

PENAMBAHAN LIMBAH ABU BATU BARA PADA BATAKO DITINJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN SERAPAN AIR

Endah Kanti Pangestuti

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, email: endahkp@gmail.com

Abstract : *The increase of compression strength of hollow block can be conducted with addition coal waste with ash fly. This research use mixture composition with comparison of materials compile hollow block which consist of pozolan portland cement, fly ash and sand. The comparison with composition fly ash equal to 0 is% (normal), 10%, 20%, 30%, 40%, 70% to cement weight. Sampel in the form of hollow block of the size 40 x cm 10 x cm 20 cm. Sampel in the form of batako of the size 40 x cm 10 x cm 20 cm. Experiment of various ratio of cement, sand and fly ash to make hollow block showed that substitution of cement with fly ash 10 to 30 percent increased hollow block strength to 4,5 to 19,8 percent, while at addition fly ash to exceed 30% strength hollow block down progressively. Addition fly ash at pozolan portland cement make hollow bock become more waterproof because absorption value irrigate batako become lower progressively. Absorption at hollow block with fly ash 0% is equal to 12,55%, at 10% equal to 12,45%, at 20% equal to 11,92%, at 30% equal to 11,48%, at 40% equal to 11,07%, at 70% equal to 8,81%*

Keyword : *hollow block, strength, absorption*

Abstrak : Peningkatan kuat tekan batako dapat dilakukan dengan penambahan limbah batu bara yang dikenal dengan abu terbang. Penelitian ini menggunakan komposisi campuran dengan perbandingan berat bahan susun batako yang terdiri dari semen portland pozolan, abu terbang dan pasir. Perbandingan tersebut adalah dengan komposisi abu terbang sebesar 0% (normal), 10%, 20%, 30%, 40%, 70% terhadap berat semen. Sampel berupa batako dengan ukuran 40 cm x 10 cm x 20 cm. Dari hasil percobaan dengan berbagai perbandingan antara semen, pasir dan abu batubara yang ditambahkan Dilihat dari kuat tekan penambahan abu batubara sebagai pengganti semen sebanyak 10 % sampai 30 % mampu meningkatkan kuat tekan produk batako 4,5 % dan 19,8 % dibanding tanpa penambahan abu batubara, sedangkan pada penambahan abu terbang melebihi 30% kuat tekan batako semakin menurun. Penambahan abu terbang pada bahan ikat semen portland pozolan membuat batako menjadi lebih kedap air karena nilai serapan air batako menjadi semakin lebih rendah. Serapan air pada batako dengan abu terbang 0% adalah sebesar 12,55%, pada persentase 10% sebesar 12,45%, pada persentase 20% sebesar 11,92%, pada persentase 30% sebesar 11,48%, pada persentase 40% sebesar 11,07%, pada persentase 70% sebesar 8,81%.

Kata kunci : batako, abu terbang, kuat tekan, serapan air.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki beberapa PLTU dengan bahan bakar batubara yang setiap tahunnya menghasilkan banyak sekali limbah abu terbang. Produksi abu terbang dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006 (www.majarikanayakan.com). Melihat begitu banyaknya limbah yang dihasilkan, maka masalah yang timbul adalah bagaimana memanfaatkan limbah tersebut agar tidak

mencemari lingkungan dan bila perlu limbah tersebut menjadi sesuatu yang bernilai ekonomis.

Di sisi lain, bahan bangunan yang dianjurkan untuk dipakai dalam pembangunan perumahan salah satunya adalah batako. Batako adalah komponen bahan bangunan yang digunakan untuk dinding dan dibuat secara sederhana dari campuran semen portland, pasir dan air dengan atau tanpa aditif. Karena kebutuhan batako semakin banyak sehingga bahan-bahan tersebut harus disediakan dalam jumlah besar dari alam maupun buatan. Maka

dari itu perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan bahan substitusi yang dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan batako. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan atau dimanfaatkan adalah limbah batu bara yang disebut juga abu terbang (*Fly Ash*).

Butiran abu terbang secara umum lebih halus dari butiran semen sehingga dapat menjadi bahan pengisi (*filler*) ruang kosong (rongga) diantara butiran-butiran semen di dalam batako yang dampaknya adalah mortar menjadi lebih padat karena pori-pori yang ada terisi oleh butiran abu terbang. Kepadatan batako selain akan mempengaruhi mutu kuat tekan dan serapan airnya, juga akan berpengaruh pada jumlah semen yang berkurang secara signifikan sehingga akan menurunkan biaya material.

Berdasarkan latar belakang di atas maka timbul permasalahan yang sangat menarik untuk diteliti yaitu mengetahui pengaruh penggunaan limbah batu bara berupa abu terbang terhadap kuat tekan batako dan pengaruhnya terhadap penyerapan air batako.

LANDASAN TEORI

Batako

Batako atau Bata Semen Berlubang adalah komponen bahan bangunan yang digunakan untuk dinding dan dibuat secara sederhana dari campuran sement portland, pasir dan air dengan atau tanpa aditif, menggunakan mesin cetak manual atau mesin cetak getar tekan. (Perumahan dan pemukiman, 2000: 100). Batako berlubang memiliki beberapa keunggulan dari batu bata, beratnya hanya 1/3 dari batu bata dengan jumlah yang sama dan dapat disusun empat kali lebih cepat lebih kuat untuk semua penggunaan

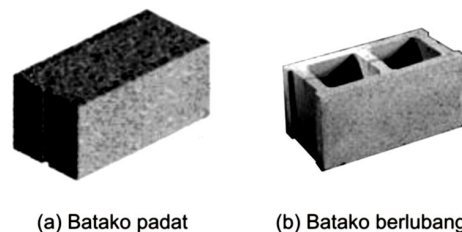
yang biasanya menggunakan batu bata. Disamping itu keunggulan lain batako berlubang adalah kedap panas dan suara. Hasil produksi batako sebelum dipasarkan harus menjalani pengujian mutu yang meliputi pengujian ukuran dan tampak luar; pengujian daya serap dan pengujian kuat tekan (<http://kibagus-homedesign.blogspot.com>) pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan Mutu

Mutu	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Penyerapan air maksimal (%)
I	65 - 90	25
II	35 - 65	35
III	20 - 35	-

Jenis Batako

Batako digolongkan ke dalam dua kelompok utama yaitu batako padat dan batako berlubang, seperti terlihat pada Gambar 1. Batako Padat Batako berlubang memiliki sifat penghantar panas yang lebih baik dari batako padat dengan menggunakan bahan dan ketebalan yang sama.



Gambar 1. Jenis batako

Semen

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis (dapat mengeras jika bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan (SK SNI S-04-1989, 1989: 1). Semen merupakan bahan pengikat yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam proses konstruksi beton. Silikat dan aluminat yang terkandung dalam semen portland jika bereaksi dengan air

akan menjadi perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut dengan hidrasi (Neville, 1977: 10).

Semen Portland Pozolan adalah semen Portland yang diberi tambahan atau bahan-bahan yang mengandung pozolan. Salah satu bahan yang mengandung pozolan adalah abu terbang. Pada proses selanjutnya, semen Portland pozolan kemudian berkembang menjadi semen pozolan kapur (SPK). SPK adalah suatu bahan hidrolis yang dibuat dengan menggiling halus abu terbang, semen Portland dan kapur padam.

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang adalah debu yang dihasilkan dari sisa pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batu bara (Sudjatmiko Nugroho, 2003). Sedangkan menurut Yatti S. Hidayat (1996) abu layang adalah bagian dari abu bakar yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku yang menggunakan bahan bakar batu bara. Abu terbang memiliki sifat pozolan dengan kandungan silikat dan aluminat yang tinggi sehingga dapat bereaksi dengan air dan kapur padam sehingga dapat berubah menjadi masa padat yang tidak larut dalam air (Tjokrodimuyo, 1996: 48).

Fungsi *fly ash* sebagai bahan aditif dalam batako bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas sebagai daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam batako, sehingga batako menjadi lebih kuat. Pada umur sampai dengan 7 hari, mekanisme fisik *fly ash* akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada

batako, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan batako merupakan akibat dari kombinasi antara hidrasi dan reaksi pozzolan.

Abu terbang sepertinya sangat baik untuk digunakan sebagai bahan ikat karena bahan penyusun utamanya adalah silikon dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3) dan ferrum oksida (Fe_2O_3). Oksida-oksida tersebut dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen ketika bereaksi dengan air. Clarence (1966): 24) menjelaskan dengan pemakaian abu terbang sebesar 20%-30% terhadap berat semen maka jumlah semen akan berkurang secara signifikan dan dapat menambah kuat tekan beton. Pengurangan jumlah semen akan menurunkan biaya material sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

Tabel 2. Komposisi kimia berbagai jenis abu terbang dan semen portland

No	Komposisi Kimia	Jenis Abu Terbang			Semen
		Jenis F	Jenis C	Jenis N	
1	SiO_2	51.90	50.90	58.20	22.60
2	Al_2O_3	25.80	15.70	18.40	4.30
3	Fe_2O_3	6.98	5.80	9.30	2.40
4	CaO	8.70	24.30	3.30	64.40
5	MgO	1.80	4.60	3.90	2.10
6	SO_2	0.60	3.30	1.10	2.30
7	Na_2O dan K_2O	0.60	1.30	1.10	0.60

(sumber : Ratmayana, 2003)

Dalam SK SNI S-15-1990-F spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambah untuk campuran beton disebutkan ada 3 jenis abu terbang, yaitu;

- Abu terbang jenis N, ialah abu terbang hasil kalsinasi dari pozolan alam, misalnya tanah diatomite, shale, tuft dan batu apung.
- Abu terbang jenis F, ialah abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit pada suhu kurang lebih 1560 C.
- Abu terbang jenis C, ialah abu terbang hasil pembakaran lignit/batu bara dengan kadar karbon sekitar 60%. Abu terbang jenis ini

mempunyai sifat seperti semen dengan kadar kapur diatas 10%.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penggunaan abu terbang untuk beton, abu terbang bersifat lambat dalam pencapaian kuat tekan optimal jika dibandingkan dengan beton yang hanya menggunakan bahan ikat semen portland. Laju kenaikan kuat tekan beton dengan bahan ikat abu terbang dan semen bersifat lambat karena abu terbang bersifat pozolan. Menurut Ratmayana (2003) reaksi abu terbang dengan air berjalan lambat sehingga kuat tekannya juga naik dengan lambat dan hal ini juga berakibat menurunnya panas hidrasi sampai 15 – 35% dari panas hidrasi semen. Lambatnya reaksi abu terbang menyebabkan laju kenaikan kuat tekan beton berjalan lambat.

Penelitian mengenai penggunaan abu terbang juga telah dilakukan oleh Yatti S. Hidayat (1993) tentang penelitian Mutu Beton Abu Terbang Pada Lingkungan yang Agresif (Pantai dan Laut) dengan variasi penambahan abu terbang 0%, 10%, 20%, 25%, 30%, dan 40% terhadap berat semen menunjukkan bahwa : Kuat tekan beton abu terbang pada umur muda (kurang dari 28 hari) lebih rendah dari pada kuat tekan beton normal, Untuk beton yang disimpan di laboratorium baik beton normal maupun beton abu terbang menunjukkan penambahan kekuatan tekan sampai dengan umur 3 tahun, dan setelah itu kekuatan konstan.

Sedangkan untuk beton yang disimpan ditepi pantai dan yang direndam dilaut kuat tekan pada umur 3 tahun lebih rendah dari pada yang sebelumnya. Hal ini kemungkinan disebabkan karena proses perusakan oleh

lingkungan (air laut dan pantai) lebih kuat dari pada daya tahan betonnya yang tidak diren-canakan dahulu untuk lingkungan yang agresif.

Bahan-bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan batako adalah semen merk Gresik kemasan 40 kg dengan menggunakan semen PPC (*Portland Pozolan Cement*), limbah batu bara atau abu terbang PLTU Tanjung Jati Kecamatan Bangsri Kabupaten Jepara, pasir Muntilan dan air.

Benda Uji

Dalam penelitian Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan penyerapan air dibuat dalam ukuran lebar, tinggi, panjang, 10 x 20 x 40 cm dengan tiga lubang ditengahnya, dipasaran banyak sekali dipakai ukuran itu, sehingga dalam penelitian ini menggunakan ukuran tersebut dengan tiap variable 6 buah benda uji (3 buah untuk pengujian tekan batako, 3 buah untuk uji resapan) dengan perbandingan semen dan pasir adalah 1PPC : 6 Pasir, dengan substitusi abu terbang 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 70%, dalam satuan berat. Untuk benda uji dengan 0% (tanpa abu terbang) digunakan sebagai benda uji kontrol.

Komposisi campuran Benda Uji di dalam penelitian ini adalah; untuk 0% komposisi bahan 1PPC : 0FS : 6PS, untuk 10% komposisi bahan 0,9PPC : 0,1FS : 6PS, untuk 20% komposisi bahan 0,8PPC : 0,2FS : 6PS, untuk 30% komposisi bahan 0,7PPC : 0,3FS : 6PS, 40% komposisi bahan 0,6PPC : 0,4FS : 6PS, dan untuk 70% komposisi bahan 0,3PPC : 0,7FS : 6PS

Pembuatan Benda Uji

Tahap pembuatan benda uji batako, meliputi perhitungan dan penimbangan berat masing-masing bahan, pengadukan bahan dan pengecoran pada cetakan. Langkah-langkah dalam pembuatan pasta batako adalah sebagai berikut:

- a. Bahan-bahan ditimbang, kemudian diaduk dalam keadaan kering hingga homogen dalam bak adukan. Langkah ini dilakukan agar pencampuran bahan-bahan tersebut bisa lebih mudah dan merata sehingga diharapkan mendapat hasil yang merata.
- b. Campuran batako dimasukkan ke dalam cetakan kubus, pengisian cetakan dilakukan sebanyak 2 lapis dan setiap lapis dipadatkan 32 kali dengan alat pemadat. Pencetakan kubus batako harus dimulai paling lama 2½ menit setelah pengadukan.
- c. Ratakan permukaan kubus batako dengan menggunakan sendok perata.
- d. Simpan cetakan batako tersebut di tempat yang lembab selama 24 jam.
- e. Setelah itu cetakan dibuka dan kubus-kubus tersebut dikumpulkan dan ditandai untuk masa perawatan benda uji.

Pengujian Batako

Uji Kuat Tekan Batako

Masing-masing benda uji diukur panjang, lebar, tingginya ditimbang beratnya. Benda uji diletakkan pada mesin uji tekan secara simetris. Jalankan mesin uji tekan dengan penambahan berat yang konstan. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur kemudian baca beban maksimum yang dapat ditahan benda uji dengan melihat jarum manometer.

Uji Serapan Air

Batako yang telah berumur 28 hari dimasukkan oven dengan suhu 110° C selama 24 jam setelah dioven, batako kemudian ditimbang beratnya. Kemudian batako direndam air selama 24 jam, batako diangkat dan dibiarkan kering udara kemudian ditimbang beratnya.

Tahap Analisis data

$$\text{Kuat tekan batako } (f_c') = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

f_c' = kuat tekan beton (kg/cm²),

A = luas permukaan benda uji (cm²)

P = beban maksimum tertahan (kg)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Abu Terbang (Fly Ash)

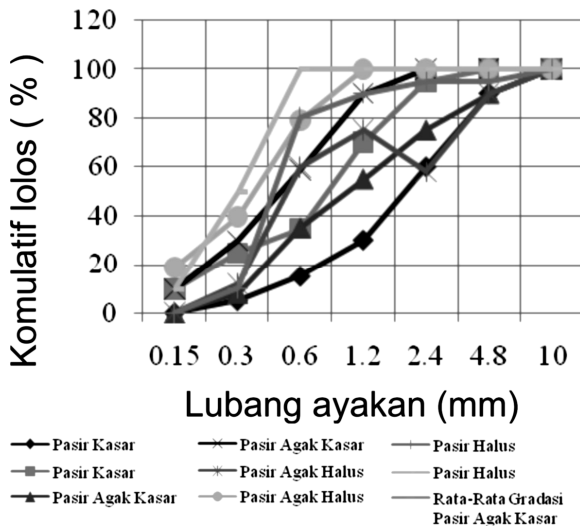
Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui keadaan sifat fisik dari bahan Abu terbang (Fly ash) yang digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis rata-rata 2,129. Berat jenis fly ash yang didapat lebih kecil dari berat jenis pasir, sehingga mengakibatkan berat volume campuran menjadi menurun.

Pasir

Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis rata-rata pasir dari kedua sample adalah 2,51 gr/cm³. Pasir muntlan termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya 2,5-2,7), sehingga dapat dipakai untuk beton normal dengan kuat tekan 15-40 MPa (Tjokrodinuljo 1996: 15). Berat jenis pasir ini digunakan dalam merencanakan adukan batako.

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir pasir didapatkan sebesar 2,9 (batas MHB pasir

yang diijinkan 1,5-3,8). Dalam peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, berdasarkan pembagian gradasi tersebut pemeriksaan pasir Muntilan dalam penelitian ini masuk dalam zona II (pasir agak kasar), untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik gradasi pasir

Kuat Tekan Batako

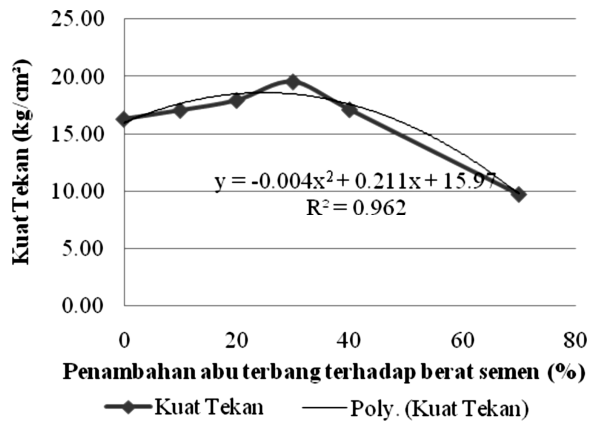
Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat batako berumur 28 hari, dengan 3 buah benda uji untuk setiap variasi campuran dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM).

Data yang diperoleh dari penelitian kuat tekan ditampilkan dalam bentuk grafik, untuk menyatakan hubungan antara persentase dengan kuat tekan batako campuran fly ash dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3.

Tabel 3. Kuat Tekan Batako dengan Penambahan abu Terbang

No	Persentase Abu Terbang Terhadap Berat Semen	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
1	0%	16.35
2	10%	17.10
3	20%	17.97
4	30%	19.59
5	40%	17.16
6	70%	9.80

Dapat dilihat pula bahwa kuat tekan batako akan semakin meningkat dengan bertambahnya kandungan fly ash dalam campuran. Untuk kuat tekan batako tertinggi sebesar 19,59 kg/cm² dan kuat tekan terendah sebesar 9,80 kg/cm².



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Persentase Abu Terbang Dengan Kuat Tekan

Dari gambar 3 hubungan antara persentase abu terbang dan kuat tekan batako, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : $y = -0.004x^2 + 0.211x + 15.97$ dengan $R^2 = 0.962$

Dari Gambar 3 terlihat bahwa kuat tekan batako mengalami kenaikan karena penambahan abu terbang pada persentase 10%, 20%, 30%, dan setelah itu mengalami penurunan kembali pada persentase 40% dan 70%. Hal ini sesuai pendapat Ratmayana Urip (2002) yang mensyaratkan penggunaan abu terbang sebagai bahan bangunan yang paling baik adalah 20% - 30%.

Abu terbang yang butirannya lebih halus dari semen dalam batako secara mekanik juga akan mempengaruhi kuat tekan batako karena akan mengisi pori-pori yang ada dalam batako sehingga menambah kedapatan dan memudahkan pengerjaan, hal ini sesuai dengan pendapat Sofwan Hadi (2000) yang menyatakan

bahwa abu terbang dapat menambah workability dan kualitas batako dalam hal kekuatan dan kedekatan air.

Tjokrodimulyo (1996) menyatakan bahwa kuat tekan batako dengan bahan abu terbang mengalami pengikatan yang lambat dan baru dapat mencapai kuat tekan optimal pada umur 90 hari. Pendapat lain juga dikeluarkan oleh Yatti S Hidayat (1993) yang menyatakan bahwa penambahan kekuatan batako terjadi sampai dengan umur 3 tahun, dan setelah itu kekuatannya konstan. Hal ini terjadi karena *Calsium Silicat Hidrat* (CSH) yang dihasilkan melalui reaksi Pozzolanik akan bertambah keras dan kuat seiring berjalannya waktu.

Serapan Air

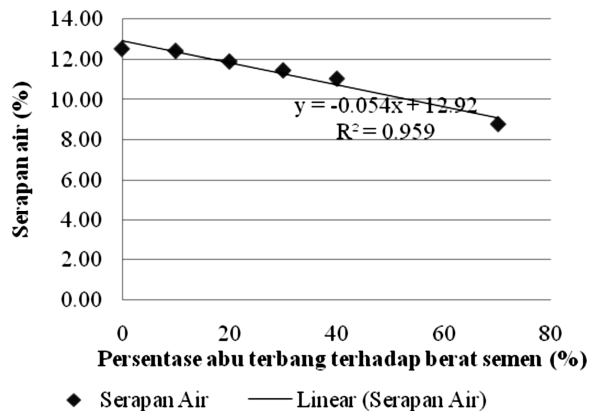
Pengujian daya serapan air batako dilakukan terhadap 3 benda uji pada setiap variasi campuran.

Tabel 4. Penurunan Serapan Air

No	Fly ash %	Serapan Air rata-2 (kg)	Penurunan Serapan air
1	0	12,55	0
2	10	12,45	0,8
3	20	11,92	5,0
4	30	11,48	8,5
5	40	10,64	15,2
6	70	8,81	29,8

Berdasarkan Tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah abu terbang yang digunakan maka serapan air yang terjadi pada batako semakin kecil. Batako yang menggunakan bahan ikat semen PPC dengan persentase 0% merupakan batako yang memiliki serapan air paling besar, sebesar 12,55%. Sedangkan batako yang menggunakan bahan tambah abu terbang menunjukkan penurunan serapan air yang berbanding terbalik. Semakin besar persentase abu

terbang yang digunakan, maka serapan airnya semakin kecil.



Gambar 4. Grafik Hubungan Serapan Air dengan Persentase Abu Terbang

Dari Gambar 4 di atas, semakin besar persentase abu terbang yang digunakan maka serapan air semakin berkurang. Serapan air optimal justru terjadi pada batako yang tidak menggunakan bahan tambah abu terbang. Semakin bertambah abu terbang dalam komposisi campuran, maka serapan air semakin berkurang. Hal ini sesuai dengan pendapat Sofwan Hadi (2000) yang menyatakan bahwa penggunaan abu terbang akan mengurangi serapan air pada beton atau mortar.

SIMPULAN

1. Mengenai karakteristik bahan penelitian yaitu pasir memiliki berat jenis rata-rata 2,51 kg/cm³, dan memiliki modulus halus butiran (MHB) sebesar 2,9. Sedangkan berat jenis fly ash sebesar 2,129.
2. Penambahan abu terbang dengan persentase tertentu dari berat semen ternyata dapat meningkatkan kuat tekan batako. Kuat tekan ini terjadi pada persentase 10% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 17,10 kg/cm² dan terjadi peningkatan pada persentase 20% dengan

kenaikan kuat tekan sebesar 17,97 kg/cm² serta terjadi peningkatan pada persentase 30% sebesar 19,59 kg/cm² setelah itu mengalami penurunan kuat tekan pada persentase 40% sebesar 17,16 kg/cm² dan penurunan pada persentase 70% sebesar 9.80 kg/cm². Sedangkan pada 0% kuat tekan rata-rata sebesar 16,35 kg/cm². Hasil analisis data dapat diperoleh persamaan: $y = -0,004x^2 + 0,211x$ dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,962$

3. Penambahan abu terbang pada bahan ikat semen PPC juga membuat batako menjadi lebih kedap air karena nilai serapan air batako menjadi semakin rendah. Serapan air pada batako dengan penambahan abu terbang 0% adalah sebesar 12,55%, pada 10% sebesar 12,45%, pada 20% sebesar 11,92%, pada 30% sebesar 11,48%, pada 40% sebesar 11,07%, dan pada 70% nilai serapan airnya sebesar 8,81%. Hasil analisis data dapat diperoleh persamaan: $y = -0,054x + 12,92$ dan koefisien korelasi $R^2 = 0,959$.

Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa abu terbang sebagai bahan pengikat alternatif juga menjadi bahan pengisi (*filler*). Sebagai bahan pengikat, keberadaan abu terbang dapat meningkatkan kuat tekan batako sedangkan sebagai bahan pengisi abu terbang dapat mengurangi serapan air pada batako.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBB1982)*. Bandung

Anonim. 1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan A (Bahan Bangunan Bukan Logam) (SK SNI S-04-1989-F)*. Bandung: Yayasan Penyelidikan masalah Bangunan

Departemen ESDM dan Badan Litbang ESDM Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara. 2005.

Departemen Pekerjaan Umum. 1985. *Standar Nasional Indonesia*. SK SNI S-04-1989-F. Bandung

Departemen Pindidikan dan Kebudayaan. 1997. *Ilmu Bahan Bangunan*. Jakarta

Hidayat, S. Y. 1986. *Penelitian Pendahuluan Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Campuran Beton di Indonesia*. Jakarta: Jurnal Litbang Vol. III No. 4-5 April dan Mei 1986

Kardiyono Tjokrodimulyo. 1986. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Nafiri

PT. Semen Gresik Indonesia. 2005. *Produk PT Semen Gresik: Semen Portland Pozolan (PPC)*. <http://www.semengresik.com/Indonesia/product/index.php?act=ppc>

PT. Semen Padang. 2005. *Produk PT Semen Padang: Semen Portland Pozolan (PPC)*. <http://www.semenpadang.com/Indonesia/product/index.php?act=ppc>

Ratmayana Urip.2003. *Teknologi Semen dan Beton: Fly Ash, Mengapa Seharusnya Dipakai pada Beton*. Gresik: PT. Semen Gresik Indonesia dan PT. Varia Usaha Beton

Sofwan Hadi. 2000. *Pengaruh Ukuran Butiran dan Komposisi Abu Terbang PLTU.Surabaya Sebagai Pengisi Dan Pozolan*.

Sudjatmiko Nugroho. 2003. *Penggunaan Abu Terbang Sebagai Campuran Beton*

www.majarikanayakan.com