya rendah. Viskositas merupakan salah satu parameter penting yang harus dimiliki minyak pelumas, tetapi dengan adanya penambahan aditif (seperti indeks viscosity improver) dalam base oil, kriteria viskositas sebagai minyak pelumas dapat dipenuhi.

Dari tabel 2. diperoleh data bahwa persen transmisi (%T) minyak pelumas bekas hasil penjerapan dengan menggunakan batu bara paling besar dibandingkan dengan penggunaan jenis penjerap yang lain, artinya batu bara lebih banyak menjerap kontaminan dalam minyak pelumas bekas sehingga hasil penjerapan dengan batu bara lebih jernih.

Berdasarkan Hukum Lambert-Beer % transmisi dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$T = 10^{-\epsilon lc}$$

Dalam hubungan ini :

- T adalah Transmisi (%)
- ϵ adalah molar absorptivitas (L/mol.cm)
- l adalah tebal cuvet (cm)
- c adalah konsentrasi (mol/L)

sehingga jika % transmitansi semakin besar maka konsentrasi kotoran yang ada di minyak pelumas akan semakin kecil [6]. Banyaknya kontaminan yang terperap oleh batu bara menunjukkan batu bara lebih efektif digunakan sebagai penjerap pada minyak pelumas bekas.

Meskipun batu bara memiliki luas permukaan 10-200 m²/gr [7] jauh lebih kecil dibandingkan karbon aktif [8] dan silica gel tetapi batu bara dapat menghilangkan kandungan logam - logam berat, senyawa organik, lumpur, maupun kotoran [9]. Dengan demikian, batu bara dipilih sebagai penjerap minyak pelumas bekas.

3.3. Kecenderungan Pengaruh Konsentrasi Alkilbensulfonate (ABS)

Kecenderungan pengaruh konsentrasi larutan ABS dalam aquades yang ditambahkan ke minyak pelumas bekas dapat dikaji melalui tahap penjernihan. Hasil analisa terhadap parameter tingkat kejernihan (%T) pada panjang gelombang 680 nm, uji viskositas kinematik, indeks viskositas (IV), dan specific gravity (Sg) pada berbagai konsentrasi larutan alkilbenzenesulfonate dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisa Penjernihan Oli Bekas pada Berbagai Konsentrasi Larutan ABS

Konsentrasi Larutan ABS (%)	% T	Viskositas Kinematik (cp)	IV	Sg
20	2,1	69,200	0,013	0,865
40	1,8	59,472	0,015	0,864
60	1,7	58,253	0,015	0,863
80	35,9	55,248	0,016	0,861
100	65,5	92,090	0,009	0,862

Kontaminan yang ada di minyak pelumas bekas tidak akan mengendap walaupun didiamkan dalam waktu yang cukup lama. Ketika ABS ditambahkan ke dalam minyak pelumas bekas, ABS tidak hanya mampu berinteraksi dengan kontaminan tetapi juga dengan air karena ABS merupakan surfaktan yang memiliki ekor hidrofobik dan hidrofilik [10]. Ekor hidrofobik mampu mengikat kontaminan dan ekor hidrofilik mampu mengikat air yang ada di minyak pelumas bekas [6]. 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.

Kotoran dalam minyak pelumas bekas dapat berasal dari luar (air dan debu) maupun dari dalam, di antaranya air hasil pembakaran bahan bakar, partikel keausan logam, jelaga, serta hasil-hasil oksidasi pelumas seperti lumpur dan asam yang bersifat korosif [17]. Pengenceran ABS dalam air dimaksudkan untuk melarutkan asam-asam hasil oksidasi. Asam larut dalam air. Di satu sisi, air dengan minyak tidak saling melarutkan karena keduanya memiliki perbedaan densitas yang cukup sehingga asam di dalam minyak dapat dengan mudah dipisahkan

Pada tabel 3. diperoleh data bahwa penggunaan konsentrasi ABS dari 20% hingga 60% diperoleh nilai transmitansi yang relatif tetap. Peningkatan nilai transmitansi terjadi pada penggunaan konsentrasi ABS 80% dan nilai % transmitansi paling besar diperoleh pada konsentrasi ABS 100%.

Kenaikan nilai transmitansi minyak pelumas hasil penjernihan pada berbagai penambahan konsentrasi ABS diakibatkan adanya interaksi antara ABS dengan senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak pelumas [1]. Pada konsentrasi ABS 100% menghasilkan nilai transmitansi paling tinggi (12,7%), sedangkan pada konsentrasi yang lebih kecil dari 100% dengan interval 20, nilai transmitansi menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi ABS maka semakin banyak pula kotaminan yang berinteraksi dan ikut mengendap sehingga minyak pelumas hasil percobaan menjadi semakin jernih (nilai transmitansi meningkat).

3.4. Pemilihan Media Penjernih

Media penjernih yang paling efektif antara bentonit atau zeolit dipilih melalui tahap penjernihan. Tahap penjernihan dimaksudkan untuk menjernihkan minyak pelumas secara fisik dengan metoda adsorpsi. Hasil analisa terhadap parameter tingkat kejernihan (%T) pada panjang gelombang 680 nm, uji viskositas kinematik, indeks viskositas (IV), dan specific gravity (Sg) pada berbagai penjernih dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Penjernihan Oli Bekas pada Berbagai Media Penjernih

Media Penjernih	% T	Viskositas Kinematik (cp)	IV	Sg
Bentonit	35,9	61,986	0,014	0,871

Zeolit	43,8	66,163	0,013	0,863
--------	------	--------	-------	-------

Pada tabel 4. dapat terlihat bahwa pemakaian zeolit sebagai media penjernih menghasilkan nilai transmitansi yang lebih tinggi dari pada bentonit. Nilai transmitansi mengindikasikan kejernihan minyak pelumas hasil percobaan. Semakin tinggi nilai transmitansi, minyak pelumas hasil percobaan semakin jernih. Semakin jernih minyak pelumas hasil percobaan berarti semakin banyak kontaminan yang terperangkap dan semakin sedikit kontaminan yang ada di minyak pelumas sehingga membuat nilai specific gravity (SG) semakin kecil dan nilai viskositas kinematik juga semakin kecil. Dengan demikian zeolit dipilih sebagai media penjernih pada pengolahan minyak pelumas bekas.

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya [12]. Zeolit yang terdehidrasi akan mempunyai struktur pori terbuka dengan internal surface area besar sehingga kemampuan meng-*adsorb* molekul selain air semakin tinggi. Diameter pori dari zeolit menentukan ukuran molekul yang dapat ter-*adsorb*. Sifat ini yang menjadikan zeolit mempunyai kemampuan penyaringan yang sangat spesifik sehingga dapat digunakan untuk pemurnian maupun pemisahan kontaminan atau kotoran yang ada di minyak pelumas bekas [6]. Di samping itu, zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga memiliki kemampuan *molecular sieving* yaitu kemampuan untuk menyaring atau memisahkan molekul dengan ukuran tertentu khususnya partikel terlarut dengan ukuran sangat kecil yang menyebabkan warna keruh pada minyak pelumas bekas [13]. Pori-pori zeolit cenderung bermuatan negatif sehingga mampu mengikat partikel kotoran yang bermuatan positif untuk menstabilkan muatannya [14]. Dari hasil penelitian, zeolit memiliki luas permukaan sebesar 8,3528 m², jari-jari pori 116,2350 Å, dan daya adsorpsi 13,250 ml/g [15].

Selain mampu memisahkan berdasarkan ukuran, zeolit juga memisahkan berdasarkan kepolarannya sehingga meskipun ada dua molekul atau lebih yang melintas, hanya sebuah saja yang dapat lolos. Ini disebabkan adanya pengaruh kutub antara molekul zeolit dengan zat tersebut. Molekul yang tidak jenuh atau mempunyai kutub akan lebih mudah lolos daripada yang tidak berkutub atau tidak jenuh. Dengan demikian, zeolit memenuhi kriteria sebagai adsorbent karena memiliki luas permukaan, selektifitas, dan daya adsorpsi yang mampu menjernihkan minyak pelumas bekas, meskipun luas permukaannya lebih kecil dibandingkan dengan bentonit. Ini terbukti dengan persen transmitansi dari minyak pelumas bekas yang dijernihkan dengan zeolit cukup besar yaitu 17,1%. Persen transmitansi dari zeolit jauh lebih besar dibandingkan bentonit yang hanya 9,4%.

4. Kesimpulan

Untuk menghasilkan produk olahan yang mendekati spesifikasi base oil, proses penjerapan lebih baik dilakukan dengan menggunakan penjerap batu bara dan kombinasi ABS murni – zeolit sebagai media penjernih.

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] 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
- [2] Ningrum, Nining Sudini, dkk. 2010. *Optimasi Proses Daur Ulang Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Batubara Peringkat Rendah sebagai Penyerap Kontaminan*. Kementerian ESDM : Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara
- [3] 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
- [4] Sugondo, Abdul Latif, Nusin Samosir. *Karakterisasi Distribusi Zeolit Dalam Pelet Mentah UO₂ Dengan WDX-SEM*. Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir IV PEBN-BATAN Jakarta, 1-2 Desember 1998. ISSN1410-1998
- [5] 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
- [6] Larosa, Yedid Novrianus. 2007. *Studi Pengetsaan Bentonit Terpilar – Fe₂O₃*. Medan : Universitas Sumatera Utara
- [7] <http://teknikpertambangan.wordpress.com/2009/11/27/propertis-fisik-batubara/> diakses tanggal 01/04/2012 pukul 22:23

- [8] <http://materialcerdas.wordpress.com/material/karbonaktif/> diakses tanggal 21/03/2012 pukul 20:46
- [9] Yoga Pratama, Herry T. Putranto. 2007. *Coal Fly Ash Conversion to Zeolite for Removal of Chromium and Nickel from Wastewaters*.
- [10] <http://smansagi-smansagi.blogspot.com/2010/10/alkyl-benzene-sulfonat-abs.html> diakses tanggal 21/03/2012 pukul 20:52
- [11] Hart, H. 1991. *Organic Chemistry A Shortcourse*. 8th Edition. Houghton Mifflin Company. Boston
- [12] Sutarti, Mursi dan Minta Rachmawati. 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia .
- [13] <http://id.wikipedia.org/wiki/Zeolit> diakses tanggal 11/05/2011 pukul 20:45
- [14] http://www.chem-is-try.org/tanya_pakar/apakah-peran-zeolit-dalam-deterjen/ diakses tanggal 11/05/2011 pukul 20:48
- [15] Ginting, Aslina Br, dkk. 2007. *Karakterisasi Komposisi Kimia Luas Permukaan Pori dan Sifat Termal dari Zeolit Bayah, Tasikmalaya dan Lampung*. Serpong : Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN
- [16] Badan Pusat Statistik. 2011. *Indonesia Dalam Angka*. Jakarta : BPS
- [17] PERTAMINA. 1998. *Pelumas dan Pelumasan*. Cilacap: PERTAMINA
- [18] Rahmawati, Eka. 2006. *Adsorpsi Senyawa Residu Klorin pada Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida*. Bogor : Institut Pertanian Bogor