

MODEL KUAT TEKAN PROPORSI ABU TERBANG DAN SEMEN UNTUK BAHAN DASAR BATU CETAK

Moch. Husni Dermawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

Abstract Fly ash hasn't been used maximally and it can polute environment if it is not well treated. Because of it's pozolamic characteristic, fly ash can be used as a filler and a banding agent for bricks. Object of his research is bricks from fly ash and cement. Bricks sample has dimension 7 cm x 7cm x 7 cm with 10% - 90% fly ash composition, sampling methods with compression test in each laboratory composition of 5 samples material. Average of sampling in each concentrate used for data analysis. Research result shows compression test for concentrate 10% AT + 90% PC = 409,05 kg/cm²; 20% AT + 80% PC = 304,94 kg/cm²; 30% AT + 70% PC = 243,99 kg/cm²; 40% AT + 60% PC = 104,62 kg/cm²; 50 AT + 50% PC = 84,23 kg/cm²; 60% AT + 40% PC = 73,5 kg/cm², 70% At + 30% PC = 34,68 kg/cm²; 80% At + 20% PC = 24,46 kg/cm²; 90% At + 10% PC = 18,48 kg/cm². Conclusion for the result of compression strength test above average for floor (> 200 kg/cm²), and for as compression 40% - 80% has compression value above average for wall (> 25 kg/cm²).

Keywords: compression strength, fly ash, bricks.

Abstrak: Abu terbang (*fly ash*) belum dimanfaatkan secara maksimal dan dapat mencemari lingkungan bila tidak ditangani dengan baik. Karena memiliki sifat pozolamik, maka abu terbang (*fly ash*) dapat dimanfaatkan sebagai bahan mengisi sekaligus bahan pengikat untuk bahan bangunan seperti pembuatan batu celak. Sebagai obyek dalam penelitian ini adalah batu cetak dari abu terbang dan semen. Sampel benda uji batu cetak dengan ukuran 7 cm x 7 cm x 7 cm dengan komposisi 10% - 90% abu terbang, cara pengambilan data dengan uji tekan di laboratorium masing-masing komposisi 5 buah benda uji. Analisis data dengan rata-rata benda uji masing-masing konsentrasi. Hasil penelitian menyatakan hasil uji tekan konsentrasi 10% AT + 90% PC = 409,05 kg/cm²; 20% AT + 80% PC = 304,94 kg/cm²; 30% AT + 70% PC = 243,99 kg/cm²; 40% AT + 60% PC = 104,62 kg/cm²; 50 AT + 50% PC = 84,23 kg/cm²; 60% AT + 40% PC = 73,5 kg/cm², 70% At + 30% PC = 34,68 kg/cm²; 80% At + 20% PC = 24,46 kg/cm²; 90% At + 10% PC = 18,48 kg/cm². Kesimpulan hasil uji kuat tekan diatas rata-rata unluK lantai (> 200 kg/cm²) dan komposisi 40% - 80% AT mempunyai kuat tekan rata-rata untuk dinding (> 25 kg/cm²).

Kata kunci : Kuat tekan, abu tebang, batu cetak.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan kegiatan pembangunan di bidang konstruksi yang setiap tahun terus meningkat, maka kebutuhan akan bahan bangunanpun terus meningkat pula. Salah satu diantaranya yaitu penggunaan batu cetak. Batu cetak merupakan batu buatan yang sudah dikenal di masyarakat serta banyak digunakan untuk keperluan bangunan. Batu cetak umumnya terbuat dari bahan campuran semen portland, agregat halus dengan atau tanpa

bahan tambahan lain yang dicetak pada suatu tekanan tertentu sehingga menjadi batu cetak buatan yang keras.

Dewasa ini, mengingat bentuk dan desain batu cetak yang dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan, maka kegunaan batu cetak pun cukup luas, seperti untuk keperluan bahan perkerasan permukaan jalan, bahan perkerasan halaman perumahan, area parkir, dinding dan sebagainya. Ditinjau dari aspek kepraktisan serta aspek ekonomisnya, batu cetak mudah

dipasang dan mudah dibongkar kembali tanpa memerlukan perawatan yang berat.

Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar akan diiringi dengan timbulnya produk limbah hasil pembakaran jumlahnya yang cukup besar. Dari pembakaran batubara akan menghasilkan abu batubara (*coal ash*) dimana lebih dari 80% diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*). Sedangkan sisanya merupakan jenis abu dasar (*bottom ash*). Abu terbang (*fly ash*) sebagai limbah dari batubara, akan lebih merepotkan dalam penanganannya. Karena merupakan bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap. Apabila jumlahnya cukup banyak dan tidak ditangani dengan serius maka abu terbang (*fly ash*) dapat mengotori lingkungan. Tetapi apabila abu terbang (*fly ash*) tersebut dimanfaatkan untuk beberapa tujuan, maka nilai ekonomisnya akan berlambah dan masalah lingkungan dapat teratasi.

Abu terbang memiliki sifat pozolamik dan mempunyai kehalusan yang sama dengan semen, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi sekaligus bahan pengikat untuk bahan bangunan seperti pembuatan beton. Sampai sekarang abu terbang belum dimanfaatkan secara maksimal yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan bila tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu pemanfaatan abu terbang sangat perlu untuk menangani pencemaran lingkungan. Dengan adanya bahan alternatif pembuatan batu cetak, maka perlu diadakan penelitian mengenai kuat tekan batu cetak menggunakan campuran abu terbang dan semen. Batu cetak ini diperkirakan lebih ringan dari batu cetakan pada umumnya karena tidak adanya pasir, serta mempunyai permukaan

lebih halus karena diameter abu terbang lebih kecil daripada diameter pasir.

Dari latar belakang seperti yang telah diuraikan diatas, maka timbullah suatu pemikiran untuk melakukan penelitian tentang sifat mekanis batu cetak dengan abu terbang dan semen untuk bahannya. Dalam penelitian ini masalah yang diteliti adalah : “bagaimana model kuat tekan campuran abu terbang dan semen tanpa menggunakan pasir pada konsentrasi 10% sampai dengan 90% pada kelipatan 10% untuk batu cetak?.

Memperhatikan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui pemanfaatan abu terbang dalam pembuatan batu cetak tanpa pasir.
2. Untuk mengetahui perubahan model kekuatan batu cetak setelah penambahan abu terbang.
3. Untuk mengetahui komposisi yang tepat antara abu terbang dan semen portland dalam pembuatan batu cetak.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan bagi lembaga Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Tata Ruang dan Permukiman dalam upaya pengembangan bahan bangunan berbahan dasar abu terbang untuk pembuatan batu cetak.

TINJAUAN PUSTAKA

Bahan Baku Batu Cetak Tanpa Pasir

Kualitas batu cetak ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan cara perawatannya. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dilakukan dengan baik dan perawatannya juga dilakukan

dengan baik, maka akan dihasilkan produk yang bermutu bagus.

Adapun penejelasan bahan-bahan penyusun batu cetak tanpa pasir adalah sebagai berikut:

Semen Portland (PC)

Menurut (SII 0013-7:1), Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mengiling halus klinker, yang terutama dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu.

Dalam pembuatan batu cetak, semen portland merupakan bahan utama berlungsi sebagai bahan pengikat yang menjadikan batu cetak cepat mengeras.

Bahan dasar dari semen adalah campuran antara batu kapur dan tanah liat yang perbandingannya selalu diteliti, dinalisa terlebih dahulu dan kemudian baru dicampurkan menjadi satu dalam suatu perbandingan tertentu, sehingga hasilnya memenuhi syarat sebagaimana yang dikehendaki.

Penambahan air pada mineral ini akan menghasilkan suatu pasta yang mempunyai kekuatan seperti batu bila telah mengering (Beton Bertulang, 990: 9). Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekakuan yang cukup untuk memikul suatu beban yang diberikan, setelah itu ia akan berproses terus dalam jangka waktu yang lama hingga mengeras, yaitu untuk mendapatkan kekakuan yang lebih besar.

Abu Terbang

Abu terbang merupakan bagian terbesar dari abu yang dihasilkan dari pembakaran batu

bara. Abu tersebut diambil secara mekanik dengan sistem pengendapan elektrostatik Abu terbang memiliki ukuran butir yang halus dan memiliki warna yang lebih terang (keabu-abuan). Butiran abu terbang bervariasi dalam ukuran dan struktur yang dimilikinya. Secara umum ukuran butir abu terbang berkisar antara 0,1 sampai 200 pm (mikron). Sedangkan dari struktur hasil analisa *Scanning Elektron Microscope* (SEM). Butiran abu terbang terbagi dalam lima bagian :

1. Butiran besar dengan bentuk tak beraturan. Butiran ini banyak terdapat pada fraksi lebih besar dari 74 pm,
2. Butiran bundar yang berlobang, yang sering disebut *cenospheres*. Butiran ini terdapat pada fraksi 20-74 pm dan berat jenisnya kurang dari 1 g/cm³,
3. Butiran bundar yang tak berlubang (solid). Terdapat pada fraksi 10 pm atau lebih kecil,
4. Butiran bundar berlubang dengan sejumlah butiran solid (5-100) yang terperangkap didalamnya. Butiran yang terperangkap tersebut sering dinamakan *plerospheres*,
5. Aglomerat dari butiran-butiran kecil (10 pm) yang membentuk butiran besar yang tak beraturan. Banyak terdapat pada fraksi lebih besar dari 74 pm.

Limbah batu bara mempunyai unsur-unsur yang sama dengan semen sehingga limbah batu bara dimungkinkan dapat digunakan sebagai bahan hidrolik. Tabel 1. menampilkan hasil analisis kimia abu terbang batu bara yang didapat dari berbagai tambang di Indonesia.

Tabel 1. Komposiasisi Abu Terbang Indonesia

Komposisi kimia	Asal Batu Bara
-----------------	----------------

	Air lava	Prima Coal	Satin	Pinang Coal	Tanito	Bereau	Multi Brand	Adaro Wara	PLTU Suralaya
Silika (SiO ₂)	59.4	52.0	51.0	41.1	35.5	32.8	30.7	28.0	56.3
Aluminium (Al ₂ O ₃)	24.7	25.0	36.6	22.0	25.0	21.4	24.9	12.0	29.36
Besi(Fe ₂ O ₃)	4.6	12.6	4.2	5.01	5.5	20.0	12.3	18.0	4.12
Calcium (CaO)	3.1	2.2	1.7	8.8	10.0	8.5	11.5	16.0	3.61
Magnesium (MgO)	1.7	2.2	0.4	3.0	6.0	3.1	2.7	12.0	2.14
Sodium (Na ₂ O)	2.5	1.0	0.3	1.5	1.0	0.9	0.8	0.8	0.2
Potassium (K ₂ O)	0.5	1.8	0.3	0.9	1.6	0.8	0.9	0.5	N.A
Titanium (TiO)	0.8	1.0	3.1	0.6	1.6	0.8	0.8	0.3	N.A
Phospor (P ₂ O ₅)	0.4	0.5	.1	0.5	0.8	0.7	1.0	0.2	N.A
Sulfida (SO ₃)	N.A	1.6	1.5	6.6	8.0	9.0	8.4	12	0.0
Mangan (Mn ₃ O)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

Menurut standar ASTM C 18-91 abu terbang hasil pembakaran batu bara digolongkan atas jenis batu bara yang digunakan untuk pembakaran tersebut. Ada dua jenis abu terbang, yaitu :

1. Kelas F : abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit atau bituminous.

2. Kelas C : abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignit atau sub bituminous

Susunan kimia dan sifat fisik abu terbang menurut ASTM C 18 - 91 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Susunan kimia dan sifat fisik Abu Terbang

Uraian	Kelas F	Kelas C
A. Susunan kimia		
1. Silika dioksida + aluminium oksida + besi oksida, min %	70.0	50.0
2. Sulfur trioksida, maks %	5.0	5.0
3. Kadar air, maks %	3.0	3.0
4. Hilang pijar, maks %	6.0	6.0
5. Na ₂ O, maks%	1.5	1.5
B. Sifat fisik		
1. Kehalusan sisa diatas ayakan 45 pm, maks %	34.0	34.0
2. Indeks keaktifan pozolan dengan PC 1, pada umur 28 hari, min % pembandingan	75.0	75.0
3. Air, maks % pembandingan	105.0	105.0
4. Pengembangan dengan Auto-clave, maks %	0.8	0.8

Pengaruh abu terbang apabila ditinjau dari ukurannya, karena sifatnya yang unik dari abu terbang bentuk butir dan kehalusannya, penggunaan abu terbang dapat mempermudah pengerjaan batu cetak. Dimana adukan batu cetak yang dihasilkan akan lebih padat sehingga lebih kedap air,

Abu terbang mempunyai sifat pozolan yang baik, sehingga dapat merendahkan panas hidrasi dari semen sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya retak-retak pada batu cetak akibat penyusutan. Dimana aktifitas

pozolan sangat dipengaruhi oleh besarnya butiran, makin halus butiran abu terbang makin tinggi aktifitasnya,

Abu terbang mempunyai reaksi pozolan yang lebih lambat dari pada pozolan alami, dimana penggunaannya tidak menambah kekuatan sebelum umur 10 -14 hari tetapi akan lebih nyata setelah umur lebih lama,

Air

Air untuk batu cetak berperan sebagai pembantu proses pengikatan serta pengerasan semen. Proses ini akan berlangsung dengan

baik bila air yang digunakan adalah air murni dengan pengertian tidak mengandung bahan-bahan yang dapat mengganggu proses diatas.

Seperti halnya pada beton, pada pembuatan batu cetak, air berlungsi sebagai media untuk mengadakan reaksi antara semen dan abu terbang selama proses pengikatan dan pengerasan berlangsung.

Pada dasarnya tidak semua air alami dikatakan air murni, selama air itu mengandung unsur-unsur yang terlarut. Air hujan contohnya, mempunyai tingkat kemurnian relatif karena kemungkinan pada saat jatuh, air hujan terkontaminasi kotoran-kotoran dari udara, demikian pula dengan air yang berada dipermukaan bumi ini tergantung pada kondisi tanah atau batuan yang kemungkinan besar mengandung bahan-bahan terlarut seperti endapan padat, gas yang terlarut, garam dan zat-zat organik lain yang mudah larut.

Secara umum air yang dapat diminum, baik air yang telah diolah perusahaan air minum maupun yang tanpa diolah dapat dipakai untuk pembuatan batu cetak. Apabila dipergunakan air yang lain, maka harus memenuhi syarat-syarat menurut standar yang berlaku. Pada penelitian ini digunakan air dari sumur artesis yang ada di Fakultas Teknik UNNES.

Kuat Tekan

Yang dimaksud dengan kuat tekan adalah kekuatan yang diperoleh dari hasil bagi antara beban tekan dengan luas bidang tekan. Disini peneliti menggunakan benda uji dengan ukuran 7cm x 7 cm x 7 cm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan batu cetak yang diteliti, apakah batu cetak tanpa pasir yang disubstitusi dengan abu terbang pada percobaan ini memenuhi standar

kekuatan yang diijinkan SNI No. 04-1989-F. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compressing Test Machine*), pada umur 28 hari.

Untuk menganalisa data kuat tekan yang diperoleh dari beban yang bekerja pada mesin tekan, maka digunakan rumus :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{ kg/cm}^2$$

Dimana:

P = beban yang diberikan oleh mesin tekan (Kg)

A = Luas penampang yang menerima beban (cm²)

METODE PENELITIAN

Bahan dan Benda Uji Penelitian

Bahan yang digunakan serta benda uji yang dibuat pada penelitian ini adalah :

1. Air

Air yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari instalasi air bersih laboratorium jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

2. Semen

Penelitian ini menggunakan semen portland jenis I, dari produksi semen Nusantara dalam kemasan berbentuk kantong dengan berat 40 kg.

3. Abu terbang

Abu terbang yang dipakai adalah hasil limbah pembakaran batu bara dari industri ban PT. Mega Rubber Factory Semarang, Unit Produksi Salatiga.dengan ketentuan lolos ayakan No. 170

4. Benda uji

Untuk menguji kuat tekan batu cetak tanpa agregat pada campuran semen dan abu

terbang, dibuat benda uji dengan cetakan kubus ukuran 7cm X 7cm X 7cm.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Ayakan
Ayakan dengan lubang No. 100, No. 150, No. 170 yang dilengkapi dengan tutup dan pan, digunakan untuk mengambil gradasi abu terbang. Alat ini dilengkapi dengan alat penggetar pada saat pengayakan.
2. Timbangan
Untuk menimbang bahan susun pembuatan adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang dengan ketelitian 0,01 gr.
3. Gelas tabung/gelas ukur
Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur dengan abu terbang.
4. Pipet
Pipet digunakan untuk membantu ketelitian ukuran air dalam gelas tabling yang akan dipakai.
5. Cawan besar
Cawan besar digunakan untuk tempat adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang.
6. Scrap
Scrap digunakan untuk memasukkan/meratakan adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang kedalam cetakan.
7. Alat tekan/tumbuk
Alat tumbuk digunakan untuk menumbuk adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang kedalam cetakan.

8. Jangka sorong/kliper
Jangka sorong/kliper digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.
9. Karung goni
Karung goni yang dibasahi air, digunakan dalam proses perawatan adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang
10. Mesin tekan
Mesin tekan digunakan untuk mengetahui kuat batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang
11. Cetakan batu cetak
Cetakan batu cetak yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 7cm x 7cm x 7cm, untuk mencetak adukan batu cetak menjadi benda uji yang diteliti.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap seperti berikut ini.

1. Tahap Pemeriksaan Bahan
Pemeriksaan bahan meliputi semua bahan penyusun batu cetak tanpa agregat yang dilakukan adalah pemeriksaan kadar abu terbang. Langkah-langkah pemeriksaan kadar abu terbang adalah sebagai berikut:
 - a. Penetapan kadar SiO_2
 - b. Penetapan berat jenis
2. Tahap Pembuatan Benda Uji
Pada prinsipnya proses pembuatan benda uji (adukan batu cetak tanpa agregat yang dicampur abu terbang) sama dengan pembuatan batu cetak pada umumnya, bahan-bahan dicampur kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan. Sebelum abu terbang dicampur dengan semen pada adukan batu cetak

tanpa pasir diayak terlebih dahulu dengan ketentuan lolos saringan no.170.

a. Pencampuran Bahan Baku

Proses pencampuran bahan baku dilakukan dengan alat pengaduk secara manual dengan alat pengaduk cetok dan cawan besar. Pada proses pencampuran bahan baku, banyaknya air yang digunakan dalam pencampuran perlu perhatian khusus, karena volume air yang digunakan sangat mempengaruhi proses pengerjaan pencetakan benda uji.

b. Pencetakan/pemadatan

Pada umumnya pencetakan paving block dapat dilakukan dengan cara mekanik, semi mekanik atau secara manual dengan cetak tangan. Pada penelitian ini, pencetakan dilakukan secara manual.

c. Pemeliharaan /perawatan

Agar diperoleh kekuatan bahan cetakan yang baik, perlu dijaga agar tidak terjadi penguapan kadar air yang secara berlebihan pada hari-hari awal setelah dilakukan pencetakan. Untuk menjaga agar tidak terjadi penguapan yang berlebihan perlu dilakukan tindakan perawatan. Perawatan awal dilakukan dengan cara menyimpan benda uji pada tempat yang terlindung atau diangin-anginkan selama 24 jam setelah selesai pencetakan. Pemeliharaan lanjutan dilakukan dengan merendam atau menyiram benda uji secara periodik selama 7 hari dengan cara menutup dengan karung goni lembab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan bahan

Hasil pemeriksaan air secara visual terlihat bahwa air yang digunakan sebagai campuran besar dari laboratorium BPIK derias kintaru Semarang dengan kondisi tidak berwarna dan tidak berbau.

Hasil pemeriksaan semen secara visual terlihat semen yang digunakan dalam keadaan baik butirannya halus, tidak terdapat gumpalan-gumpalan, kemasan tidak rusak dan terlihat masih baru.

Abu terbang diperoleh dari hasil pembakaran batubara dalam proses produksi industri ban PT Mega Rubber Factory Semarang. Abu terbang ini merupakan hasil pembakaran batubara subbituminous produksi PT Adora Kalimantan dengan temperatur zona pembakaran antara 250° - 300°C. Pengujian karakteristik abu terbang dilakukan di laboratorium pengujian BPPI Semarang (Junaderi, 2001) sebagai berikut

Tabel 3. Kandungan Oksida Abu Terbang

Susunan Kimia	Berat (%)
SiO ₂	63,01
Al ₂ O ₃	9,27
Fe ₂ O ₃	6,31
CaO	5,19
MgO	0,05
Hilang pijar	15,35
Berat jenis	0,88

Berdasarkan susunan bahan kimia tersebut menunjukkan bahwa abu terbang sisa pembakaran di PT Mega Rubber Factory yang paling besar adalah SiO₂ dan Al₂O₃. Jumlah komponen (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) sudah memenuhi syarat mutu puzolan menurut ASTM 618-96 sebagai mineral, admixture (Anonim, 1995), yaitu lebih dari 10%. Hal ini menunjukkan bahwa abu terbang PT Mega Rubber Factory mengandung C yang cukup besar. Akibat kadar C tinggi akan mengurangi reaktivitas abu dan selanjutnya akan mengurangi kuat tekan.

Jika dibandingkan dengan unsur unsur yang ada pada semen maka terdapat selisih dalam kadarnya, lebih jelasnya dapat dilihat dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4. Perbandingan limbah batubara dan semen

Susunan Kimia	Limbah Batubara (%)	Semen (%)	Selisih
SiO ₂	63,01	20 - 26	37,01
Al ₂ O ₃	9,27	5 - 9	0,27
Fe ₂ O ₃	6,31	1 - 5	1,31
CaO	5,19	58 - 65	-
MgO	0,05	1 - 4	-
Hilang pijar	15,35	0,5 - 4	1,35
Berat jenis	0,88		

Dari hasil pengujian abu terbang hasil limbah pembakaran batubara produksi ban PT Mega Rubber Factory Semarang mempunyai kemungkinan untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pengembangan batu cetak karena SiO₂ dalam kadar tinggi yaitu 63,01% dan alumina Al₂O₃ dalam kadar rendah yaitu 9,27% sehingga menghasilkan ikatan lambat dengan kekuatan tinggi.

Tabel 5. Benda uji batu cetak umur 28 hari

Abu terbang: Semen	Abu terbang (gr)	Semen (gr)	Air (%)	Berat Benda Uji (gr)				
				I	II	III	IV	V
10% AT : 90% PC	179	1610	499	696	701	702	698	697
20% AT : 80% PC	358	1431	514	652	664	662	658	661
30% AT : 70% PC	536	1252	518	631	635	637	639	640
40% AT : 60% PC	715	1073	529	522	529	535	538	528
50% AT : 50% PC	894	894	538	509	511	514	508	507
60% AT : 40% PC	1073	715	697	450	459	449	455	456
70% AT : 30% PC	1252	536	936	412	421	418	417	422
80% AT : 20% PC	1431	358	1177	398	395	399	401	402
90% AT : 10% PC	1610	179	1416	372	368	375	372	370

Tabel 4 menunjukkan besarnya berat benda uji setelah umur 28 hari. Pada perbandingan 10% A T : 90% PC mempunyai berat benda uji paling besar dibandingkan dengan adukan pada perbandingan lainnya, hal ini disebabkan karena abu terbang memiliki berat jenis lebih kecil daripada berat jenis

Hasil reaksi kalsium silikat hidrat dengan bertambahnya waktu reaksi secara berangsur-angsur membentuk padatan yang terus bertambah kekerasannya sampai waktu tertentu.

Besi oksida (Fe₂O₃) yang memberi warna abu-abu dalam kadar rendah yaitu 6,31% dimana besi oksida mempunyai peran seperti alumina, sedang magnesium (MgO) mempunyai kadar rendah yaitu 0,05% kurang dari 4%.

Bahan susun batu cetak tanpa pasir yang dicampur dengan abu terbang meliputi semen jenis Semen Portland (SP) jenis 1 merek Nusantara dalam kemasan berbentuk kantong berat 40 kg, abu terbang yang diambil dari hasil pembakaran batubara industri ban PT Mega Rubber Factory. Air yang digunakan diambil dari laboratorium bahan Fakultas Teknik UNNES.

Hasil adukan batu cetak tanpa pasir setelah 28 hari dimulai dari prosentase pemakaian abu terbang terbanyak sebagai berikut:

SEMEN PORTLAND disamping memiliki ukuran butir yang halus, berkisar antara 0,1 sampai 200 μ (mikron).

Pengujian batu cetak dilakukan setelah umur 28 hari, besarnya nilai kuat tekan dan berat benda uji batu cetak secara lengkap disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan batu cetak

No	Kode	Berat (gr)	Kuat Tekan (kg)	T (kg/cm ²)	Rata (kg/cm ²)
1.	At1	696	19730	402.74	
2.	At2	701	20110	410.49	
3.	At3	702	20220	407.02	409.05
4.	At4	698	19840	416.72	
5.	At5	697	19720	408.28	
6.	Bt1	652	14950	314.00	
7.	Bt2	664	15240	306.64	
8.	Bt3	662	15110	308.37	309.94
9.	Bt4	658	14880	303.74	
10.	Bt5	661	15090	316.95	
11.	Ct1	631	11600	233.40	
12.	Ct2	635	11980	251.63	
13.	Ct3	637	12020	248.86	243.99
14.	Ct4	639	11540	235.56	
15.	Ct5	640	12100	250.52	
16.	Dt1	522	5220	109.64	
17.	Dt2	529	4920	101.86	
18.	Dt3	535	5130	106.21	104.62
19.	Dt4	538	5040	104.35	
20.	Dt5	538	4880	101.04	
21.	Et1	509	3890	82.91	
22.	Et2	511	4020	85.68	
23.	Et3	514	3970	82.19	84.22
24.	Et4	508	3990	86.24	
25.	Et5	507	4060	84.06	
26.	Ft1	450	3380	70.99	
27.	Ft2	459	3570	73.91	
28.	Ft3	449	3460	71.64	73.15
29.	Ft4	455	3510	74.81	
30.	Ft5	456	3490	74.38	
31.	Gt1	412	1750	35.21	
32.	Gt2	421	1690	35.50	
33.	Gt3	418	1770	36.65	34.68
34.	Gt4	417	1580	33.19	
35.	Gt5	422	1610	32.86	
36.	Ht1	398	1120	23.52	
37.	Ht2	395	1190	25.36	
38.	Ht3	399	1220	25.63	24.46
39.	Ht4	401	1100	22.13	
40.	Ht5	402	1240	25.67	
41.	It1	372	920	18.51	
42.	It2	368	900	19.18	
43.	It3	375	850	17.10	18.48
44.	It4	372	860	17.81	
45.	It5	370	930	19.82	

Pembahasan

Syarat air yang digunakan untuk pembuatan dan perawatan batu cetak sama dengan air yang digunakan untuk pembuatan dan perawatan beton, yaitu tidak boleh berwarna, tidak boleh berbau atau mengandung bahan lain yang merusak beton/batu cetak.

Penelitian ini memakai air tawar yang memenuhi syarat sebagai air minum, tak berwarna dan tak mengandung bahan lain yang merusak beton/batu cetak. Air yang diambil dari jaringan air bersih laboratorium bahan Jurusan Teknik Sipil FT UNNES

Semen yang digunakan diperiksa secara visual butiran dan kemasannya. Pemeriksaan secara visual menunjukkan bahwa semen portland dalam kemasan kantong 40 kg dalam keadaan utuh dan butiran semen halus tidak menggumpal sesuai dengan ketentuan semen sebagai bahan adukan batu cetak

Abu terbang diambil dari hasil pembakaran batubara dalam proses produksi industri ban PT Mega Rubber Factory Semarang. Setelah diteliti di laboratorium, abu terbang ini mempunyai kandungan silika (SiO₂) dalam kadar tinggi yaitu 63,01% dan alumina (Al₂O₃) dalam kadar rendah yaitu 9,27%, hal ini akan menghasilkan ikatan lambat dengan kekuatan tinggi.

Kandungan besi oksida (Fe₂O₃) yang memberi warna abu-abu dalam kadar rendah yaitu 6,31% dan kandungan magnesium (MgO) mempunyai kadar rendah yaitu 0,05% kurang dari 4%. Kandungan silika abu terbang dari PT Mega Rubber Factory dapat dipakai untuk pembuatan batu cetak. Dari beberapa penelitian menunjukkan semakin bertambah umur campuran kekuatannya semakin tinggi dan semakin bertambahnya komposisi abu terbang

pada campuran mengakibatkan kuat tekan semakin menurun.

Berdasarkan penelitian, kadar SiO_2 pada abu terbang sebesar 53,60%, artinya abu terbang dari sisa pembakaran di PT Mega Rubber mempunyai kuat tekan yang besar.

Pengujian tekan batu cetak dilakukan setelah umur 28 hari dengan besarnya nilai kuat tekan rata-rata dari yang tinggi sampai yang rendah dari komposisi campuran yang berbeda-beda.

Pada perbandingan abu terbang 10% abu terbang + 90% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 409,05 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada mutu I, sehingga batu cetak ini dapat digunakan untuk lantai. Maka batu cetak dari abu terbang pada perbandingan 10% abu terbang + 90% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 400 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 20% abu terbang + 80% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 309,94 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada mutu II, sehingga batu cetak ini dapat digunakan untuk lantai. Maka batu cetak dari abu terbang pada perbandingan 20% abu terbang + 80% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 300 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 30% + 70% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 243,99 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada mutu III, sehingga batu cetak ini dapat digunakan untuk lantai. Maka batu cetak dari abu terbang pada perbandingan 30% abu terbang + 70% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 200 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 40% abu terbang + 60% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 104,62 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada mutu kelas 1 yang disyaratkan untuk pasangan dinding. Maka batu cetak abu terbang pada perbandingan 40% AT + 60% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 70 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 50% abu terbang + 50% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 84,23 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan yang didapat bisa dipakai untuk pasangan dinding. Maka batu cetak abu terbang pada perbandingan 50% abu terbang + 50% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 70 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 60% AT + 40% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 73,15 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada mutu kelas I yang disyaratkan untuk pasangan dinding mutu kelas I. Maka batu cetak abu terbang pada perbandingan 60% abu terbang + 40% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 70 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 70% abu terbang + 30% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 34,68 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada mutu kelas 11 yang disyaratkan untuk pasangan dinding. Maka batu cetak abu terbang pada perbandingan 70% abu terbang + 30% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 40 kg/cm^2 .

Pada perbandingan abu terbang 80% abu terbang + 20% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 24,46 kg/cm^2 . Pada perbandingan ini hasil kuat tekan masuk pada

mutu kelas yang disyaratkan untuk pasangan dinding. Maka batu cetak abu terbang pada perbandingan 80% abu terbang + 20% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata 25 kg/cm²,

Pada perbandingan abu terbang 90% abu terbang + 10% semen portland mempunyai kuat tekan rata-rata 18,48 kg/cm². Pada perbandingan ini hasil kuat tekan yang didapat tidak bisa dipakai untuk pasangan dinding karena tidak masuk pada kelas mutu yang disyaratkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sesuai dengan hasil penelitian sebagaimana diuraikan dalam uraian sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan bahan pembuatan batu cetak abu terbang memenuhi uji bahan bangunan, kandungan SiO₂ sebesar 63,01% sehingga dapat digunakan sebagai campuran pembuatan batu cetak.
2. Hasil uji kuat tekan batu cetak dengan komposisi 10% abu terbang + 90% semen portland; 20% abu terbang + 80% semen portland dan 30% abu terbang + 70% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata yang dipersyaratkan untuk lantai (>200 kg/cm²).
3. Hasil uji kuat tekan batu cetak dengan komposisi 40% abu terbang + 60% semen portland; 50% abu terbang + 50% semen portland dan 60% abu terbang + 40% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata yang dipersyaratkan untuk dinding (>70 kg/cm²).

4. Hasil uji kuat tekan batu cetak dengan komposisi 70% abu terbang + 30% semen portland dan 80% abu terbang + 20% semen portland mempunyai kuat tekan diatas rata-rata yang dipersyaratkan untuk dinding (>20 kg/cm²).
5. Hasil uji kuat tekan batu cetak dengan komposisi 90% abu terbang + 10% semen portland mempunyai kuat tekan dibawah persyaratan untuk dinding sehingga batu cetak tak bisa digunakan untuk dinding.

Saran

Saran-saran yang disampaikan dalam penelitian ini adalah :

1. Perlu penelitian lebih lanjut terutama uji keausan mengingat hasil kuat tekan tinggi sehingga tidak hanya untuk lantai tetapi dapat digunakan untuk lapis atas perkerasan jalan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk campuran beton, mengingat beton bila dicampur dengan semacam abu dapat menjadikan beton tahan terhadap asam, sehingga beton tersebut dapat digunakan pada tanah dengan keasaman tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Andriati AH dan Sunaryo S. *Jurnal Penelitian Pemukiman Vol.XII No. 1-2.1996. Penelitian Pemanfaatan Semen Abu Terbang Untuk Pembuatan Paving Block.*
- Anonim. 1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK.SNI 5-04-1989-F)*. Bandung : Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum.
- Besari, dkk. 1998. *Limbah Industri Abu Terbang Bagi Industri. Seminar Nasional Material dan Lingkungan Dalam Pembangunan Industri*. LIPI. Bandung 19 Oktober 1998.

- Dicky R Manaf. *Perkembangan Teknologi Beton dan Peran Abu Terbang Dalam Pembuatan Beton Ringan Kinerja Tinggi Abu Terbang*. Deputi Menteri Negara Riset dan Teknologi Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan IPTEK.
- Sudjana. 2002. *Metoda Statistika*. Bandung : Tarsito.
- Yati S Hidayat. *Penelitian Pendahuluan Pemanfaatan Abu Terbang untuk Pembuatan Paving Block*. Staff Peneliti Bidang Bahan Bangunan Pusat Litbang Pemukiman.
- , 1995. *Teknologi dan Pembuatan Semen*. Seminar Sehari Teknologi Semen dan Aplikasinya. PT. Semen Padang (Persero).
- , 1993. *Makalah Seminar Nasional Batubara Indonesia*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.