

JURNAL KONSTRUKSI

Analisis Permeabilitas Beton Dengan Fly Ash dan Abu Batu Alam Sebagai Bahan Substitusi Semen

Ingrid Multi Rezeki

Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

ABSTRAK

Pencemaran udara merupakan masalah yang banyak dialami kota-kota di Indonesia. Udara yang tercemar dapat diakibatkan oleh adanya industri dilingkungan sekitar. Industri pemotongan batu alam dan PLTU di Cirebon menghasilkan fly ash dan abu batu banyak mengandung polutan yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilaksanakan sejauh mana dampak dan pemanfaatan limbah abu batu alam maupun fly ash terhadap lingkungan.

Fly ash PLTU Kanci dan abu batu alam Bobos digunakan sebagai substitusi semen pada pembuatan beton. Persentase penambahan substitusi fly ash maupun abu batu adalah 0%, 10%, 20%, dan 30 %. Sampel beton dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm. Pengujian permeabilitas dilakukan saat umur beton 28 hari dengan menggunakan alat permeabilitas sederhana.

Nilai persentase rongga udara, persentase lolos air dan kecepatan air pada fly ash sebagai substitusi semen lebih kecil daripada abu batu. Nilai kecepatan air yang diakibatkan fly ash dibawah 0,000022 cm/det, sedangkan kecepatan air minimum pada abu batu sebesar 0,053 cm/det. Ini menandakan beton yang disubstitusi fly ash akan lebih awet dan tahan lama.

Kata Kunci : Fly Ash, Abu Batu, Permeabilitas Beton,

ABSTRACT

Air pollution is a problem experienced in many cities in Indonesia. Polluted air can be caused by the industrial environment around. Natural stone cutting industry and power plant in Cirebon produce fly ash and stone ash that contains of many pollutants that are harmful for health and the environment. Therefore, research should be carried out the impact and utilization natural stone ash and fly ash on the environment.

PLTU Kanci Fly ash and Bobos natural stone used as a substitute for cement in concrete manufacture. The percentage of fly ash and stone ash used to substitution cement is 0%, 10%, 20%, and 30%. Concrete samples made cuboid with the size of 15x15x15 cm³. Permeability testing concrete at the age of 28 days with a simple permeability system.

The value percentage of air voids, the percentage of water and water velocity in fly ash as a cement substitute smaller than the stone ash. Water velocity value resulting fly ash under 0.000022 cm / sec, while the minimum water velocity in the stone ash of 0.053 cm / sec. This indicates that substituted fly ash concrete will be more durable.

Keywords: Fly Ash, Stone ash, Concrete Permeability,

1. PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan di Indonesia berkembang dengan sangat baik, tidak hanya sektor pangan, pendidikan, sosial, ekonomi maupun industri. Proyek pembangunan akan meningkatkan taraf kesejahteraan masyarakat, karena akan banyak menyerap tenaga kerja juga perkembangan teknologi yang semakin maju. Teknologi pembangunan di Indonesia didominasi oleh banyaknya pembangunan di kota-kota besar, seperti apartemen, gedung bertingkat, jalan layang maupun jembatan.

Teknologi yang seringkali digunakan dalam proyek pembangunan suatu struktur, baik itu bangunan gedung, jalan maupun jembatan adalah teknologi beton. Beton adalah suatu material konstruksi yang tersusun atas komponen semen, air, agregat halus dan agregat kasar juga dapat ditambahkan aditif jika memang diperlukan. Penggunaan teknologi beton dapat digunakan pada daerah yang kering maupun banyak mengandung air, sehingga permeabilitas merupakan salahsatu faktor yang harus diperhatikan. Apabila nilai permeabilitas kecil, menandakan jumlah air yang masuk kedalam beton juga kecil sehingga umur beton lebih tahan lama.

Perkembangan yang terjadi di Indonesia juga ditandai dengan banyak berdirinya industri di kota-kota tertentu. Cirebon sebagai kota perlintasan Jawa Barat menuju Jawa Tengah memiliki banyak industri batu alam. Ini ditandai dengan adanya gunung batu di daerah Bobos, yang sekarang ini dimanfaatkan masyarakat sekitar sebagai sumber mata pencaharian. Batu alam digunakan sebagai penunjang estetika dari suatu arsitektur bangunan, akan tetapi pada proses pemotongan batu alam menghasilkan limbah berupa abu batu yang berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan sekitar.

Pencemaran udara di kota Cirebon tidak hanya diakibatkan oleh industri pemotongan batu alam, akan tetapi dengan adanya PLTU maka udara di kota Cirebon banyak mengandung polutan yang berbahaya bagi kesehatan terutama pernafasan. *Fly ash* sebagai limbah PLTU berbahan bakar batu bara memiliki andil yang cukup besar dalam pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilaksanakan sejauh mana dampak dan pemanfaatan limbah abu batu alam maupun *fly ash* terhadap lingkungan.

2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dan pemanfaatan limbah abu batu alam maupun *fly ash* terhadap permeabilitas beton. Dengan memanfaatkan limbah abu batu alam dan *fly ash* akan mengurangi pencemaran udara serta menciptakan teknologi yang tepat guna. Selain itu untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dengan memanfaatkan limbah hasil industri.

3. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah sebagai berikut :

1. Limbah yang digunakan adalah limbah pemotongan batu alam andesit di daerah Bobos dan limbah PLTU Kanci berupa *fly ash*.
2. Karakteristik mutu beton K-225.
3. Sampel beton berupa kubus berukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$.
4. Persentase substitusi abu batu maupun *fly ash* pada beton adalah :
 - a. Semen 100 %
 - b. Semen 90 % + limbah 10 %
 - c. Semen 80 % + limbah 20 %
 - d. Semen 70 % + limbah 30 %
5. Pengujian permeabilitas beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
6. Tidak membahas reaksi kimia yang diakibatkan substitusi limbah abu batu maupun *fly ash* terhadap beton.
7. Pengujian permeabilitas menggunakan alat sederhana.

4. Tinjauan Pustaka

Andri Setria (2014), melakukan penelitian penambahan limbah batu alam terhadap kuat tekan dan permeabilitas beton. Limbah batu alam yang digunakan merupakan abu hasil pemotongan batu alam di daerah Bobos, Cirebon. Penelitian ini menggunakan 3 sampel untuk masing-masing komposisi campuran pembuatan beton. Pengujian permeabilitas dilakukan saat umur beton 28 hari dengan menggunakan alat permeabilitas yang dirakit sederhana.

Mohamad Aji Julatif (2014), Penelitian yang dilakukan dengan menguji pengaruh penambahan *fly ash* pada beton terhadap nilai kuat tekan dan permeabilitas. *Fly ash* yang digunakan merupakan limbah PLTU Kanci, Cirebon. Pembuatan sampel dilakukan dengan menjaga kualitas dan standar agar mendapatkan hasil yang mewakili. Pengujian permeabilitas dilakukan saat umur beton 28 hari dengan menggunakan alat permeabilitas yang dirakit sederhana.

Syahreza Alvah (2005), Melakukan penelitian penambahan zat aditif terhadap kuat tekan dan permeabilitas beton. Bahan aditif yang digunakan adalah SikaFume dan Sikament-NN. Penambahan aditif ini menghasilkan permeabilitas beton yang cukup baik.

5. Landasan Teori

Beton tersusun atas tiga komponen yaitu semen, air dan agregat. Ketiganya merupakan bahan yang heterogen, sifat ini dianggap cukup kecil jika ditinjau dari perilaku secara mikroskopik. Perilaku beton akan mudah didekati dengan teknik homogenisasi.

Semen merupakan bagian penting dalam pembentukan beton. Semen ada 2 macam yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang akan mengeras bila bereaksi dengan air akan tetapi tahan terhadap air. Sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat mengeras dan tidak stabil dalam air. Semen yang satu dapat dibedakan berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butuhnya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen portland adalah kapur (CaO) sekitar 60%-65%, silika (SiO₂) sekitar 20%-25%, dan oksida besi serta alumina (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) sekitar 7%-12%. Sifat-sifat semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekal, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

Air bereaksi dengan semen membentuk pasta semen. Proses ini memerlukan waktu sampai dengan semen mengeras dan cukup kaku untuk menahan tekanan. Ini yang disebut dengan waktu ikat, Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua:

1. waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan,
2. waktu ikatan akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.

Fly ash saat ini umumnya digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. *Fly ash* merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran PLTU yang kemudian terbawa keluar. *Fly ash* adalah residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas-gas buangan, partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran *silt* (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃) dan besi oksida (Fe₂O₃).

Andesit merupakan salahsatu jenis batuan beku vulkanik berwarna hitam, mengandung silika (SiO₂) 52-63 %, dengan tingkat kekerasan yang cukup tinggi. Pusat kerajinan dan pemotongan batu Andesit salahsatunya terdapat di daerah Cirebon dan Majalengka Jawa Barat. Karena di daerah ini banyak terdapat perbukitan yang merupakan daerah tambang batu andesit. Untuk batu andesit di daerah Cirebon umumnya berwarna abu-abu dan terdiri dari 2 Jenis utama: Andesit Bintik dan Andesit Polos. *Fly ash* maupun abu batu alam memiliki kesamaan yaitu sama-sama mengandung silika. Silika (SiO₂) mempunyai sifat sebagai pozzolan yang akan meningkatkan kekuatan, durabilitas, panas hidrasi dan ketahanan kimiawi, sehingga didapatkan struktur beton yang lebih baik.

Durabilitas struktur beton yang berhubungan dengan air dipengaruhi oleh permeabilitas beton, yaitu tingkat derajat kerapatan konstruksi beton untuk dapat ditembus oleh zat cair (air misalnya). Permeabilitas beton ini sangat penting untuk konstruksi dan kekuatan serta lamanya beton dapat bertahan, terutama pada konstruksi - konstruksi yang dibangun di dekat dan di dalam air. Pengujian permeabilitas beton dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu uji aliran (*flow test*) dan uji penetrasi (*penetration test*). Dari data yang dihasilkan oleh uji permeabilitas ini dapat ditentukan koefisien permeabilitas, suatu angka yang menunjukkan kecepatan rembesan fluida.

6. Permeabilitas

Dalam ASTM maupun BS tidak terdapat tentang deskripsi uji permeabilitas beton secara rinci, namun berdasarkan Neville dan Brook (1987), uji permeabilitas beton dapat diukur dari percobaan sampel beton yang diberi air pada sisi atasnya saja dan meliputi aspek banyaknya air mengalir lewat pada ketebalan beton pada waktu tertentu. Tujuan dari pengujian permeabilitas beton adalah untuk mendapatkan persentase rongga udara pada beton, kecepatan air dalam menyerap, dan persentase lolos air. Sampel yang digunakan berukuran 15 x 15 x 15 cm³ dan pengujian permeabilitas dilakukan pada umur beton 28 hari.

1. Analisa Persentase Rongga Udara

$$\% \text{ Rongga Udara} = \frac{x - \text{Berat sampel (gr)}}{x} \times 100 \%$$

Dimana x= berat beton normal (gr)

2. Analisa Kecepatan Air

Perhitungan kecepatan air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu dihitung waktu air berada diatas permukaan atas benda uji sampai air berada di permukaan bawah benda uji.

Rumus Perhitungan Kecepatan Air :

$$V = \frac{H \text{ (cm)}}{T \text{ detik}}$$

Keterangan :

V = Kecepatan air (cm/det)

H = Tinggi benda uji (cm)

T= Waktu air sampai ke bawah permukaan beton (detik)

3. Analisa Persentase Lolos Air

Perhitungan lolos air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu diukur jumlah air yang dihasilkan atau lolos dari benda uji dalam waktu 14 hari.

Rumus Perhitungan Persentase Lolos Air:

$$\% \text{ Lolos Air} = \frac{\text{Jumlah air lolos (ml)}}{1000 \text{ ml}} \times 100 \%$$

7. Pembahasan

Data yang digunakan dalam pembahasan ini merupakan kumpulan data dari pembuatan beton

dengan fly ash dan abu batu sebagai substitusi semen. Meliputi data :

1. Analisis % Rongga Udara
2. Analisis V air
3. Analisis % Lolos Air

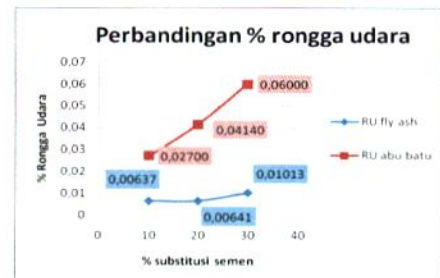
Tabel 1.1 Data permeabilitas beton dengan penambahan fly ash sebagai substitusi semen.

campuran fly ash	Rongga Udara	Lolos Air	Kec. Air
%			cm/det
0		13,000	0,00002137
10	0,00637	10,306	0,00001549
20	0,00641	6,433	0,00001532
30	0,01013	13,002	0,00001716

Tabel 1.2 Data permeabilitas beton dengan penambahan abu batu sebagai substitusi semen

campuran abu batu	Rongga Udara	Lolos Air	Kec. Air
%			cm/det
0		7,300	0,053
10	0,02700	11,700	0,060
20	0,04140	14,500	0,065
30	0,06000	16,500	0,070

Dari kedua tabel tersebut memiliki nilai yang bervariasi dan digambarkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Perbandingan % rongga udara

Dari gambar 1. dapat diketahui bahwa persentase rongga udara untuk fly ash sebagai substitusi semen pada pembuatan beton cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya persentase substitusi semen, begitu pula akibat abu batu.

Dapat dilihat pada grafik % rongga udara akibat abu batu mengalami kenaikan sekitar 0,02 % setiap penambahan substitusi semen. Sedangkan pada fly ash kenaikan yang terjadi berkisar 0,0004 % (pada kenaikan 20 %-30% fly ash)

Nilai % rongga udara tertinggi adalah 0,06 % dan yang terendah adalah 0,027% untuk grafik abu batu, sedangkan untuk grafik *fly ash* nilai % rongga udara tertinggi adalah 0,01013% dan terendah adalah 0,00637%.

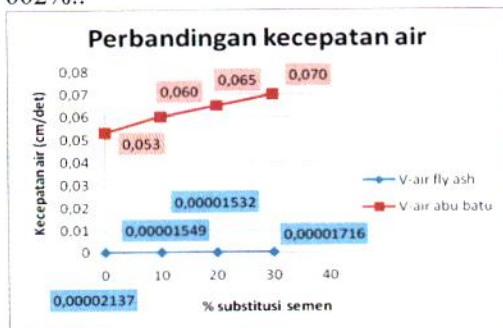


Gambar 2. Perbandingan % lolos air

Dari gambar 2. dapat diketahui bahwa persentase lolos air untuk abu batu sebagai substitusi semen pada pembuatan beton cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya persentase substitusi semen, sedangkan akibat *fly ash* hanya mengalami kenaikan pada titik penambahan substitusi fly ash 30 % .

Grafik % lolos air pada abu batu sebagai substitusi semen meningkat sebesar 4,4 % ; 2,8 % dan 2 % pada penambahan 10 %, 20% dan 30%.

Sedangkan pada grafik *fly ash*, persentase lolos air semakin lama semakin menurun sekitar 2,694 % ; 3,873 % lalu naik kembali (pada titik penambahan substitusi 30%) sebesar 6,569 % menjadi 13,002%..



Gambar 3. Perbandingan kecepatan air

Dari gambar 3. dapat diketahui bahwa kecepatan air untuk abu batu cenderung meningkat sebesar 0,005 sampai dengan 0,007 cm/det setiap penambahan substitusi semen. Nilai kecepatan tertinggi pada grafik abu batu adalah sebesar 0,070 cm/det (pada titik 30%) dan terendah adalah 0,053 cm/det (pada titik 0 %).

Sedangkan pada grafik *fly ash*, nilai kecepatan mengalami penurunan sampai titik ke 20% substitusi semen, kemudian naik kembali di titik 30%.

Akan tetapi nilai kecepatan air akibat *fly ash* sebagai substitusi semen memiliki nilai dibawah 0,000022 cm/det.

Dari ketiga grafik dapat diketahui bahwa akibat *fly ash* sebagai penambahan substitusi semen pada beton memberikan nilai yang lebih baik daripada akibat abu batu. Baik itu terhadap persentase rongga udara, persentase lolos air maupun kecepatan air.

Pada titik penambahan 30 % *fly ash* sebagai substitusi semen memiliki kesamaan pada setiap grafik persentase lolos air maupun kecepatan air yaitu mengalami kenaikan pada titik 30 % penambahan substitusi semen.

8. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data-data maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Grafik persentase rongga udara, persentase lolos air, dan kecepatan air akibat penambahan abu batu sebagai substitusi semen pada pembuatan beton seluruhnya mengalami kecenderungan naik.
2. Akibat penambahan *fly ash* sebagai substitusi semen pada pembuatan beton menghasilkan grafik yang cenderung naik hanya pada grafik persentase rongga udara, sedangkan pada grafik persentase lolos air dan kecepatan air mengalami penurunan sampai pada titik 20 % penambahan substitusi semen lalu mengalami kenaikan pada kondisi titik 30 % penambahan substitusi semen.
3. Penambahan *fly ash* sebagai substitusi semen memiliki batas tertentu, penambahan yang melebihi batas optimum akan mengakibatkan homogenitas beton menjadi berkurang, permeabilitas beton meningkat dan kekuatan beton menurun.
4. Penambahan *fly ash* sebagai substitusi semen pada pembuatan beton menghasilkan produk beton yang lebih baik daripada akibat penambahan abu batu alam. Ditandai dengan nilai kecepatan air pada beton dibawah 0,000022 cm/det. Beton yang dihasilkan dengan penambahan *fly ash* sebagai substitusi semen pada beton akan

memiliki umur yang awet dan tahan lama.

Daftar Pustaka

- Aji Julatif, Mohamad. 2015, Pengaruh Penambahan Limbah Batubara terhadap Kapasitas Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton, Fakultas Teknik Sipil Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon.
- Alvah, Syahreza. 2005. Pengaruh Penambahan zat Aditif Terhadap Permeabilitas Beton dan Kuat Tekan Beton.
- Anonim. 2002, *Annual Book of ASTM Standarts 2002*. Volume 04.03, USA : ASTM Internasional.
- Dimuljo, Kardiyono. 2007, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada
- Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, 2004.
- Munir, Misbachul. 2008, *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Hollow Block Yang Bermutu Dan Aman bagi Lingkungan*, Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Neville, A.M. dan Brooks, JJ.1987, *Concrete Technology*, New York: Longman Scientific & Technical.
- Setria, Andri. 2015, Penambahan Limbah Batu Alam Terhadap Pengaruh Kapasitas Kuat Tekan dan Permeabilitas, Fakultas Teknik Sipil Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon.