

PEMANFAATAN ABU TERBANG (FLY ASH) PADA BETON NON PASIR DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON UNTUK GREEN PEDESTARIAN ROAD (IMPLEMENTASI SEBAGAI BAHAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH TEKNOLOGI BETON)

Naya Fatharoni¹, Ida Nugroho Saputro², Sri Sumarni³
Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret
Email: mnb.arch.and.partners@gmail.com

ABSTRACT

The objectives of research were to provide innovation in road hardening material for pedestrian road with good compressive strength to support the burden walking on the material, to improve the permeability coefficient of land using environment-friendly material in order to maintain the groundwater supply and green pedestrian road raised in this research to minimize the adverse effect on natural environment and human and to provide better and healthier living environment by utilizing energy and natural resources more efficiently and optimally.

This study was a quantitative research using mathematic, statistic, experimental and descriptive model. The sample used in this research consisted of 16 cylindrical concretes (75 mm in diameter and 150 mm in height) and 16 block concretes (210 mm in length, 105 mm in width and 60 mm in height).

The result of research showed that the best mean compressive strength existing in the use of fly ash 50% was 2,367 MPa. The best concrete permeability obtained from fly ash substitution of 75% through the result of three permeability tests with falling head had the following characteristics: air cavity of 23,94%, water flow of 0,20175 cm/s, and percentage water passing of 93,775%.

Keywords: non-sand concrete, fly ash, compressive strength, permeability.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan inovasi bahan perkerasan jalan untuk jalur pejalan kaki yang memiliki kuat tekan yang baik untuk menopang beban yang berjalan di atas material tersebut serta mampu meningkatkan koefisien permeabilitas tanah dengan menggunakan bahan yang ramah lingkungan sehingga ketersediaan air tanah tetap terjaga serta konsep *green pedestrian road* yang diusung dalam jalur pejalan kaki pada penelitian ini dapat meminimalkan pengaruh buruk terhadap lingkungan alam maupun manusia dan menghasilkan tempat hidup yang lebih baik dan lebih sehat, yang dilakukan dengan cara memanfaatkan sumber energi dan sumber daya alam secara efisien dan optimal.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, menggunakan model matematik, statistik, eksperimen dan deskripsi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton berbentuk silinder (diameter 75 mm dan tinggi 150 mm) sebanyak 16 benda uji dan beton berbentuk block (panjang 210 mm, lebar 105 mm dan tinggi 60 mm) sebanyak 16 benda uji.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada persentase penggunaan abu terbang sebanyak 50% sebesar 2,367 MPa. Permeabilitas beton terbaik didapatkan dari penambahan abu terbang sebanyak 75% melalui tiga hasil pengujian permeabilitas dengan metode *falling head* yakni rongga udara sebesar 23,94%, kecepatan air 0,20175 cm/det, dan persentase lolos air 93,775%.

Kata Kunci: beton non pasir, abu terbang, kuat tekan, permeabilitas.

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS Surakarta

²Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS Surakarta

³Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS Surakarta

PENDAHULUAN

Daerah perkotaan yang umumnya memiliki sedikit lahan hijau serta banyak memiliki produk pembangunan berupa gedung, rumah, dan jalan, membuat perubahan fungsi lahan hijau sebagai media peresapan air ke dalam tanah berkurang, hal ini akan berpengaruh pada volume dan kualitas air tanah yang terus menurun. Hal ini juga tentu akan berakibat pada perubahan kualitas kesehatan hidup manusia yang mendiami daerah perkotaan yang diakibatkan dari penutupan permukaan bumi atas perembesan air hujan.

Dalam penelitian ini akan difokuskan pada pembangunan jalur pejalan kaki yang berada di daerah perkotaan yang dianggap tidak ramah lingkungan dari segi pemakaian bahan perkerasan jalur pejalan kaki yang akan berdampak langsung terhadap ketersediaan dan volume air tanah di daerah perkotaan.

Dewasa ini pembangunan jalur pejalan kaki yang menggunakan bahan dasar untuk perkerasan jalur pejalan kaki berupa *paving block* masih menjadi pilihan utama warga masyarakat kota untuk bahan perkerasan seperti pada kelas jalan ringan (jalan lingkungan), area parkir, jalur pejalan kaki dan taman.

Paving block yang tersusun atas semen, pasir, dan air dianggap tidak mampu meloloskan air ke dalam tanah dengan maksimal, hal ini akan langsung berdampak buruk terhadap ketersediaan air tanah, karena secara teoritis lapisan *paving block* dibuat kedap air dan memiliki pori-pori yang sangat rapat sehingga kesempatan air untuk meresap ke dalam tanah mengalami kesulitan.

Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan sebuah pemecahan yakni dengan memodifikasi bahan penyusun lapisan perkerasan jalur pejalan kaki yang lazim digunakan selama ini, agar lapisan perkerasan jalur pejalan kaki memiliki daya serap air yang tinggi dan memiliki kuat tekan yang disyaratkan dalam ACI 522R – 06 tentang beton non pasir, namun bahan yang digunakan sebagai penyusun lapisan perkerasan jalur pejalan kaki tetap ramah lingkungan.

Salah satu cara untuk menciptakan lapisan perkerasan jalur pejalan kaki yang memiliki daya serap air yang tinggi adalah dengan menerapkan bahan penyusun beton non pasir pada pembuatan lapisan perkerasan jalur pejalan kaki.

Dewasa ini penggunaan bahan limbah abu hasil pembakaran batu bara yang disebut abu terbang (*fly ash*) sudah banyak digunakan dalam bahan penyusun beton yang bertujuan untuk meminimalisir penggunaan semen dalam

konstruksi bangunan yang semakin meningkat dan menekan angka konsumsi energi dalam pembuatan semen, dalam penelitian ini menggunakan bahan dasar berupa abu terbang (*fly ash*) kelas F.

Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengetahui pengaruh penggunaan abu terbang (*fly ash*) pada beton non pasir dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dari berat semen dengan rasio campuran semen : kerikil = 1 : 6 terhadap kuat tekan beton, (2) Mengetahui pengaruh penggunaan abu terbang (*fly ash*) pada beton non pasir dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dari berat semen dengan rasio campuran semen : kerikil = 1 : 6 terhadap permeabilitas beton, (3) Untuk mendapatkan nilai tertinggi kuat tekan dan permeabilitas beton non pasir pada rasio campuran semen : kerikil = 1 : 6.

Beton Non Pasir

Beton non pasir merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya tidak menggunakan agregat halus (pasir). Tidak adanya agregat halus dalam campuran menghasilkan beton yang berpori sehingga beratnya berkurang (Kardiyono Tjokrodinulyo, 2009). Diharapkan dari campuran yang dibuat mampu menghasilkan rongga yang digunakan untuk meloloskan air ke permukaan tanah melalui celah-celah beton, mengurangi kecepatan erosi tanah, menjaga kelembaban dan keseimbangan air tanah.

Pada umumnya beton non pasir memiliki berat jenis yang rendah jika dibandingkan dengan beton normal. Berat jenis beton non pasir dipengaruhi oleh berat jenis dan gradasi agregat penyusunnya. Berat jenis beton non pasir dengan agregat lempung bekah (pembakaran *shale*) berkisar 1,20 (Sumartono, 1993). Berat jenis beton non pasir dengan menggunakan agregat batu apung berkisar 1,60 (Sulistiyowati, 2000). Sedangkan kuat tekan beton non pasir dipengaruhi oleh:

- a. Faktor air semen
- b. Rasio volume agregat dengan semen
- c. Jenis agregatnya

Keuntungan dan kelemahan penggunaan beton non pasir sebagai bahan perkerasan jalan, adalah seperti berikut :

- a. Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan beton berpori sebagai perkerasan adalah :
 - 1) *Low Shrinkage* , penyusutan total beton non pasir saat mengeras/kering adalah sekitar

setengah dari beton padat yang dibuat dengan agregat yang sama. Tingkat penyusutan juga jauh lebih cepat. Gerakan penyusutan total, telah ditemukan bahwa 50% sampai 80% terjadi dalam 10 hari pertama, dimana untuk beton padat sekitar 20 sampai 30 % akan terjadi pada periode yang sama. Ini berarti bahwa bahaya retak jauh lebih kecil terjadi jika dibandingkan dengan beton normal.

- 2) *Light Weight*, karena penggunaan agregat ringan maka dihasilkan beton dengan bobot yang ringan
- 3) *Thermal insulation*, hal ini berarti beton non pasir mempunyai kemampuan untuk meredam panas yang terjadi pada beton tersebut dengan cara mengalirkan panas melalui pori-pori yang dimiliki beton non pasir.
- 4) *Eliminated segregation*, ini berarti beton non pasir memiliki kemampuan untuk mengeliminasi terjadinya segregasi, segregasi adalah peristiwa pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran yang tidak seragam (Mindess et al, 1996).
- 5) *Reduce cement demand*, kebutuhan semen sedikit karena tidak menggunakan pasir, maka luas permukaan agregat berkurang.
- 6) *Simple yaitu* cara pembuatannya sederhana dan lebih cepat.
- 7) *Sound insulation*, rongga pada beton berpori dapat meredam kebisingan suara yang ditimbulkan oleh roda kendaraan, hal ini disebabkan karena pori-pori pada beton terbentuk secara tidak teratur dan memiliki permukaan yang tidak rata, sehingga gelombang suara yang dipantulkan secara baur oleh pori-pori pada beton menjadi saling bertumbukan dan saling meredam.
- 8) *Environment Friendly*, mudah meloloskan air serta dapat digunakan sebagai bahan pembuat sumur resapan sehingga meningkatkan resapan ke dalam tanah. (Dwi Kusuma, 2013)

b. Kelemahan Beton Non pasir adalah:

- 1) Beton non pasir tidak direkomendasikan dengan baja tulangan apalagi jika berada pada lingkungan yang agresif, sifatnya yang non pasir dapat mempercepat laju korosi pada struktur.
- 2) Kuat tekan rendah, karena bobot ringan maka kuat tekan beton non pasir sangat

rendah sehingga aplikasi terhadap penggunaan beton non pasir sangat terbatas.

- 3) Sensitif terhadap faktor air semen sehingga dibutuhkan kontrol air yang cermat karena untuk mengontrol kadar air beton berpori di lapangan sangat sulit, terlebih pada keadaan cuaca yang panas atau terlalu dingin.
- 4) Kurangnya standarisasi mengenai beton berpori dalam bidang pengujian, metode serta perencanaan di Indonesia. (Dwi Kusuma, 2013)

Abu Terbang Sisa Pembakaran Batu Bara (*Fly Ash*)

Pengertian *fly ash* adalah serbuk halus sisa hasil pembakaran batu bara yang dibuang melalui cerobong. Pembakaran pada industri pengolahan sampah kota dikatakan sebagai *incinerator ash* (ASTM C618). Abu terbang berperan sebagai pengisi ruang kosong diantara butiran semen dan memberikan sifat hidrolik pada kapur bebas yang dihasilkan pada saat hidrasi (Suhud, 1993).

Menurut ASTM C 618 *fly ash* dibagi menjadi dua kelas, yaitu *fly ash* kelas F dan C. Perbedaan utama dari kedua *fly ash* tersebut adalah banyaknya kalsium, silika dan kadar besi pada *fly ash* tersebut.

Walaupun *fly ash* kelas F dan C sangat ketat ditandai untuk digunakan *fly ash* yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, namun istilah ini lebih umum digunakan berdasarkan asal produksi batubara atau kadar CaO. Yang penting diketahui, bahwa tidak semua *fly ash* dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi.

a. *Fly ash* kelas F

Merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat *pozzolanic* dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah (CaO) < 10%.

b. *Fly ash* kelas C

Diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat *pozzolanic* juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur (CaO) > 20%.

Menurut Mehta (2004) beton HVFAC merupakan pengembangan material beton yang menggunakan *Supplementary Cementing Materials* (SCM). Hanya saja beton HVFAC memiliki jumlah *fly ash* yang lebih banyak. *Fly ash* yang digunakan baik sebagai *blended portland cement* maupun sebagai *mineral admixture* yang ditambahkan pada campuran beton sebanyak $\pm 50\text{--}60\%$ dari berat semen.

Keuntungan pemakaian abu terbang pada beton, adalah:

- Beton akan lebih kedap air karena kapur bebas yang dilepas pada proses hidrasi semen akan terikat oleh silikat dan alumina aktif yang terkandung di dalam abu terbang dan menambah pembentukan silikat gel, yang berubah menjadi kalsium silikat hidrat yang akan menutupi pori-pori yang terbentuk sebagai akibat dibebaskannya Ca(OH)_2 pada beton normal.
- Mempermudah pengerjaan beton karena beton lebih plastis.
- Mengurangi jumlah air yang digunakan, sehingga kekuatan beton akan meningkat.
- Dapat menurunkan panas hidrasi yang terjadi, sehingga dapat mencegah terjadinya keretakan.
- Relatif dapat menghemat biaya karena akan mengurangi pemakaian semen. (Hidayat, 1993)

Kelemahan pemakaian abu terbang pada beton adalah:

- Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi, karena proses pengerasan dan penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadi reaksi pozzolan.
- Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada proses (suhu pembakaran) serta jenis batu baranya. (Husin, 1998)

Green Pedestrian Road

Green pedestrian road merupakan sebuah konsep jalur pejalan kaki (*side walk*) yang ramah lingkungan serta bertujuan untuk meminimalisasi berbagai pengaruh membahayakan pada kesehatan manusia dan lingkungan. *Green pedestrian road* tergolong ke dalam bangunan yang berkonsep *green building*. *Green building* adalah konsep bangunan yang berusaha meminimalkan pengaruh buruk terhadap lingkungan alam maupun manusia

dan menghasilkan tempat [hidup yang lebih baik dan lebih sehat](#), yang dilakukan dengan cara memanfaatkan sumber energi dan sumber daya alam secara efisien dan optimal.

Jalur *pedestrian* juga diartikan sebagai pergerakan atau sirkulasi atau perpindahan orang atau manusia dari satu tempat ke titik asal (*origin*) ketempat lain sebagai tujuan (*destination*) dengan berjalan kaki (Rubenstein, 1992).

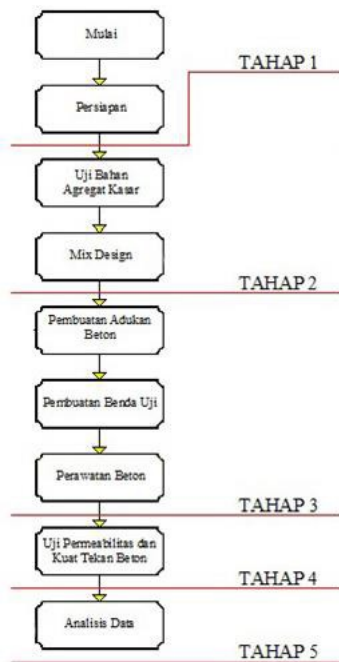
Jalur *pedestrian* merupakan daerah yang menarik untuk kegiatan sosial, perkembangan jiwa dan spiritual, misalnya untuk bernostalgia, pertemuan mendadak, berekreasi, bertegur sapa dan sebagainya, jadi jalur *pedestrian* adalah tempat atau jalur khusus bagi orang berjalan kaki. Jalur *pedestrian* pada saat sekarang dapat berupa trotoar, *pavement*, *sidewalk*, *pathway*, plaza dan mall.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya kontrol. Metode eksperimen yang dimaksud yaitu penelitian dengan tujuan menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya (Arikunto, 2006).

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian agregat kasar, pengujian kuat tekan dengan ukuran benda uji 7,5x15 cm dan permeabilitas beton dengan ukuran benda uji 21x10,5x6 cm.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Sebelas Maret Surakarta. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh material bahan perkerasan jalan yang berupa beton non pasir yang dapat meloloskan air ke dalam tanah yang mempunyai mutu memenuhi persyaratan ACI 522R – 06. Adapun bagan alir penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah dengan membuat sampel benda uji silinder dengan ukuran 7,5 x 15 cm dan benda uji block dengan ukuran 21 x10,5 x 6 cm. Selanjutnya dilakukan perencanaan komposisi campuran untuk mendapatkan komposisi material penyusun beton non pasir. Pembuatan benda uji dilakukan dengan proporsi campuran antara semen dan kerikil 1:6 dan faktor air semen 0,33. Pembuatan benda uji menggunakan agregat kasar berupa kerikil dan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti semen dengan proporsi abu terbang dalam campuran beton non pasir sebanyak 0%, 25%, 50%, 75% dari berat semen. Kebutuhan material dapat dilihat pada tabel 1-3 berikut ini.

Tabel 1 Rencana *mix design* beton non pasir

Variasi Penggunaan Fly Ash	Material Beton Non Pasir Untuk 1 m ³			
	Semen (kg)	Fly Ash (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
0 %	237,3	0	1423,8	78,309
25 %	177,975	59,325	1423,8	78,309
50 %	118,65	118,65	1423,8	78,309
75 %	59,325	177,975	1423,8	78,309

Tabel 2 Kebutuhan bahan untuk benda uji silinder

Variasi Penggunaan Abu Terbang Fly Ash	Material Beton Non Pasir			
	Semen (Kg)	Fly Ash (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Kg)
0 %	0,158	0	0,944	0,052
25 %	0,118	0,04	0,944	0,052
50 %	0,079	0,079	0,944	0,052
75 %	0,04	0,118	0,944	0,052

Tabel 3 Kebutuhan bahan untuk benda uji block

Variasi Penggunaan Abu Terbang Fly Ash	Material Beton Non Pasir			
	Semen (Kg)	Fly Ash (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Kg)
0 %	0,314	0	1,884	0,104
25 %	0,236	0,078	1,884	0,104
50 %	0,157	0,157	1,884	0,104
75 %	0,078	0,236	1,884	0,104

Setelah benda uji dibuat dan dilakukan perawatan hingga mencapai umur 28 hari. Setelah mencapai umur 28 hari dilakukan uji kuat tekan dan uji permeabilitas terhadap benda uji beton.

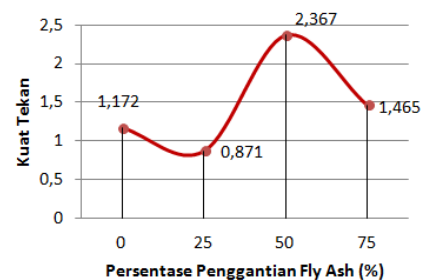
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kuat tekan dan permeabilitas dapat dilihat pada tabel 4-7 dan gambar 2-5.

Tabel 4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

NO	P (N)	A (mm ²)	TEGANGAN (MPa)	TEGANGAN RATA-RATA (MPa)	Fly Ash
1	4000	4298,66	0,986		
2	5000	4298,66	1,233		
3	5000	4298,66	1,233	1,172	0%
4	5000	4298,66	1,233		
5	3000	4415,625	0,721		
6	2500	4415,625	0,601		
7	5000	4415,625	1,200	0,871	25%
8	4000	4415,625	0,961		
9	10000	4298,66	2,466		
10	12500	3957,185	3,349		
11	7500	4298,66	1,849	2,367	50%
12	7500	4415,625	1,801		
13	4000	4183,265	1,014		
14	5000	4415,625	1,201		
15	3000	4298,66	0,739	1,465	75%
16	12500	4298,66	3,083		

Keterangan : Tegangan dikalikan dengan faktor koreksi bentuk sebesar 1,06.



Gambar 2 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Fly Ash dengan Kuat Tekan Beton.

Kuat tekan beton yang dihasilkan pada variasi penggunaan abu terbang sebanyak 0% lebih besar dari 25% disebabkan karena usia beton yang menggunakan abu terbang hanya 28 hari. Sedangkan kuat tekan beton yang dihasilkan dari penggunaan abu terbang akan terlihat signifikan jika beton tersebut berumur lebih dari 28 hari.

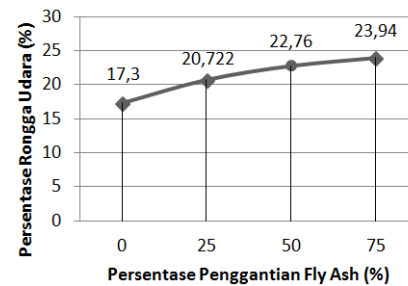
Pada hasil pengujian kuat tekan dari variasi penggunaan *fly ash* sebanyak 25% ke 50% mengalami kenaikan kuat tekan beton, hal ini disebabkan karena semakin sempurnanya ikatan yang terjadi antara abu terbang, semen, air dan kerikil sebagai penyusun beton serta *fly ash* yang digunakan baik sebagai *blended portland cement* maupun sebagai *mineral admixture* yang ditambahkan pada campuran beton sebanyak ± 50 -60% dari berat semen. (Mehta, 2004)

Pada variasi penggunaan *fly ash* sebanyak 50% ke 75% mengalami penurunan kuat tekan beton. Jika dilihat dari segi sempurnanya suatu ikatan beton, semakin banyak penggunaan *fly ash* dalam beton semakin baik ikatannya, namun jika dipandang dari hal ini saja tentu merupakan suatu pandangan yang kurang baik. Dari penggunaan *fly ash* yang semakin banyak pada beton, beton tersebut akan menjadi lebih ringan oleh karena itu kuat tekan yang dihasilkan umumnya lebih kecil.

Pada penelitian ini kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi penggunaan abu terbang sebanyak 50% yaitu sebesar 2,367 MPa masih jauh dari standar yang disarankan sebesar 17,61 MPa menurut ACI 522R – 06 tentang *Pervious Concrete*. Hal tersebut dapat terjadi karena kuat tekan yang dihasilkan dari beton non pasir sangat bergantung pada beberapa faktor diantaranya faktor air semen, rasio volume agregat dengan semen (bahan pengikat) dan jenis agregat yang digunakan.

Tabel 5 Hasil Uji Persentase Rongga Udara

No	Berat Normal (Kg)	Berat Sampel (Kg)	Rongga Udara (%)	Rata – rata (%)	Fly Ash
1	2,5137	2,0576	18,14457	17,3	0%
2	2,5137	2,2265	11,42539		
3	2,5137	1,9952	20,62696		
4	2,5137	2,0361	18,99988		
5	2,5137	2,0356	19,01977	20,722	25%
6	2,5137	1,9983	20,50364		
7	2,5137	1,9515	22,36544		
8	2,5137	1,9859	20,99694		
9	2,5137	1,8761	25,365	22,76	50%
10	2,5137	1,9892	20,86566		
11	2,5137	1,8921	24,72849		
12	2,5137	2,009	20,07797		
13	2,5137	1,9427	22,71552	23,94	75%
14	2,5137	1,8723	25,51617		
15	2,5137	1,9003	24,40228		
16	2,5137	1,9324	23,12527		



Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar *Fly Ash* dengan Persentase Rongga Udara Beton.

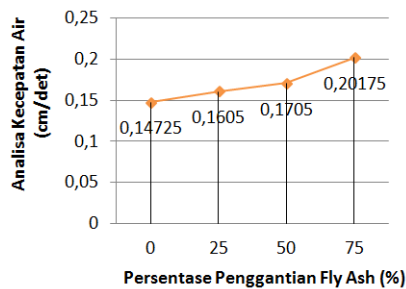
Pada tiga hasil pengujian permeabilitas yang dilakukan, semakin tinggi penggunaan *fly ash* pada beton non pasir maka permeabilitas beton semakin tinggi.

Pada saat proses hidrasi beton berlangsung, konsentrasi penggunaan abu terbang yang lebih tinggi akan semakin baik dalam meredam panas yang diterima beton pada saat proses hidrasi berlangsung, sehingga ikatan antar agregat penyusun beton akan terbentuk semakin baik dan semakin kedap air tanpa ada keretakan yang terjadi pada beton dan menyebabkan rongga yang terbentuk semakin besar.

Kedap air yang dimaksud pada bagian ini adalah pasta semen yang menyelimuti kerikil semakin padat dan pori-pori pada pasta yang menyelimuti ikatan agregat tersebut semakin kecil, sehingga rongga yang terbentuk antar ikatan kerikil semakin besar karena semakin padatnya pasta semen yang menyelimuti kerikil yang diakibatkan dari kemampuan abu terbang dalam mengisi pori-pori didalam beton.

Tabel 6 Hasil Uji Analisa Kecepatan Air

No	Tinggi (cm)	Waktu (detik)	Kecepatan Air (cm/det)	Rata – rata (cm/det)	Fly Ash
1	6	44	0,136	0,14725	0%
2	6	41	0,147		
3	6	35	0,172		
4	6	45	0,134		
5	6	38	0,157	0,1605	25%
6	6	45	0,133		
7	6	35	0,171		
8	6	33	0,181		
9	6	39	0,153	0,1705	50%
10	6	37	0,162		
11	6	38	0,153		
12	6	28	0,214		
13	6	39	0,154	0,20175	75%
14	6	26	0,231		
15	6	29	0,207		
16	6	28	0,215		

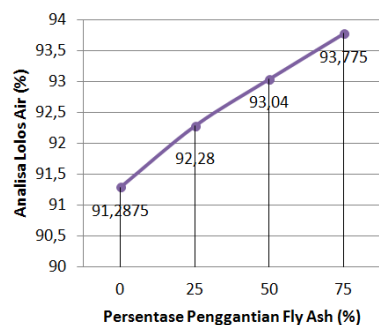


Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Fly Ash dengan Kecepatan Air.

Pada hasil pengujian analisa kecepatan air semakin tinggi penggunaan abu terbang sebagai pengganti semen menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kecepatan air yang melewati rongga yang dimiliki beton. Hal tersebut dapat terjadi karena ikatan antar agregat penyusun beton terbentuk semakin baik dan semakin kedap air tanpa ada keretakan yang terjadi pada beton yang menyebabkan rongga yang terbentuk semakin besar dan memudahkan air untuk lolos melalui rongga yang dimiliki beton.

Tabel 7 Hasil Uji Analisa Persentase Lolos Air

No	Jumlah Air (ml)	Jumlah Air Lolos (ml)	Persentase Lolos Air (%)	Rata - Rata (%)	Persentase Air Tertahan Dalam Beton (%)	Fly Ash
1	1000	910,3	91,05	91,2875	8,7125	0%
2	1000	900,2	90,02			
3	1000	910,4	91,04			
4	1000	930,4	93,04			
5	1000	920,3	92,03	92,28	7,72	25%
6	1000	930,2	92,02			
7	1000	930,5	93,05			
8	1000	920,2	92,02			
9	1000	900,3	93,05	93,04	6,96	50%
10	1000	920,1	92,04			
11	1000	910,2	93,04			
12	1000	930,2	94,03			
13	1000	930,4	93,04	93,775	6,225	75%
14	1000	940,2	94,02			
15	1000	950,1	95,01			
16	1000	980,3	93,03			



Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Fly Ash dengan Persentase Lolos Air.

Pada hasil pengujian analisa persentase lolos air semakin tinggi penggunaan abu terbang sebagai pengganti semen menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kecepatan air yang melewati rongga yang dimiliki beton. Hal tersebut dapat terjadi karena ikatan antar agregat penyusun beton

semakin kedap air tanpa ada keretakan yang terjadi pada beton yang menyebabkan rongga yang terbentuk semakin besar dan memudahkan air untuk lolos melalui rongga yang dimiliki beton.

Jika terjadi keretakan pada beton, rongga yang terbentuk akan tertutupi oleh retakan tersebut oleh karena itu rongga semakin kecil yang berakibat pada sulitnya air untuk lolos melewati rongga beton tersebut dan air akan tertahan dalam beton (terserap). Hal tersebut tentu akan berdampak terhadap jumlah air yang lolos melalui rongga yang dimiliki beton.

Dari tiga hasil pengujian permeabilitas dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa, semakin baik ikatan yang terjadi antar agregat beton maka rongga yang terbentuk semakin besar serta kecepatan air yang melewati rongga beton akan semakin cepat yang berdampak terhadap jumlah air yang lolos melewati rongga beton.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti sebagian semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang menghasilkan kuat tekan tertinggi pada penggunaan abu terbang sebanyak 50% yaitu sebesar 2,367 MPa, sedangkan rata-rata kuat tekan terendah pada beton dengan variasi penggunaan abu terbang sebanyak 25% yaitu sebesar 0,871 MPa. Kuat tekan beton non pasir pada penelitian ini belum memenuhi syarat kuat tekan yang disyaratkan dalam ACI 522R – 06 sebesar 17,61 MPa.
2. Penggunaan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti sebagian semen berpengaruh terhadap permeabilitas beton yang menghasilkan permeabilitas tertinggi pada penggunaan abu terbang sebanyak 75% yaitu rongga udara adalah 23,94%, kecepatan air adalah 0,20175 cm/det dan persentase lolos air adalah 93,775%. Sedangkan permeabilitas terendah pada beton dengan variasi penggunaan abu terbang sebanyak 0% yaitu rongga udara adalah 17,3%, kecepatan air adalah 0,14725 cm/det dan persentase lolos air adalah 91,2875%. Beton non pasir pada penelitian ini memenuhi syarat untuk penggunaan sebagai bahan perkerasan jalan untuk pejalan kaki jika dipandang dari nilai rongga udara yang yang disyaratkan dalam ACI 522R – 06 sebesar 15% - 30%.

3. Rata-rata kuat tekan beton tertinggi pada penggunaan abu terbang sebanyak 50% yaitu sebesar 2,367 MPa dan permeabilitas beton tertinggi pada penggunaan abu terbang sebanyak 75% yaitu rongga udara adalah 23,94%, kecepatan air adalah 0,20175 cm/det dan persentase lolos air adalah 93,775%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta : Rineka Cipta.
- 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.
- Husin, A.A. (1998). *Semen Abu Terbang untuk Genteng Beton*. Jakarta : Jurnal Litbang Vol.14 No. 1.
- Kusuma, Dwi. (2012). *Beton Non Pasir (No Fine Concrete)*. Diperoleh 27 September 2013, dari <http://dwikusumadpu.wordpress.com/2012/11/21/beton-non-pasir-no-fines-concrete/>.
- Mehta, P.K & Malhotra, V.M. (2004). *Pozzolanic and Cementitious Materials*. India : CRC Press.
- Mindess, Sidney et.al. (2003). *Concrete 2nd Edition*. USA : Pearson Education, inc.
- Rubenstein, Harvey M. (1992). *Pedestrian Malls, Streetcapes, and Urban Spaces*. USA : John Wiley and Sons.
- Suhud, R. (1993). *Beton Mutu Tinggi*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Sulistyowati, E.E. (2000). *Pemanfaatan Breksi Batu Apung Ukuran 5mm-20mm Sebagai Agregat Beton Non Pasir*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Sumartono, A. (1993). *Beton Ringan Non Pasir Dengan Agregat Lempung Bekah Dari Cilacap*. Skripsi Tidak Dipublikasikan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. (2009). *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

