



Karakterisasi Kadar Mineral, Logam Berat Serta Distribusi Ukuran Partikel Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Sisa Pembakaran Batu Bara Industri Oleokimia

Characterization of Mineral, Heavy Metals Content and Particle Size Distribution of Fly Ash Waste From Oleochemical Industry

Pravil M. Tambunan^{1*}

¹ Fakultas Farmasi, Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan

ABSTRAK

Telah dilakukan penentuan kadar mineral SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO dan MgO ; kadar logam berat Zn, Pb, Cd, Cr dan Cu; serta penentuan distribusi ukuran partikel dari limbah abu terbang (*fly ash*) batubara industri oleokimia. Penentuan mineral SiO_2 , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 dilakukan secara gravimetri sedangkan CaO dan MgO menggunakan metode titrimetri. Penentuan kadar logam berat dilakukan dengan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Dari penelitian yang dilakukan didapatkan karakteristik komposisi mineral SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO dan MgO dari sampel *fly ash* batubara yang berasal dari limbah industri oleokimia masing-masing 22,842%; 0,0210%; 20,599%; 2,145%, dan 0,39% serta kandungan logam berat Zn, Pb, dan Cd masing-masing sebesar 21,90625 mg/L; 6,1467 mg/L; dan 0,37065 mg/L. Sedangkan kandungan logam berat Cr dan Cu tidak terdeteksi. Data hasil pengukuran partikel dengan instrumen *Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer* Tipe LA-950 didapatkan ukuran rata-rata (*mean size*) dari partikel *fly ash* adalah 291,08762 μm . Berdasarkan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah tersebut, kadar logam berat zinc (Zn) dan kadmium (Cd) pada sampel limbah *fly ash* batubara industri oleokimia masih berada dibawah ambang kadar yang ditetapkan. Sedangkan kadar timbal (Pb) berada di ambang batas yang ditetapkan oleh PP 85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah B3.

ABSTRACT

The mineral content of SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO and MgO has been determined; heavy metal content of Zn, Pb, Cd, Cr and Cu; as well as determining the particle size distribution of oleochemical industrial coal fly ash. The determination of SiO_2 , Fe_2O_3 , and Al_2O_3 minerals was carried out gravimetrically, while CaO and MgO were determined using the titrimetric method. Determination of heavy metal content was carried out using the Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) method. The result was found that the characteristics of the mineral composition of SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO and MgO from coal fly ash samples from oleochemical industrial waste were 22.842%; 0.0210%; 20.599%; 2.145%, and 0.39% respectively; and the content of heavy metals Zn, Pb, and Cd were 21.90625 mg/L 6.1467 mg/L; and 0.37065 mg/L respectively. While the content of heavy metals Cr and Cu was not detected. The data from particle measurement using the *Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer* Type LA-950 instrument obtained the average size (*mean size*) of fly ash particles is 291.08762 m. Based on the threshold value set by the government, the levels of heavy metals zinc (Zn) and cadmium (Cd) in coal fly ash waste samples from the oleochemical industry are still below the specified threshold levels. Meanwhile, the lead (Pb) level is in the threshold set by PP 85 No 1999 concerning B3 Waste Management.

Kata kunci/Keyword : Logam berat, mineral, batubara, *fly ash*, oleokimia. heavy metal, mineral, coal, oleochemical .

INFO ARTIKEL

Received: 04 Nov 2022;

Revised: 15 Nov 2022;

Accepted: 05 Dec 2022

* coresponding author: praviltambunan91@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.22437/jisic.v14i2.21355>

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak industri telah mengganti sumber tenaga pada pembangkit uap/boiler dari minyak (IDO atau MFO) dengan batu bara sebagai akibat langka dan mahalnya harga bahan bakar tersebut. Penggunaan batu bara sebagai sumber energi pada unit boiler pada industri akhir-akhir ini menjadi pilihan yang paling diminati oleh para pengusaha karena di samping dapat menghemat biaya operasional juga ketersediaannya cukup melimpah di Indonesia. Dari penggunaan batu bara tersebut akan dihasilkan sisa abu batu bara (*fly ash dan bottom ash*). (Munir, M.,2008)

Industri-industri yang berada di daerah KIM Medan belum mempunyai tempat penampungan/pengolahan yang khusus sebagai pembuangan limbah padat khususnya abu batu bara (*fly ash*) yang representatif sehingga apabila jumlah industri pengguna batu bara sebagai bahan bakar semakin meningkat, di masa yang akan datang perlu dipikirkan cara pengolahan/pembuangan limbah tersebut agar tidak menjadi masalah di kemudian hari. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 dan Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999, abu batu bara (*fly ash*) diklasifikasikan sebagai limbah B-3. Penanganan yang direkomendasikan adalah solidifikasi dimana dengan proses tersebut sifat B-3 dalam abu batu bara (*fly ash*) akan menjadi stabil dan dapat dimanfaatkan sebagai produk yang aman bagi kesehatan dan lingkungan. Pemanfaatan limbah B-3 adalah kegiatan penggunaan kembali (*reuse*) dan/atau daur ulang (*recycle*) dan/atau perolehan kembali (*recovery*) yang bertujuan untuk mengubah limbah B-3 menjadi produk yang dapat digunakan dan harus juga aman bagi lingkungan (PerMen. LH No. 2/2008).

Industri semen adalah penyumbang yang besar terhadap pemanasan global serta penyakit pada saluran pernapasan. Teknologi produksi semen di Indonesia cenderung boros energi dan menimbulkan emisi gas CO₂ yang menyumbang pada kenaikan suhu global. Menurut Agenda 21 Indonesia (1997), laju pertumbuhan emisi CO₂ rata-rata per tahun pada sektor industri saja yaitu sebesar 9,9% dari beban yang dilepas ke

lingkungan. Sebagian besar berasal dari penggunaan bahan bakar fosil untuk menghasilkan listrik atau dari produksi CO₂ secara langsung sebagai bagian dari pemrosesannya.



Gambar 1. Fly Ash Batu bara

Pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan substitusi terhadap semen dalam campuran beton merupakan salah satu usaha untuk menanggulangi masalah pencemaran lingkungan di daerah KIM Medan serta dapat mengurangi emisi gas CO₂ sebagai penyebab pemanasan global. Siagian (2011) telah meneliti bahwa penambahan abu terbang (*fly ash*) pada campuran batako sebanyak 10% dari berat semen menghasilkan kekuatan tekan 26,00 MPa dan kekuatan tarik 2,166 MPa, sedangkan tanpa penambahan abu terbang (*fly ash*) kekuatan tekan batako hanya 16,46 MPa dan kekuatan tariknya 0,876 MPa. Batas maksimal penambahan abu terbang terhadap campuran batako berkisar antara 5% sampai dengan 10%. Pada penambahan 15% didapatkan penurunan baik dalam kekuatan tekan dan kekuatan tarik masing-masing sebesar 22,40 MPa dan 1,634 MPa.

Industri oleokimia yang berada di daerah Kawasan Industri Medan belum memiliki tempat penampungan sementara atau pengolahan khusus limbah B3 sebagai upaya *recycle* limbah padat khususnya abu batu bara (*fly ash*) yang representatif sehingga kedepannya jika jumlah industri oleokimia yang memakai batu bara sebagai bahan bakar semakin bertambah, perlu dipertimbangkan cara pengolahan (*recycle*) /

pembuangan limbah tersebut agar tidak menjadi masalah di hari mendatang. Rekomendasi pemanfaatan tersebut adalah solidifikasi dimana dengan proses tersebut karakteristik B3 dalam abu terbang (*fly ash*) akan menjadi hilang / stabil sehingga dapat dimanfaatkan sebagai produk bangunan yang aman bagi masyarakat.

Namun untuk dapat menggali potensi limbah abu terbang (*fly ash*) batu bara yang berasal dari industri oleokimia, perlu dilakukan penentuan karakteristik abu terbang (*fly ash*) tersebut yang meliputi kandungan logam berat yang dimiliki, kadar mineral dan distribusi ukuran partikel. Penentuan kandungan logam berat dimaksudkan untuk mengetahui logam berat apa yang terkandung di dalam sampel *fly ash* dan apakah pada produk akhir nanti logam berat tersebut masih bisa terlepas atau tidak. Perlu juga dilakukan penentuan karakteristik abu terbang (*fly ash*) tersebut yang meliputi kandungan mineral, serta distribusi ukuran partikelnya. Penentuan kandungan mineral dimaksudkan untuk mengetahui komposisi mineral yang terkait dengan kelas *fly ash* tersebut, dimana tiap kelas berbeda potensi penggunaannya. Sedangkan penentuan ukuran partikel dimaksudkan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel pada *fly ash* yang akan digunakan. Distribusi ukuran partikel berkaitan dengan kekerasan serta kekuatan dari produk akhir yang dihasilkan dari solidifikasi *fly ash*.

METODE PENELITIAN

Alat

Penentuan kandungan logam berat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu AA-7000F. Preparasi sampel menggunakan oven listrik, tanur listrik (*furnace*), alat-alat gelas laboratorium, hot plate, serta dilakukan di dalam lemari asam (*fumehood*).

Pada penentuan kandungan mineral digunakan peralatan seperti alu dan lumpang,

ayakan 100 Mesh, alat-alat gelas laboratorium, oven listrik, desikator, tanur listrik (*furnace*), Spektrofotometer Visibel Spektronik-20, neraca analitis Tipe M-214a, serta pengendapan dan pencucian mineral dilakukan di dalam lemari asam (*fumehood*). Penentuan distribusi ukuran partikel dilakukan dengan instrumen Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer Tipe LA-950. Sebelum dianalisis dengan instrumen tersebut dilakukan pengayakan sampel *fly ash* dengan ayakan 100 Mesh.

Bahan

Sampel limbah fly ash diperoleh dari Kawasan Industri Medan, Saentis, Percut Sei Tuan Mabar. Pada penentuan kandungan logam berat digunakan bahan-bahan antara lain asam nitrat (HNO_3) pekat; larutan baku logam; aquabidest serta kertas saring Whatmann No. 42.

Pada penentuan kandungan mineral SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO dan MgO digunakan bahan-bahan antara lain akuadest; kertas saring Whatmann No. 42; NH_3 10%; NH_4Cl 10%; NH_4NO_3 2%; metil merah; larutan baku Fe; H_2SO_4 4N; o-fenantroline 0,25%; CH_3COONa 2M; hidroksilamin 10%; indikator universal; larutan standar EDTA 0,01 M; indikator EBT; buffer salmiak; indikator Mureksida; KOH 8M; KCN 5% dan Trietanolamin 100 mL.

Prosedur Penelitian

Penentuan Kandungan Logam Berat Zn, Pb, Cd, Cr dan Cu

Pembuatan Kurva Kalibrasi (SNI.06.6989.04-2004)

1. Pembuatan larutan baku logam 100 mg/L:

- Dengan pipet volum diambil 10 mL larutan induk logam 1000 mg/L, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- Diencerkan dengan aquabidest sampai tanda tera

2. Pembuatan larutan baku logam 10 mg/L

- Dengan pipet diambil larutan standar logam 100 mg/L, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- Diencerkan dengan aquabidest sampai tanda tera

3. Pembuatan larutan seri standar logam 0,2 – 10 mg/L (interval 0,2)

- Dipipet masing-masing 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, dan 10 mL larutan baku 10 mg/L dan masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- Ditambahkan aquabidest sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi seri standar 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,6 mg/L; 0,8 mg/L dan 1,0 mg/L

Pengukuran absorbansi dilakukan pada λ Zn=213,9 nm; Pb=283,3 nm; Cd=228,8 nm; Cr=357,9 nm dan Cu=324,8 nm.

Penentuan Logam Berat Zn, Pb, Cd, Cr dan Cu pada Sampel Fly Ash

Sampel fly ash dikeringkan di udara terbuka selama 3 hari, kemudian diayak dengan ayakan 100 Mesh, selanjutnya di oven pada suhu 105^oC selama 6 jam sampai didapatkan berat konstan. Sampel kering ditimbang sebanyak 1,0 g, kemudian ditanur pada suhu 1200^oC selama 2 jam. Setelah itu dilarutkan dengan HNO₃ pekat hingga volume 40 mL, kemudian dipanaskan hingga setengah volume awal. Selanjutnya didinginkan dan diencerkan dengan aquabidest sampai volume 100 mL. Lalu disaring dengan kertas saring Whatmann No. 42 dan pH diatur pada rentang 3,5 – 5. Setelah itu filtrat dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL dan selanjutnya dianalisis dengan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu AA-7000F.

Penentuan Kandungan Mineral SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO dan MgO

Penyediaan Contoh

Limbah abu terbang (*fly ash*) dihaluskan, kemudian diayak dengan ayakan 100 Mesh. Diambil sebanyak 5 – 10 g, lalu dikeringkan dalam oven selama 2 jam.

Setelah didinginkan, disimpan dalam desikator.

Penetapan Kandungan Silika (SiO₂)

Sebanyak 5 g *fly ash* dimasukkan ke dalam beaker glass. Dibasahi dengan aquadest. Dilakukan penambahan 25 mL HCl 25%. Setelah itu dilakukan penutupan dengan kaca arloji selama 1 hari. Pemanasan dilakukan selama 10 menit. Kemudian dicampurkan dengan 50 mL aquadest dan dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatmann No. 42. Simpan Filtrat I untuk penentuan kandungan mineral lain. Residu dicuci dengan air panas sampai bebas klorida lalu dilakukan pengeringan dengan oven listrik. Dilakukan pemindahan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui bobot tetapnya dan diatur dengan suhu 1200^oC selama 2 jam. Didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Diulangi pemijaran sampai diperoleh bobot tetap.

Penetapan Kandungan Sasquioksida (R₂O₃)

R₂O₃ merupakan gabungan dari mineral Al₂O₃ dan Fe₂O₃. Filtrat I di atas ditampung ke dalam labu takar 250 mL, lalu diencerkan dengan aquadest sampai tanda garis dan dihomogenkan. Sebanyak 50 mL dipipet ke dalam gelas piala 400 mL. Selanjutnya ditambahkan 10 mL NH₄Cl 10% diikuti penambahan 3 tetes (2-(N,N-dimethyl-4-aminophenyl). Dilakukan penetralan dengan amonia 10% berlebih. Didiamkan selama ¼ jam sebelum dilakukan penyaringan. Filtrat II disimpan untuk penentuan CaO dan MgO. Residu dicuci dengan NH₄NO₃ 2%, dan dikeringkan di dalam oven. Dipindahkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui bobot tetapnya, kemudian ditanur pada suhu 500^oC selama 2 jam. Dilakukan pendinginan dalam desikator lalu ditimbang. Pemijaran dilakukan lagi sampai diperoleh bobot tetap.

Penetapan Kandungan Besi Oksida (Fe₂O₃) Dengan Spektrofotometer Visibel

Filtrat I diambil lagi sebanyak 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu takar

100 mL. Ditambahkan 5 mL hidroksilamin 10% dan diatur keasamannya antara pH 2-4 dengan penambahan CH_3COONa 2 M. Setelah itu ditambahkan o-Fenantrolin 0,25% sebanyak 5 mL dan dilakukan pengenceran dengan akuades. Didiamkan selama $\frac{1}{4}$ jam dan selanjutnya diukur %T pada $\lambda = 520$ nm. Dilakukan hal yang sama kepada larutan seri Fe^{2+} 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mg/L dan blanko.

Penetapan Gabungan CaO + MgO (SNI 06-6989.12-2004)

Dimasukkan Filtrat II ke dalam labu takar 250 mL lalu dilakukan pengenceran dengan aquadest. Dilakukan pemipetan sebanyak 50 mL dan ditampung ke dalam beaker glass. Ditambahkan 5 mL KCN 10% diikuti penambahan 5 mL buffer salmiak pH 10 dan lalu dihomogenkan. Selanjutnya dilakukan pemipetan sebanyak 10 mL dan ditampung ke dalam Erlenmeyer secara kuantitatif. Dilakukan penambahan indikator EBT dan dititrasi dengan larutan standar Na_2EDTA 0,01 M hingga terjadi perubahan dari larutan yang dititrasi. Dicatat volume larutan standar yang terpakai dan diulangi titrasi sebanyak 3 kali.

Penetapan CaO (SNI 06-6989.12-2004)

Dimasukkan Filtrat II ke dalam labu takar 250 mL dan dilakukan pengenceran dengan aquadest. Dilakukan pemipetan sebanyak 50 mL dan ditampung ke dalam beaker glass. Ditambahkan 2 mL KCN 10% yang diikuti penambahan 5 mL KOH 8 M hingga tercapai pH 12-13. Setelah itu dihomogenkan dan dilakukan pemipetan sebanyak 10 mL lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Ditambahkan seujung spatula indikator Murexid lalu dititrasi dengan larutan standar Na_2EDTA 0,01 M hingga terjadi perubahan warna dari indikator ke violet. Volume larutan standar yang terpakai dicatat dan diulangi sebanyak 3 kali.

Penentuan Distribusi Ukuran Partikel Fly Ash

Disiapkan sampel *fly ash* yang telah diayak dengan ayakan 100 Mesh. Sebanyak 1 g sampel *fly ash* ditambahkan aquadest secukupnya hingga terbentuk suspensi. Sebanyak 2 – 3 tetes suspensi diteteskan ke dalam chamber instrumen *laser scattering particle size distribution analyzer* tipe LA-950. Selanjutnya mesin di-run melalui *software* di komputer dan hasil pengukuran dicetak melalui *printer*. Sedangkan pada penentuan distribusi ukuran partikel dengan instrumen *laser scattering particle size distribution analyzer* tipe LA-950, sampel dimasukkan ke dalam instrumen dengan penambahan aquadest.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modul Digital Pada Materi Struktur Atom

Penentuan Kandungan Logam Berat Zn, Pb, Cd, Cr dan Cu

Abu terbang (*fly ash*) adalah bagian dari abu bakar yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran yang menggunakan bahan bakar batu bara. Abu terbang (*fly ash*) merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral-mineral pengotor dalam batu bara serta proses pembakarannya mengingat limbah abu terbang batu bara (*fly ash*) tersebut meningkat setiap tahunnya, maka perlu penanggulangannya. Limbah abu terbang dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan terutama polusi udara terhadap kehidupan sekitarnya. (Kusuma, I.J. 2006).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kandungan logam berat Zn, Pb, dan Cd masing-masing sebesar 21,90625 mg/L; 6,1467 mg/L; dan 0,37065 mg/L. Sedangkan kandungan logam berat Cr dan Cu tidak terdeteksi. Menurut PP 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah B3, standar mutu zat pencemar yang diizinkan untuk penentuan karakteristik sifat toksik dari logam-logam berat yang dianalisis oleh peneliti adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kandungan Logam Berat Sampel Fly Ash

Logam Berat	Kandungan (mg/L)
Zn	21,90625
Pb	6,1467
Cd	0,37065
Cr	ND
Cu	ND

ND = Not detected

Berdasarkan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah tersebut, kadar logam berat zinc (Zn) dan kadmium (Cd) pada sampel limbah fly ash batubara industri oleokimia masih berada dibawah ambang kadar yang ditetapkan. Sedangkan kadar timbal (Pb) berada di ambang batas yang ditetapkan. Meskipun logam berat yang lain berada di bawah ambang batas, namun bila terpapar terus menerus dapat mengakibatkan akumulasi di dalam lingkungan maupun tubuh makhluk hidup.

Tabel 2. Baku Mutu Zat Pencemar yang Diizinkan dalam Limbah B3 (PP 85 Tahun 1999)

Kode Limbah	Kode Limbah	Konsentrasi Limbah (mg/L)
D4006	Cd	1,0
D4011	Cr	5,0
D4012	Cu	10,0
D4029	Pb	5,0
D4053	Zn	50,0

Penentuan Kandungan Mineral SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO dan MgO

Kadar Silika

Untuk menghitung kandungan silika di dalam sampel yang telah diperlakukan dengan prosedur penentuan silika, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Silika} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot contoh}} \times 100\%$$

Diketahui:

Bobot contoh yang dipergunakan = 5 g

Bobot abu yang didapatkan setelah tanur = 1,4421 g

Sehingga kadar SiO₂ dari sampel *fly ash* tersebut adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Kadar Silika} &= \frac{1,4421 \text{ g}}{5,0000 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 28,842\% \end{aligned}$$

Maka, kadar SiO₂ sampel *fly ash* adalah sebesar 22,842 %

Penetapan Kandungan Sasquioksida (R₂O₃)

Untuk menghitung kandungan sasquioksida di dalam sampel yang telah diperlakukan dengan prosedur penentuan silika, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar } R_2O_3 = \frac{250}{50} \times \frac{\text{bobot endapan}}{\text{bobot contoh}} \times 100\%$$

Diketahui :

Bobot endapan setelah tanur = 0,2062 g

Bobot contoh = 5 g

Sehingga kadar sasquioksida (R₂O₃) dari sampel tersebut

$$\begin{aligned} \text{Kadar } R_2O_3 &= \frac{250}{50} \times \frac{0,2062 \text{ g}}{5,0000 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 20,62\% \end{aligned}$$

Maka, kadar R₂O₃ sampel *fly ash* adalah sebesar 20,62 %

R₂O₃ merupakan gabungan dari mineral Al₂O₃ dan Fe₂O₃.

Penetapan Kandungan Besi Oksida (Fe₂O₃)

Untuk menghitung kandungan Fe₂O₃ di dalam sampel yang telah diperlakukan

dengan prosedur penentuan silika, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar } \text{Fe}_2\text{O}_3 = \frac{250}{50} \times \frac{\text{konsentrasi (hasil plot)}}{1000 \times \text{mg contoh}} \times 100\%$$

Diketahui :

Konsentrasi hasil plot = 210,19 mg/L

Bobot contoh = 5000 mg

Sehingga kadar Fe_2O_3 dari sampel tersebut dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kadar } \text{Fe}_2\text{O}_3 &= \frac{250}{50} \times \frac{210,19 \text{ mg}}{1000 \times 5000 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 0,0210 \% \end{aligned}$$

Maka kadar Fe_2O_3 sampel *fly ash* adalah 0,0210 %

Penetapan Kandungan Aluminium oksida (Al_2O_3)

Kadar Al_2O_3 dapat dicari dengan mengurangi kadar R_2O_3 dengan kadar Fe_2O_3

$$\begin{aligned} \text{Kadar } \text{Al}_2\text{O}_3 &= \text{Kadar } \text{R}_2\text{O}_3 - \text{Kadar } \text{Fe}_2\text{O}_3 \\ &= 20,62 \% - 0,0210 \% = 20,599 \% \end{aligned}$$

Maka kadar Al_2O_3 pada sampel *fly ash* adalah 20,599 %

Penentuan Kandungan Mineral Kalsium Oksida (CaO)

Kandungan kalsium (Ca) dalam sampel dapat ditentukan dan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar } \text{CaO} = \frac{\frac{250}{50} \times \frac{250}{50} \times b \times 0,5608}{\text{mg contoh}} \times 100\%$$

Keterangan :

b = volume rata-rata titran pada penetapan CaO

bobot contoh = 5000 mg

1 mL EDTA 0,01 M = 0,5608 mg CaO = 0,4032 mg MgO

Sehingga kadar CaO dari sampel tersebut dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kadar } \text{CaO} &= \frac{\frac{250}{50} \times \frac{250}{50} \times 7,653 \text{ mL} \times 0,5608}{5000 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 2,145 \% \end{aligned}$$

Maka kadar CaO dari sampel *fly ash* adalah sebesar 2,145%

Penentuan Kandungan Magnesium Oksida (MgO)

Kandungan magnesium (Mg) dalam sampel dapat ditentukan dan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar } \text{CaO} = \frac{\frac{250}{50} \times \frac{250}{50} \times (a - b) \times 0,5608}{\text{mg contoh}} \times 100\%$$

Keterangan :

a = volume rata-rata titran pada penetapan gabungan $\text{CaO} + \text{MgO}$

b = volume rata-rata titran pada penetapan CaO

bobot contoh = 5000 mg

1 mL EDTA 0,01 M = 0,5608 mg CaO = 0,4032 mg MgO

Sehingga kadar MgO dari sampel tersebut dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kadar } \text{CaO} &= \frac{\frac{250}{50} \times \frac{250}{50} \times (9,067 - 7,66) \times 0,5608}{5000 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 0,39 \% \end{aligned}$$

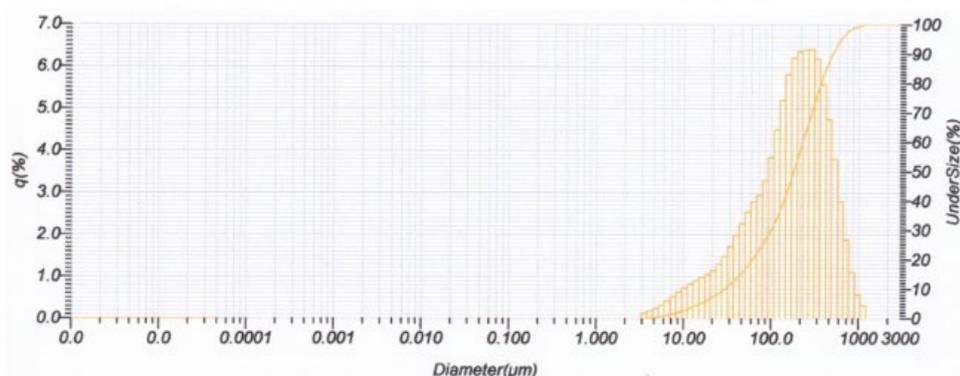
Maka kadar CaO dari sampel *fly ash* adalah sebesar 0,39%

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kandungan Mineral Sampel Fly Ash

Mineral	Kandungan (%)
SiO ₂	22,842
Fe ₂ O ₃	0,0210
Al ₂ O ₃	20,599
CaO	2,145
MgO	0,39

Penentuan Distribusi Ukuran Partikel

Penentuan distribusi ukuran partikel dilakukan instrumen *Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer* Tipe LA-950. Selanjutnya mesin di-run melalui *software* di komputer dan hasil pengukuran dicetak melalui *printer*. Berikut merupakan hasil pengukurannya pada **Gambar 1**.

**Gambar 1.** Hasil penentuan distribusi ukuran dengan *Laser Scattering PSA LA-950*

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan karakteristik komposisi mineral SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO dan MgO dari sampel *fly ash* batubara yang berasal dari limbah industri oleokimia masing-masing 22,842%; 0,0210%; 20,599%; 2,145%, dan 0,39%. Penelitian ini menunjukkan bahwa *fly ash* dari industri oleokimia tidak memiliki kadar mineral kalsium yang cukup memadai untuk menjadikannya sebagai bahan pengikat atau *cementitious* layaknya semen. Oleh karena itu, perlu ditambahkan sejumlah bahan aditif yang mengandung cukup banyak mineral kalsium oksida untuk menjadikan sifat pengikatnya semakin mantap.

Sedangkan pengukuran partikel dengan instrumen laser scattering PSA Tipe LA-950 didapatkan ukuran rata-rata (mean size) dari partikel *fly ash* adalah 291,08762 µm. Ukuran partikel *fly ash* dari limbah industri oleokimia ini cukup halus dan kecil sehingga diharapkan dengan semakin kecilnya ukuran partikelnya, semakin banyak interaksi fisika maupun kimia yang dapat terjadi pada permukaannya yang luas. Diharapkan produk concrete yang dibuat

dengan menggunakan *fly ash* dari industri oleokimia ini memiliki sifat-sifat fisis yang baik karena didukung oleh ukuran partikelnya yang halus.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kandungan logam berat Zn, Pb, dan Cd masing-masing sebesar 21,90625 mg/L; 6,1467 mg/L; dan 0,37065 mg/L. Sedangkan kandungan logam berat Cr dan Cu tidak terdeteksi. Berdasarkan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah tersebut, kadar logam berat zinc (Zn) dan kadmium (Cd) pada sampel limbah *fly ash* batu bara industri oleokimia masih berada di bawah ambang kadar yang ditetapkan. Sedangkan kadar timbal (Pb) berada di ambang batas yang ditetapkan oleh PP 85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah B3.

Sedangkan untuk karakteristik komposisi mineral SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO dan MgO dari sampel *fly ash* batu bara yang

berasal dari limbah industri oleokimia masing-masing 22,842%; 0,0210%; 20,599%; 2,145%, dan 0,39%. Data hasil pengukuran partikel dengan instrumen *Laser*

Scattering Particle Size Distribution Analyzer Tipe LA-950 didapatkan ukuran rata-rata (*mean size*) dari partikel *fly ash* adalah 291,08762 μm .

DAFTAR RUJUKAN

- Edy, B., (2007). *Fly ash – Bottom ash dan pemanfaatannya*. <http://b3.menlh.go.id/3r/artikel.php>
- Kusuma, I.J., (2006). Pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan substitusi semen pada beton mutu normal. *Jurnal Fakultas Teknik*, Universitas Riau. Pekanbaru.
- Meyer, C., (2002). *Concrete and Sustainable Development, Special Publication ACI 206, Concrete Materials to Application – A Tribute to Surendra P. Shah*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Munir, M. (2008). *Pemanfaatan abu batubara (fly ash) untuk hollow block yang bermutu dan aman bagi lingkungan*. Tesis, Universitas Diponegoro.
- Permen LH. (2008), *Pengelolaan limbah bahan beracun dan berbahaya, baku mutu zat untuk penentuan karakteristik sifat racun*. No.2 tahun 2008.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Cara Uji krom Total (Cr) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. SNI 06-6989.3-2004. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Cara uji tembaga (Cu) secara spektrofotometri serapan atom (SSA)*. SNI 06-6989.6-2004. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Cara uji seng (Zn) secara spektrofotometri serapan atom (SSA)*. SNI 07-6989.7-2004. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Cara uji timbal (Pb) secara spektrofotometri serapan atom (SSA)*. SNI 06-6989.8-2004. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Cara uji cadmium (Cd) secara spektrofotometri serapan atom (SSA)*. SNI 06-6989.16-2004. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (2004). *Cara Uji Kesadahan Total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan Metode Titrimetri*. SNI 06-6989.19-2004. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Taylor, M., (2006). *Energy Efficiency and CO₂ Emission from The Global Cement Industry*, IEA-WBCSD Workshop on Energy Efficiency CO₂ Emission Reduction Potentials and Policies in the Cement Industry, Paris, 4-5 September