JURNAL TEKNIK, Volume IX, No. 1, April 2010, 1-6

Pemanfaatan Fly Ash (Abu Terbang) Batubara untuk Pembuatan Semen Portland Pozzolan

Ate Romli

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak. *Fly ash* (abu terbang) batubara biasanya masih mengandung komponen-komponen/senyawa dianataranya terdiri dari SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO dan sebagian kecilnya adalah unsur-unsur seperti Na_2O, MgO dan K_2O serta pengotor lainnya. Unsur- unsur utama tersebut merupakan bahan Pozzolan, yaitu bahan yang mengandung senyawa silica atau silica alumina, dimana bahan Pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, karena mempunyai bentuknya yang halus dan masih mengandung kadar air, maka senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan senyawa kalsium hidroksida pada keadaan temperatur ruangan, dan membentuk senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti semen (kalsium silikat dan aluminat hidrat), sehingga *fly ash* tersebut dapat dicampur dengan semen portland menjadi semen portland pozzolan.Tahapan pengerjaan penelitian dilakukan adalah limbah *fly ash* tersebut dimulai dengan proses penggilingan dan pengayakan dengan menggunakan ayakan 270 mesh, kemudian diaktifkan dengan berbagai variasi temperatur pengaktifan yaitu 400°C, 500°C dan 600°C. Setelah diaktifkan, *fly ash* tersebut dicampur dengan semen portland tipe I yang selanjutnya dibuat beton untuk diuji secara mekanis, yaitu dengan kuat tekan. Dari hasil pengujian kuat tekan tersebut, umur beton yang 3 hari, 7 hari dan 28 hari dengan suhu pengaktifan *fly ash* 400 °C, memiliki kuat tekan yang tinggi yaitu 148.88 kg/cm^2, 220 kg/cm^2 dan 260 kg/cm^2.

Kata kunci : *Fly ash, bahan Pozzolan,semen portland, beton dan kuat tekan*

1 Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya pembangunan saat ini menyebabkan kebutuhan bahan bangunan akan semakin meningkat. Seperti kita ketahui bersama, bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan atap, dinding dan lantai. Saat ini bahan-bahan bangunan tersebut sudah terbuat dari semen dan sudah banyak digunakan oleh masyarakat luas. Yang menjadi permasalahannya adalah bagaimana kita dapat membuat bahan-bahan tersebut dengan harga yang relatif murah tanpa mengurangi mutunya.

Penggunaan bahan bakar minyak pada industri semakin meningkat sehingga memerlukan biaya yang sangat tinggi untuk proses produksi, ditambah dengan munculnya kebijakan pemerintah mengenai kenaikan harga BBM maka biaya produksi yang akan ditanggung oleh industri akan semakin tinggi. Sehingga perlu suatu industri mempertimbangkan untuk menggunakan bahan bakar pengganti yang lebih efisien yang dapat menurunkan biaya produksi seperti batubara. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar akan menghasilkan limbah seperti abu terbang (*fly ash*) batubara.

Fly ash (abu terbang) batubara mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi, sehingga timbul pemikiran kritis untuk menjadikan limbah abu terbang batubara sebagai sumber-

alternatif sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen Portland pozzolan. Pemanfaatan limbah abu terbang tersebut selain dapat mengurangi limbah industri juga dapat dijadikan sumber silika pengganti pasir kuarsa yang persediaannya di alam semakin menipis.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memanfaatkan limbah *fly ash* sebagai bahan pozzolan untuk mengurangi penggunaan semen Portland, mendapatkan temperatur aktifasi fly ash yang baik sebagai bahan pozzolan pada semen portland, dan bagaimana pengaruh penambahan tersebut terhadap kuat mekanis yang diberikan. *Fly Ash* (abu terbang) batubara yang digunakan dalam penelitian berasal dari PT. Garuda Mas Semesta. dan Standar beton yang diteliti memiliki kuat tekan 125 kg/cm2 s/d 250 kg/cm2 (SNI 15-0302-2004)

2 Tinjauan Pustaka

Abu terbang batubara adalah limbah hasil pembakaran batu bara yang ynag mempunyai sifat-sifat fisik diantaranya berbentuk bundar, halus, dan porous. Mutu abu batubara beragam tergantung pada :

a. Mutu dan jenis batubara yang digunakan.
b. Efisiensi pembakaran dan kehalusan batubara.
c. Dimensi tungku pembakaran.
d. Sistem penangkapan abu batubara dari pembakaran batubara ini berwarna abu-abu, apabila diambil langsung dari tempat pembakaran batubara, warna ini dapat berubah-ubah sampai ke warna hitam. Warna hitam ini menunjukan besarnya kadar karbon yang belum terbakar.

Tabel 1 Hasil Pengujian Fly Ash (abu terbang PT Garuda Mas Semesta di daerah Cibodas Leuwigajah Cimahi)
"Sertifikat Pengujian : No. 044-5/BBK/JU/04/2007"

Analisis Kimia (% berat)	Metoda Uji	Hasil Uji
SiO_2	SNI 15-0449-1989	40.30
Al_2O_3	SNI 15-4936-1998	12.20
Fe_2O_3	SNI 15-2173-1991	2.67
MgO	SNI 15-1569-1989	3.22
Na_2O	SNI 15-0449-1989	2.21
Unsur lainnya	-	39.4

2.1 Semen

Menurut SNI No. 15-2049-1994, Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mengiling terak atau clinker yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis yang digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa gypsum dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Definisi secara umum Semen Portland adalah hydroulis binder yang di buat dengan menggiling halus Clinker Semen Portland dengan menambahkan 4 – 5 % Gypsum (CaSO4 . H2O).

2.2.1 Komposisi dan Sifat Semen

Komposisi semen terdiri atas senyawa-senyawa utama (mineral–mineral potensial) sebagai penyusun semen yang terbentuk dari keempat oksida utama, yaitu:

a. C_3S : Trikalsium Silikat, 3 $CaO.SiO_2$. Sifatnya hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air maka akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta semen akan mengeras. C_3S menunjang penyusunan kekuatan awal semen tinggi dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 500 joule/gram. Kandungan C_3S pada Semen Portland bervariasi antara 35% - 55% dan rata–rata 45%.

b. C_2S : Dikalsium Silikat, $2CaO.SiO_2$. Pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu 250 joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S. Kandungan C_2S pada Semen Portland bervariasi antara 15 %-35 % dan rata-rata 25 %.

c. C_3A: Trikalsium Aluminat, $3CaOAl_2O_3$ disingkat C_3A. Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu ± 850 joule/gram. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan C_3A bervariasi antara 7-15 %.

d. C_4AF: Tetra Calsium Alumino Ferrite, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$. Dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi ± 420 joule/gram. Kandungan C_4AF pada Semen Portland bervariasi antara 5-10 % dan rata–rata 8%. Ini mempengaruhi warna abu–abu dari semen.ubah sampai ke warna hitam. Warna hitam ini menunjukan besarnya kadar karbon yang belum terbakar.

2.3 Pozzolan

Pengertian pozzolan menurut ASTM C 618-96 adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika dan alumina, walaupun pozzolan tidak mempunyai sifat sementasi, tetapi dengan bentuknya yang halus, dengan adanya air maka akan terjadi reaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu bisaa, membentuk senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti (kalsium silikat dan kalsium aluminat). Komponen utama pozzolan adalah Silikat (SiO_2).

2.3.1 Jenis Pozzolan

Ada dua jenis pozzolan, yaitu pozzolan alam dan pozzolan buatan.

a. pozzolan alam adalah :
   1. Tufa
   2. Abu vulkanik tanah diatome (*tress*)

b. Pozzolan buatan adalah
   1. Semen merah (bata merah/genteng keramik yang digiling);
   2. Gilingan terak dapur tinggi(*slag*);
   3. Fly ash /abu terbang batu bara.

2.3.2 Sifat-Sifat Fisika Semen Portland Pozzolan

a. Sifat pengerjaan (*Workability*)
   Adukan mortar atau beton menggunakan Portland Pozzolan (PPC) memiliki plastisitas yang lebih baik disbandingkan dengan yang menggunakan semen portlan jenis I (PC I)

b. Waktu Pengikatan
   Penambahan Pozzolan pada Semen Portland akan memperpanjang waktu pengikatan. Selisih waktu pengikatan akhir antara Semen Portland dengan Semen Portland Pozzolan menirut SNI 15-2049-94 dan SNI 15-0302-94 sebesar 45 menit

c. Kekuatan Tekan
Dengan penambahan bahan Pozzolan pada Semen Portland, maka akan menurunkan kekuatan awal. Oleh karena pada Semen Portland Pozzolan (PPC) masih terjadi reaksi antara silica aktif dari Pozzolan dengan kalsium hidroksida yang berjalan terus dalam waktu yang lama, maka kekuatan PPC pada umur yang lama akan bisa lebih tinggi dari Semen Portland jenis I (PC I).

d. Proses Hidrasi Semen Portland Pozzolan:

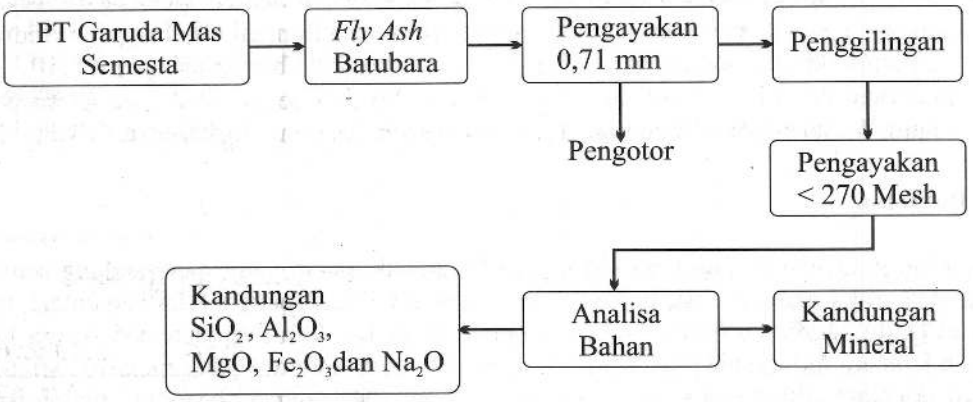
Semen Portland Pozzolan : Semen Portland + Pozzolan

Semen Portland + air $\longrightarrow$ CSH + $Ca(OH)_2$

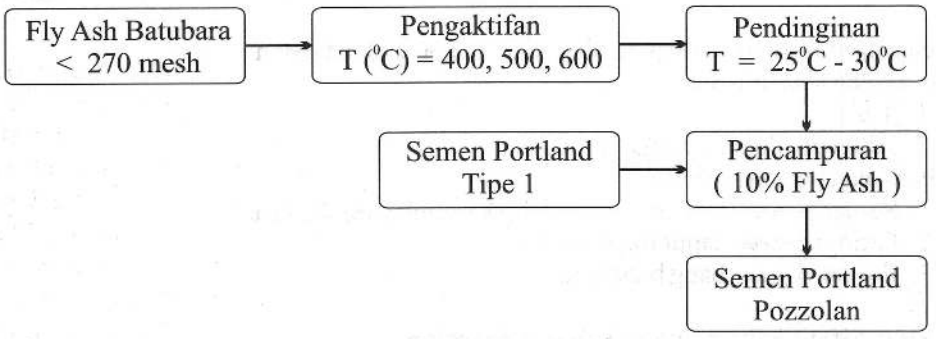
Pozzolan + $Ca(OH)_2$ + air $\longrightarrow$ CSH + CASH

3 Metodologi Penelitian

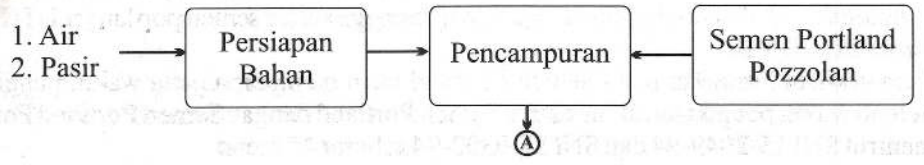
3.1 Diagram Alir Penelitian pada Tahap Persiapan Bahan

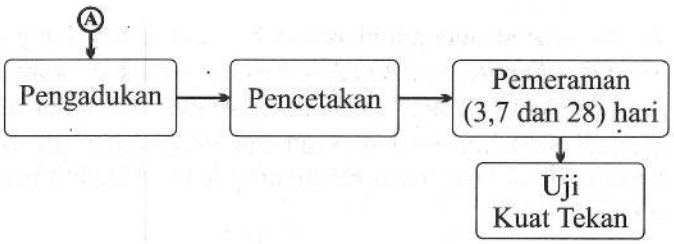


3.2 Diagram Alir Penelitian pada Tahap Pengaktifan dan *Finishing*



3.2 Diagram Alir Penelitian pada Tahap Pengujian





4 Analisa dan Pembahasan

Tabel 2 Data Pengujian Kuat Tekan Pada Pasta SPP

Komposisi Fly Ash : Semen (%-massa)	Suhu Pengaktifan Fly Ash (°C)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)		
		3 hari	7 hari	28 hari
0 : 100	-	62.22	102.22	155.56
10:90	400	68.88	106.66	160
10:90	500	55.55	100	148.89
10:90	600	46.66	94.44	131.11

Tabel 3 Data Pengujian Kuat Tekan SPP : pasir (1:4)

Komposisi Fly Ash : Semen (%-massa)	Suhu Pengaktifan Fly Ash (°C)	Kuat Tekan (Kg/cm^2)		
		3 hari	7 hari	28 hari
0 : 100	-	233.33	264.44	286.67
10:90	400	148.88	220	260
10:90	500	137.77	208.88	251.11
10:90	600	115.55	140	204.44

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi campuran *fly ash,* semen portland pozzolan dan pasir (1:4) pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Secara umum dapat dilihat bahwa kuat tekan meningkat. Hal ini terjadi karena butiran *fly ash* yang halus (yang lolos ayakan 270 mesh), akan cepat menyerap dan membentuk $Ca(OH)_2$ hasil dari proses hidrasi pada silikat dan aluminat aktif yang terkandung dalam abu terbang batubara, serta mencegah pembentukan silikat gel yang berubah menjadi kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat yang menutupi pori-pori. Pada saat abu terbang ditambahkan air, maka SiO_2 yang terkandung didalamnya akan menggumpal karena terbentuknya ikatan hidrogen yang dihasilkan dari gugus silinol (Si-OH), setelah itu, gugus silinol tersebut akan membentuk ikatan koagulasi dalam bentuk jejaring siloksan, dan silolksan tersebutlah yang akan menambah daya rekat antara pasir, *fly ash* dan semen yang menyebabkan kenaikan kuat tekan.]

Perubahan kandungan senyawa pada *fly ash* akan mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan, perubahan tersebut terlihat dari warna *fly ash* yang berubah-ubah pada setiap suhu pengaktifan, yaitu abu-abu pada suhu 400°C, abu kecoklatan pada suhu 500°C dan coklat muda pada suhu 600°C.

Warna tersebut mengindikasikan banyaknya kandungan MgO dan C_4AF (*Tetra Calsium Alumino Ferrite*, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$), semakin banyak C_4AF yang terbentuk, maka pembentukan C_3A menjadi semakin rendah dan ini akan mengakibatkan kuat tekan semen menjadi semakin rendah, sehingga pengaktifan *fly ash* pada 500°C dan 600°C akan menghasilkan kuat tekan beton yang lebih rendah dibandingkan dengan suhu pengaktifan 400°C.

5 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang lakukan, dapat disimpulkan ::

1. Temperatur pengaktifan *fly ash* dari limbah dari PT. Garuda Mas Semesta yang baik untuk pembuatan semen portland pozzolan adalah 400 °C
2. Kuat tekan beton yang paling tinggi pada penelitian ini adalah 260 kg/cm^2, yaitu beton yang berumur 28 hari dengan suhu pengaktifan *fly ash* pada 400°C.
3. Peningkatan suhu pengaktifan dari 400°C pada *fly ash*, akan menurunkan kuat tekan pada beton.

Daftar Pustaka

Dari hasil penelitian yang lakukan, dapat disimpulkan ::

1. Agustina, Rina & Rusly, Harri, Laporan Penelitian : "*Pemanfaatan Fly Ash dan Limbah Genteng Sebagai Bahan Pozzolan Dalam Pembuatan Beton*", Jurusan Teknik Kimia UNJANI, Cimahi, 2008.
2. Amir, AH, dkk, *Pengembangan pemanfaatan limbah Pertambangan Dan Industri Untuk Komponen*
3. Bangunan (Laporan Proyek), Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Bandung, 2002
4. Rizky, G dan Riaswati, Y. Laporan Kerja Praktek : PT. Semen Gresik (Persero) TBK Unit Tuban. Jurusan Teknik Kimia ITS, Surabaya, 2007.
5. Laboratorium Semen BBK, Petunjuk Praktikum Pengujian Fisika Semen. Balai Besar Keramik, Bandung, 2005.