



PEMISAHAN KARBON TIDAK TERBAKAR DARI ABU TERBANG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM *DISSOLVED AIR FLOTATION* (DAF) UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS ABU TERBANG

Vherlly Surjaatmadja, Winandyo Mangkoto, Setia Budi Sasongko^{*)}

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

Abstrak

Abu terbang merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang digunakan sebagai bahan bakar di PLTU. Abu terbang digunakan sebagai bahan campuran dalam semen, akan tetapi kandungan karbon yang tidak terbakar dalam abu terbang membuat warnanya dan kualitas dari semen menurun (Miura, K 2010), oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk memisahkan kandungan karbon tersebut dalam abu terbang menggunakan sistem DAF (Dissolved Air Flotation). Selain memisahkan karbon dari abu terbang, penelitian ini juga menghitung massa karbon yang tidak terbakar tersebut dengan menggunakan tes LOI (Lost On Ignition). Ini dilakukan dengan tujuan yang diketahui jumlah karbon yang tidak terbakar tersebut diharapkan potensi energi yang dihasilkan dari recycle abu terbang tersebut bisa diketahui. Variable yang digunakan adalah waktu flotasi (15, 25, 35, 45, dan 55) menit serta konsentrasi umpan (10, 20, 30, 40, dan 50) gram/liter. Hasil yang didapatkan rata-rata % penurunan LOI paling besar didapatkan pada variable waktu 55 menit yaitu 55.1782%. Pada variable konsentrasi abu terbang tidak ada perbedaan yang cukup signifikan karena rata-rata % perbedaannya adalah 7.5395%. Oleh karena itu variable yang paling efektif dalam penelitian ini adalah konsentrasi 50 gram/liter dan waktu flotasi 55 menit.

Kata kunci: abu terbang, semen, karbon, DAF, LOI.

Abstract

Fly ash is a solid waste product of coals combustion. Potential areas for the utilization of fly ash is in cement production, but the unburned carbon in fly ash adversely affects the quality of final product (Miura, K 2010), and this research is a way to separate unburned carbon from fly ash using a flotation column with DAF system (Dissolved Air Flotation). This research is also aim to calculate the unburned carbon using LOI test (Lost On Ignition). This method, used to calculate unburned carbon content, will estimate energy potential from fly ash recycles. The variable that used in this research is flotation times (15, 25, 35, 45, and 55) minutes and feed concentrations (10, 20, 30, 40, 50) gram/liter. The result shows that the biggest of average % reduction of LOI is 55.1782% at 55 minutes of time variable. For concentration variable there is no significant differences because the average % differences is 7.5395%. Therefore the most effective variable in this research is 50 gram/liter of concentrations and 55 minutes of flotation times.

Keywords: fly ash, cement, unburned carbon, DAF, LOI.

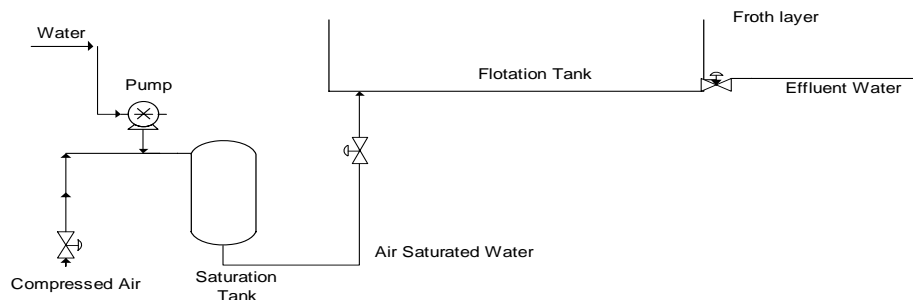
1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya industri yang ada sekarang ini tidak hanya memberikan keuntungan dalam hal peningkatan kualitas hidup manusia, tetapi juga meninggalkan kerugian terhadap kehidupan di bumi ini yaitu pencemaran lingkungan. Salah satu jenis partikel polutan berupa debu yang dapat menyebabkan pencemaran udara adalah abu terbang (*fly ash*). Abu terbang adalah limbah padat dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Semakin meningkatnya jumlah PLTU berbahan bakar batubara yang ada di Indonesia maka jumlah limbah abu terbang yang dihasilkan juga semakin meningkat.

^{*)}Penulis Penanggung Jawab (sbudisas@gmail.com)

Abu terbang ini merupakan tirtan halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air (M. Ahmaruzzaman., 2010). Abu terbang batu bara terdiri dari tirtan halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batu bara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm atauayakan No. 200 pada sieving. Massa jenis dari abu terbang biasanya 2.1 sampai 3.0 dan luas area spesifiknya antara 170 sampai 1000 m²/kg. Warna abu terbang bervariasi dari warna tan, abu-abu, hingga hitam tergantung kandungan karbon tidak terbakar di dalamnya (M. Ahmaruzzaman, 2010). Abu terbang ternyata bisa dijadikan sebagai bahan campuran semen dalam pembuatan beton (Sri Prabandiyani R. W., 2008). Akan tetapi tidak semua abu terbang memenuhi kriteria untuk menjadi bahan campuran semen dan beton. Permasalahan yang sering dihadapi adalah adanya karbon yang tidak terbakar (*unburned carbon*). Adanya kandungan karbon yang tidak terbakar ini menghambat pergerakan udara saat abu terbang diolah menjadi semen atau membentuk gumpalan pada campuran beton, serta menghambat fluiditas campuran beton, dan warna semen yang dihasilkan menjadi hitam sehingga menurunkan minat konsumen (Miura, K., Koji Takasu, Yasunori Matsufuji. 2010).

Metode yang digunakan adalah DAF (*Dissolved Air Flotation*) untuk memisahkan karbon tidak terbakar. *Dissolved Air Flotation* (DAF) adalah proses yang biasa digunakan untuk memisahkan koloid dan padatan yang terlarut dalam air dengan cara flotasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem DAF adalah sifat alami dari partikel, ukuran dari partikel, *dispersing agents*, komposisi dan sifat alami dari umpan, arus cairan, perbandingan udara dan padatan, dan penghilangan material yang terapung (*Handbook of Environmental Engineering, Volume 3: Physicochemical Treatment Processes* Edited by: L. K. Wang, Y.-T. Hung, and N. K. Shammas). Gambar di bawah ini adalah skema alat DAF yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 1. Skema alat DAF yang digunakan dalam penelitian

Dalam kandungan abu terbang terdapat kandungan karbon tidak terbakar atau karbon yang tidak terbakar di dalamnya. Untuk mengetahui kadar massa dari karbon tersebut kita bisa menggunakan valensikannya dengan menghitung kadar LOI dari abu terbang tersebut. LOI sendiri adalah tes yang biasa digunakan untuk analisa kandungan mineral dari suatu bahan kimia. Cara dari metode LOI ini adalah sample yang sudah bebas dari kandungan air dipanaskan dalam furnace dengan suhu tinggi, sehingga zat-zat volatil akan terlepas dan terjadi perubahan massa.

Rumus mencari % LOI adalah :

$$\% \text{ LOI} = \frac{M \text{ abu dan cawan sebelum dibakar} - M \text{ abu dan cawan setelah dibakar}}{\text{massa abu dan cawan sebelum dibakar}} \times 100$$

(N. Emre Altun et al. / Fuel Processing Technology 90 (2009) 1464–1470).

Dan rumus untuk konversi % LOI menjadi massa karbon bisa digunakan rumus :

$$\text{Massa Karbon} = \frac{BM \text{ C}}{BM \text{ CO}_2} \times \% \text{ LOI}$$

(Heiri, O., Andre F. Lotter, Gerry Lemcke. 2001. *Loss on Ignition as a method for estimating organic and carbonat content in sediments: reproducibility and comparability of results*. J. Paleolim. 25:101-110.)

2. Metode Penelitian

Bahan Alat:

Bahan yang digunakan adalah airdan abu terbang dari PLTU Tanjung Djati. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, furnace, dan satu unit sistem DAF.



Gambar 2 Oven



Gambar 3 Furnace



Gambar 4 Unit alat flotasi

Variabel Percobaan:

Variabel tetap :

- Volume air dalam tangki flotasi = 0.04 m³
- Suhu operasi = 30°C
- Waktu penjuanan = 3 menit

Variabel berubah :

Konsentrasi (gr/liter)	Waktu flotasi (menit)
10	15
20	25
30	35
40	45
50	55

Menghitung LOI pada abu terbang.

1. Menimbang abu terbang sebanyak 30 gram.
2. Memanaskan abu terbang dalam oven dengan suhu 100°C.
3. Menimbang abu terbang setiap 10 menit.
4. Melanjutkan proses pemanasan sampai diperoleh massa abu terbang konstan.
5. Memasukkan sampel ke dalam furnace dan memanaskannya selama 2 jam pada suhu 900°C.
6. Menurunkan suhu furnace hingga mencapai suhu kamar
7. Mengeluarkan sampel dari furnace dan menimbanginya
8. Menghitung LOI sesuai dengan rumus

$$\% \text{ LOI} = \frac{M \text{ abu dan cawan sebelum dibakar} - M \text{ abu dan cawan setelah dibakar}}{\text{massa abu dan cawan sebelum dibakar}} \times 100$$

Melakukan flotasi dengan sistem DAF.

1. Memasukkan abu terbang sebanyak 400 gram ke dalam tangki umpan yang sudah berisi air kemudian diaduk untuk homogenisasi.
2. Mengalirkan umpan yang sudah homogen ke ruang flotasi.
3. Mengalirkan umpan ke dalam pressurizing pump.
4. Mengalirkan umpan ke dalam retention tank untuk dijenuhkan oleh udara selama 3.0 menit.

5. Mengalirkan umpan ke dalam ruang flotasi untuk dipisahkan komponen karbon tidak terbakar / unburned carbon selama 15 menit.
6. Setelah proses flotasi selesai, mengambil sampel sebanyak 30 gram untuk dihitung kadar LOI dalam abu terbang.
7. Mengulangi proses flotasi untuk variabel waktu proses flotasi yang berbeda, yaitu 25, 35, 45 dan 55 menit.
8. Mengulangi proses flotasi untuk variabel massa abu terbang dalam air yang berbeda, yaitu 20, 30, 40 dan 50 gram/liter.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk memisahkan karbon tidak terbakar yang terkandung dalam abu terbang dengan metode DAF dan menghitung LOI (*Lost On Ignition*) untuk menentukan kadar dari karbon tidak terbakar.

Hasil Percobaan

Perhitungan massa karbon sebelum flotasi.

Tabel 1. Perhitungan Massa Karbon Sebelum Flotasi.

W_0 (gram)	W_1 (gram)	%LOI	Massa C hitung
63.33	61.85	2.336965	0.637354

Tabel 2. Perhitungan %LOI Setelah Flotasi.

Konsentrasi (gram/liter)	%LOI				
	15 menit	25 menit	35 menit	45 menit	55 menit
10	1.9017	1.5080	1.5682	1.4470	1.1783
20	1.9910	1.8651	1.2960	0.9795	1.1650
30	1.8210	1.7561	2.0711	1.5377	1.0660
40	1.6332	1.8391	1.3908	1.0851	0.7619
50	1.6878	1.5912	1.4119	1.4982	1.0660
Rata-rata %Penurunan	22.6779	26.6678	33.7755	43.7074	55.1782

Kadar karbon dalam abu terbang berkurang setelah proses DAF

Dari hasil percobaan, dapat dilihat %LOI menurun dari %LOI awal yaitu 2.3369%. Dengan menurunnya %LOI ini menunjukkan adanya massa karbon yang berkurang pada abu terbang. Hal ini sesuai dengan rumus konversi %LOI menjadi massa karbon sebagai berikut:

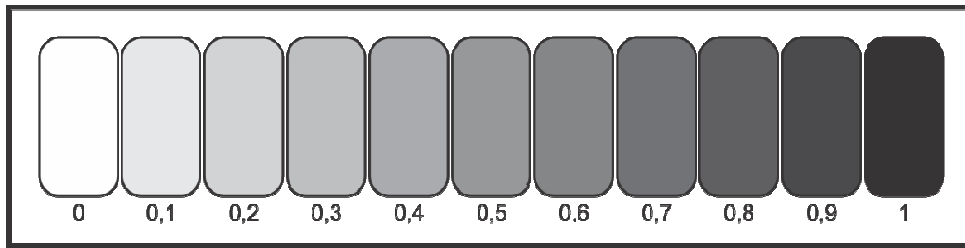
$$\text{Massa Karbon} = \frac{\text{BM C}}{\text{BM CO}_2} \times \% \text{LOI}$$

Dengan berkurangnya massa karbon ini maka proses flotasi terbukti dapat mengurangi kadar karbon dalam abu terbang.

Berikut ini adalah foto abu terbang mula-mula, abu terbang setelah proses flotasi, dan semen.



Gambar 5 (1) Abu terbang mula-mula, (2) Abu terbang setelah flotasi, (3) Semen.



Gambar 6 Skala gradasi warna.

Dari foto tersebut, dapat diketahui bahwa warna abu terbang mula-mula (Gambar 1) cenderung berwarna hitam atau pada skala gradasi warna termasuk dalam skala 0,9. Setelah dilakukan proses DAF/*Dissolved Air Flotation*, abu terbang cenderung berwarna abu-abu (Gambar 2) jika dalam skala gradasi warna masuk dalam skala 0,5. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon dalam abu terbang pada Gambar 1 lebih banyak daripada Gambar 2. Oleh karena itu terbukti bahwa proses flotasi dapat mengurangi kadar karbon dalam abu terbang. Warna abu terbang pada Gambar 2 ini belum layak atau masih terlalu hitam jika dicampurkan dalam semen. Oleh karena itu, abu terbang yang telah mengalami proses DAF ini masih perlu diolah lagi supaya dapat memenuhi standar warna campuran dan standar %LOI campuran abu terbang dalam semen, yaitu 1,2 %LOI.

Waktu dan Konsentrasi Efektif untuk Proses DAF

Berikut ini adalah tabel hasil percobaan yang menunjukkan besar %LOI pada waktu 15 menit untuk setiap konsentrasi.

Tabel 4.1 %LOI untuk masing-masing konsentrasi tiap satuan waktu

Konsentrasi (gram/liter)	%LOI				
	15 menit	25 menit	35 menit	45 menit	55 menit
10	1.9017	1.5080	1.5682	1.4470	1.1783
20	1.9910	1.8651	1.2960	0.9795	1.1650
30	1.8210	1.7561	2.0711	1.5377	1.0660
40	1.6332	1.8391	1.3908	1.0851	0.7619
50	1.6878	1.5912	1.4119	1.4982	1.0660
Rata-rata %Penurunan	22.6779	26.6678	33.7755	43.7074	55.1782

Dari Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa rata-rata %penurunan LOI paling banyak ditunjukkan oleh kolom waktu operasi 55 menit. Kecenderungan karbon dalam abu terbang untuk diangkat gelembung mikro (*micro bubble*) ini semakin meningkat dengan waktu proses flotasi yang lebih lama.

Dari tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara %LOI pada konsentrasi 10 gram/liter dengan konsentrasi 50 gram/liter untuk masing-masing waktu operasi.

Tabel 4.2 %LOI untuk konsentrasi 10 gr/lit dan 50 gr/lit tiap satuan waktu

Konsentrasi (gram/liter)	%LOI				
	15 menit	25 menit	35 menit	45 menit	55 menit
10	1.9017	1.5080	1.5682	1.4470	1.1783
50	1.6878	1.5912	1.4119	1.4982	1.0660
%Perbedaan	11.2478	5.5172	9.9668	1.4353	9.5306

Rata-rata %perbedaannya adalah 7.5395%. Hal ini dikarenakan kemampuan gelembung mikro (*micro bubble*) dalam mengangkat karbon dalam abu terbang sudah mencapai titik maksimal atau jenuh, sehingga dengan kenaikan konsentrasi tidak efektif untuk mengurangi massa karbon dalam abu terbang.

Oleh karena itu, akan lebih efektif jika flotasi ini dilakukan pada konsentrasi 50 gram/liter karena proses pengeringan abu terbang akan membutuhkan waktu yang jauh lebih sedikit daripada pengeringan abu terbang yang dilakukan pada konsentrasi 10 gram/liter. Hal ini berkaitan dengan jumlah umpan/abu terbang yang dimasukkan tangki flotasi. Jumlah umpan yang masuk untuk ditreatment dengan proses flotasi akan menjadi lebih banyak jika dilakukan pada konsentrasi 50 gram/liter. Hal ini akan banyak menguntungkan.

4. Kesimpulan

Karbon tidak terbakar dalam abu terbang dapat dipisahkan dengan menggunakan *Dissolved Air Flotation* (DAF). Rata-rata % penurunan LOI paling besar didapatkan pada variabel waktu 55 menit yaitu 55.1782%. Pada variabel konsentrasi abu terbang tidak ada perbedaan yang cukup signifikan karena rata-rata %



perbedaannya adalah 7.5395%. Oleh karena itu variabel yang paling efektif dalam penelitian ini adalah konsentrasi 50 gram/liter dan waktu flotasi 55 menit.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA. selaku dosen pembimbing penelitian serta Laboratorium Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

Notasi :

W_0 = Massa abu terband dan cawans sebelum dibakar (gram).

W_1 = Massa abu terband dan cawans setelah dibakar (gram).

Daftar Pustaka

- Ahmaruzzaman M. 2010. *A review on the utilization of fly ash*. Progress in Energy and Combustion Science 36 (2010) 327–363.
- Altun, N., Chuangfu Xiao, Jiann-Yang Hwang. 2009. *Separation of Unburned Carbon from Fly Ash Using a Concurrent Flotation Column*. Fuel Processing Technology 90. 1464-1470.
- Heiri, O., Andre F. Lotter, Gerry Lemcke. 2001. *Loss on Ignition as a method for estimating organic and carbonat content in sediments: reproducibility and comparability of results*. J. Paleolim. 25:101-110.
- L.K. Wang, Y.-T. Hung, N.K. Shamma. Handbook of Environment Engineering, vol 3, The Humana Press Inc., Totowa, New Jersey.
- Miura, K., Koji Takasu, Yasunori Matsufuji. 2010. *Basic Study on Removing Unburned carbon from Fly Ash by Ore Flotation to Use as Concrete Admixture*. In Proceedigs of Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Ancona, Italy, June 28-June 30, 2010.
- Mulyadiarto. 2010. *Study Potential Utilization of FGD Gypsum & FA ex Tanjung Djati B*. Holcim:13.
- Wardhani, Sri Prabandiyani Retno. 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Dalam Upacara Penerimaan Guru Besar Fakultas Tekin Universitas Diponegoro, 6 Desember 2008.