

ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN ABU VULKANIK SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN

Nasyiin Faqih, Gupto Krisnawan

Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an (UNSIQ) Wonosobo
Jl. Kalibeber Km. 3 Wonosobo, 56351 Telp (0286) 321 873
Email: faqihn@yahoo.co.id

Abstrak

Selama erupsi Gunung Merapi pada tanggal 26 Oktober 2010 hingga 9 Desember 2010 material vulkanik yang dikeluarkan mencapai 140 juta m³, abu vulkanik sebagai salah satu material yang melimpah belum termanfaatkan maksimal, padahal sifat pozzolanic pada abu vulkanik memungkinkannya sebagai bahan substitusi sebagian semen pada campuran beton.

Untuk itu perlu dilakukan penelitian Kuat Tekan Beton dengan menggunakan bahan Abu Vulkanik sebagai pengganti sebagian semen. Target mutu perencanaan beton K-220 dengan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 14 hari dengan masing-masing perlakuan dibuat 3 buah benda uji dengan variasi kadar abu vulkanik Gunung Merapi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat semen. Penambahan abu vulkanik sampai dengan 30% pada beton uji dapat mencapai kuat tekan sebesar 21,21 Mpa, sehingga terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 7,16% dari beton kontrol. Selanjutnya pada penambahan abu vulkanik sebesar 40% pada beton uji, kuat tekan mulai menurun yaitu mengalami regresi sebesar 8,58% dibandingkan dengan beton kontrol.

Berdasarkan analisis, maka ada batasan yang memungkinkan kombinasi antara abu vulkanik dan semen efektif dijadikan bahan ikat, akan tetapi ada batasan jumlah dari abu vulkanik yang tidak lagi efektif sebagai bahan ikat lagi.

Kata kunci: beton, abu vulkanik, kuat tekan

Pendahuluan

Selama erupsi Gunung Merapi pada tanggal 26 Oktober 2010 hingga 9 Desember 2010, material vulkanik yang dikeluarkan mencapai 140 juta m³, Kabupaten Magelang dan Boyolali merupakan daerah yang banyak terkena awan panas sedangkan daerah Sleman lebih karena lahar panas. Timbunan abu vulkanik di Desa Glagaharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai ketinggian 30 meter¹. Abu vulkanik yang melimpah belum termanfaatkan

¹ "Pasir dan Abu Vulkanik Bernilai Ekonomi" *Kompas*, 8 November 2010, hal 3.

maksimal, padahal sifat *pozzolanic* pada abu vulkanik memungkinkan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton. Material butiran pada abu vulkanik yang halus dan runcing memungkinkan abu vulkanik tidak sekedar menambah kekedapan, namun juga dapat

menambah kekuatan pada struktur beton. Penggunaan beton dan material vulkanik seperti abu pozolan sebagai pembentuknya telah dimulai sejak zaman Yunani dan Romawi (Nawy: 1985).

Jumlah gas yang dimuntahkan gunung berapi semasa erupsi, 40% berupa CO₂. Namun, emisi CO₂ yang diakibatkan oleh aktivitas manusia sekarang 130 kali lipat lebih besar dari kuantitas yang dikeluarkan gunung berapi, yaitu sekitar 27 milyar ton setiap tahun, dengan tujuh persen disumbangkan dari produksi semen Portland selama proses kalsinasi kapur dan pembakaran batu bara. Mengingat besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi CO₂ serta merujuk isu pembangunan lingkungan hidup yang berkelanjutan, maka diperlukan inovasi mencari material konstruksi yang hemat energi dan lebih ramah lingkungan dalam proses produksinya². Misalnya dalam pemanfaatan abu vulkanik sebagai pengganti sebagian semen pada pengerjaan beton.

Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan secara eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Ilmu Komputer, UNSIQ Jawa Tengah di Wonosobo. Obyek dalam penelitian ini adalah beton yang menggunakan bahan tambah abu vulkanik dengan variasi campuran 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 14 hari.

- **Metode pengumpulan data**

Secara garis besar instrumen data yang akan diselidiki dalam penelitian berupa data uji kuat tekan. Observasi tidak terlepas dari pengamatan dan pencatatan, dalam penelitian ini pengamatan dilakukan terhadap kegiatan pengujian benda uji terhadap kuat tekan, selanjutnya dicatat dalam lembar observasi sebagai dokumen penelitian, kemudian dianalisis secara teoritis.

² Martini Rahayu, "Upaya Pengendalian Pancaran Gas Rumah Kaca Akibat Pencemaran Industri Rumah Kaca", *LIPi*, Vol.2 No.1, April 2008, hal 23-29.

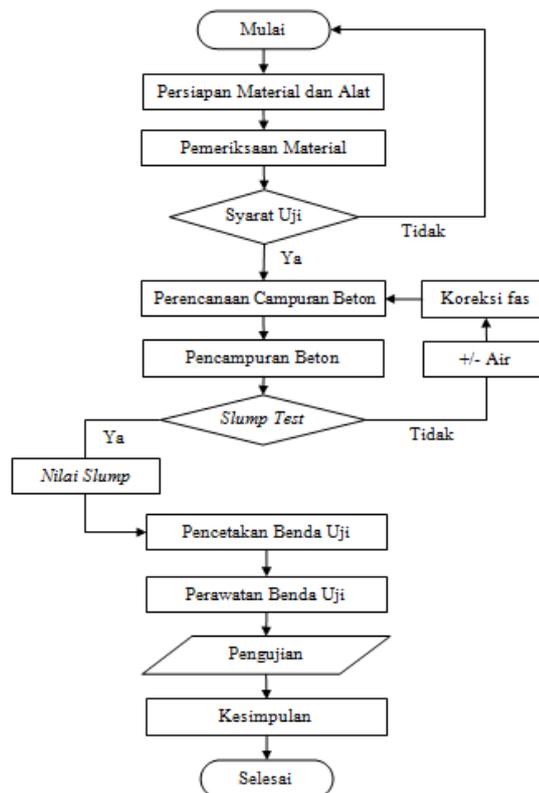
- **Sampel**

Sampel adalah sebagian atau wakil dari populasi yang akan diteliti (Suharsimi Arikunto: 1993). Sampel dalam penelitian ini berupa benda uji silinder dimensi $\varnothing 15 \times 30$ cm dan kubus $15 \times 15 \times 15$ cm, dengan variasi proporsi abu vulkanik hasil erupsi Gunung Merapi tahun 2010 sebagai substitusi semen. Adapun banyaknya benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 buah.

- **Variabel penelitian**

Variabel obyek sebagai faktor yang berperan penting selama penelitian ini adalah benda uji beton, dengan berat semen 2,43 kg tiap benda uji dikurangi variasi komposisi abu vulkanik sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap berat semen.

- **Prosedur pengujian**



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

1. Standar Penelitian

Acuan normatif pengujian beton tertuang dalam Standar Nasional Indonesia, Ketentuan baku yang telah menjadi standar antara lain:

- a. Persyaratan teknis spesifikasi material Semen Portland Pozolan menggunakan SNI 15-0302-2004 tentang Semen Portland Pozolan.
- b. Persyaratan teknis agregat merujuk SNI 03-1968-1990 tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- c. Persyaratan teknis spesifikasi beton mengacu SNI 03-2834-1993 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.
- d. Persyaratan teknis standar pengujian *Slump* mengacu SNI 03-1972-2008 tentang Tata Cara Uji *Slump* Beton.
- e. Persyaratan teknis standar pengujian kuat tekan beton mengacu SNI 03-1974-1990 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.

2. Material Uji

Tabel 1. Material Uji

No	Material	Keterangan
1.	Bahan Pengikat	Semen Tiga Roda jenis semen Portland tipe I kemasan 40 kg, mengacu SNI 15-2049-2004
2.	Bahan Substitusi	Abu vulkanik erupsi Gunung Merapi tahun 2010, dari Desa Glagaharjo, Yogyakarta
3.	Agregat Halus	Pasir Muntilan, pasir vulkanik dari material hasil erupsi Gunung Merapi tahun 2010
4.	Agregat Kasar	Batu pecah ukuran maksimal Ø40 mm
5.	Air	Air diambil dari Kampus UNSIQ

Sumber : Data Primer

3. Pencampuran

Perbandingan berat yang diperoleh, dibuat campuran kering yang terdiri atas semen Portland, agregat dan abu vulkanik. Setelah itu ditambahkan air sedikit demi sedikit (volume air yang ditambahkan selalu dicatat) secara merata sambil

tetap diaduk, hingga didapatkan adukan mortar homogen yang cocok untuk pengadukan dan pembuatan mortar siap cetak.

Bahan tambah abu vulkanik dengan variasi campuran setiap perlakuan adalah 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% terhadap berat semen. Kebutuhan rencana bahan-bahan susun adukan beton dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rencana Proporsi Campuran Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Kadar (%)		Jenis Pengujian	Jenis Benda Uji	Jumlah (Pcs)
		PC	Abu			
1.	KT-N	100	0	Kuat Tekan	Silinder Ø15×30	5
2.	KT-10	90	10	Kuat Tekan	Silinder Ø15×30	5
3.	KT-20	80	20	Kuat Tekan	Kubus 15×15	5
4.	KT-30	70	30	Kuat Tekan	Silinder Ø15×30	5
5.	KT-40	60	40	Kuat Tekan	Kubus 15×15	5
Σ Sampel						25

Dimana:

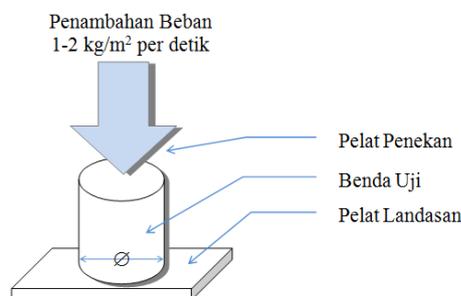
Untuk pengujian kuat tekan menggunakan benda uji kubus, selanjutnya dikonversikan ke data akhir benda uji silinder

4. Pengujian Kuat Tekan

(Compressive Strength).

Tahapan pengujian *compressive strength* mengacu SNI 03-1974-1990 yakni pemberian beban hingga benda uji mengalami *failure*. Data-data yang diperoleh dari serangkaian pengujian diolah untuk mengetahui karakteristik dari masing-masing spesimen.

Pengujian kuat tekan dilakukan pada dua buah benda uji untuk tiap variasi



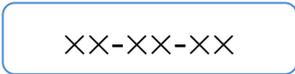
Gambar 2. Skema Penekanan Benda Uji

- **Analisis data**

Korelasi antara data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui perilaku benda uji beton dengan bahan tambah abu vulkanik secara kolektif. Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya diperoleh pengaruh persentase optimum tambahan abu vulkanik pada kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu untuk menyelidiki kemungkinan pengaruh kelompok percobaan dengan variasi substitusi suatu bahan terhadap material benda uji.

- **Pengkodean benda uji**

Pengkodean Benda Uji berguna untuk memberikan kode pada benda uji sehingga mempermudah dalam menganalisis data benda uji beton tertentu. Pengkodean ditulis sebagai berikut:



XX-XX-XX

Gambar 3. Kode Identifikasi Benda Uji

Dimana:

Variabel Pertama = Jenis sampel pengujian.

Variabel Kedua = Variasi kadar abu vulkanik.

Variabel Ketiga = Urutan benda uji tiap variasi.

- **Penyajian data**

Data yang akan dihasilkan dalam penelitian berupa nilai kuat tekan beton. Metode pengambilan kesimpulan data digunakan untuk menyelidiki keterkaitan variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas fungsi tersebut adalah χ yang merupakan perbandingan campuran, sedangkan variabel y adalah data dari hasil penelitian uji kuat tekan. Data yang telah disusun tersebut akan dikelompokkan sesuai tingkatan, kemudian data tersebut diplotkan dalam bentuk tabel dan grafik dan diambil suatu kesimpulan.

Hasil Dan Pembahasan

Penggunaan abu vulkanik sebagai bahan substitusi semen pada perencanaan campuran beton, memperlihatkan peranan abu vulkanik di dalam beton mampu

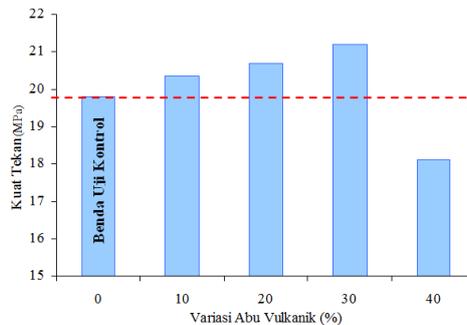
menyumbang kekuatan yang seimbang dengan beton kontrol. Hasil uji kuat tekan beton rata-rata dapat dilihat pada Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 3. Data Kuat Tekan (Umur 14 Hari)

No	Benda Uji	Luas (mm ²)	Berat (kg)	f'c (MPa)	$\mu f'c$ (MPa)
1.	KT-N-	01	17.678,57	12	19,23
2.		02	17.678,57	12,50	20,36
3.	KT-10-	01	17.678,57	12	20,93
4.		02	17.678,57	12	19,80
5.	KT-20-	01	22.500	7,50	21,05
6.		02	22.500	7,50	20,31
7.	KT-30-	01	17.678,57	12	21,49
8.		02	17.678,57	11	20,93
9.	KT-40-	01	22.500	7	17,36
10.		02	22.500	7	18,84

Sumber: Data Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, nilai kuat tekan rata-rata optimum pada variasi KT-30 yaitu beton yang menggunakan abu vulkanik sebesar 30% dengan kuat tekan rata-rata 21,21 Mpa. Hubungan variasi abu vulkanik dengan kuat tekan rata-rata dari Tabel 3. dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3. sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton Abu Vulkanik (Umur 14 Hari)

Dari hasil regresi terlihat bahwa terjadi potensi penurunan kuat tekan beton terhadap penambahan abu vulkanik yang berlebihan. Pada campuran abu vulkanik lebih dari 40%, kuat tekan mulai menurun, hal ini dapat dilihat pada persentase abu vulkanik 40% dari berat semen, dengan kuat tekan yang dihasilkan 18,10 kg/cm² atau turun 8,58% dibandingkan dengan beton kontrol. Penurunan kuat tekan disebabkan karena dengan penambahan abu vulkanik yang berlebih, membuat pori-pori baru yang

mengakibatkan kepadatan beton berkurang, juga semakin bertambahnya proporsi abu vulkanik pada nilai FAS tetap, maka semakin berkurang berat semen, sehingga menurunkan pula pasta semen yang digunakan untuk mengikat agregat.

Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton, diperoleh persentase peningkatan kuat tekan rata-rata pada benda uji beton. Persentase kenaikan kuat tekan rata-rata dapat ditampilkan pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Persentase Peningkatan Kuat Tekan (Umur 14 Hari)

No	Benda Uji	f'_c (MPa)	$\mu f'_c$ (MPa)	Peningkatan Kuat Tekan (%)
1.	KT-N-01	19,23	19,80	0,00
2.	KT-N-02	20,36	19,80	0,00
3.	KT-10-01	20,93	20,36	2,85
4.	KT-10-02	19,80	20,36	2,85
5.	KT-20-01	21,05	20,68	4,49
6.	KT-20-02	20,31	20,68	4,49
7.	KT-30-01	21,49	21,21	7,16
8.	KT-30-02	20,93	21,21	7,16
9.	KT-40-01	17,36	18,10	-8,58
10.	KT-40-02	18,84	18,10	-8,58

Sumber: Data Pengujian

Pada variasi KT-30 peningkatan kuat tekan terhadap beton kontrol mencapai 7,16%, sehingga dapat disimpulkan bahwa benda uji beton dengan penggunaan abu vulkanik kadar 30% sebagai bahan pengganti semen mengalami peningkatan kuat tekan karakteristik yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi benda uji lainnya.

Meskipun kenaikan kuat tekan pada umur 14 hari cukup signifikan, akan tetapi belum mencapai kuat tekan minimum kekuatan rata-rata target sebesar 25,3 Mpa. Hal ini karena kekuatan semen pozolan alami akan meningkat seiring bertambahnya umur. Semakin lama umur beton, pengikatan mineral SiO_2 dan Al_2O_3 dalam pozolan alami yang bereaksi dengan kapur semakin tinggi, sehingga membuktikan umur benda uji sebanding dengan peningkatan kuat tekan beton.

Analisis Komposisi Optimum

Dalam pengujian kuat tekan yang dilakukan, bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari substitusi abu vulkanik terhadap semen pada perencanaan beton, selanjutnya dianalisis komposisi mana yang paling optimum dan dapat digunakan sesuai dengan tujuan penelitian.

Proporsi material penyusun benda uji beton yang memiliki kuat tekan maksimum adalah benda uji dengan kode KT-30, yaitu terjadi penambahan nilai kuat tekan beton sebesar 7,16% terhadap beton kontrol. Oleh karena itu, hasil dari komposisi penelitian ini yang dapat diaplikasikan dalam penggunaannya sebagai alternatif struktur beton.

Hal ini juga berkesesuaian dengan pendapat Ratmaya dalam (Andoyo: 2006), yang mensyaratkan penggunaan pozolan sebagai bahan substitusi beton sebesar 20%-30%. Sedangkan menurut Tjokrodimuljo (Tjokrodimuljo: 1996) keefektifan abu vulkanik sebagai alternatif pengganti bahan ikat hanya terbatas sampai 35% terhadap berat semen. Mengacu beberapa pendapat tersebut, maka wajar dalam penelitian ini kuat tekan optimum terjadi pada variasi persentase abu vulkanik 30% terhadap berat semen.

Adanya pengaruh abu vulkanik terhadap peningkatan kuat tekan bersesuaian dengan pendapat Suhud (Suhud: 1993) yang menyatakan bahwa secara mekanik pozolon akan mengisi secara mekanik pozolan akan mengisi rongga diantara butiran-butiran semen dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolis pada Ca(OH)_2 yang dihasilkan pada saat proses hidrasi semen, dimana mortar hidrolis ini akan lebih kuat daripada mortar udara, sehingga abu vulkanik tidak hanya menambah kekedapan dan kemudahan pangerjaan, tetapi juga dapat menambah kuat tekan dari beton. Berdasarkan analisis tersebut maka ada batasan yang memungkinkan kombinasi antara abu vulkanik dan semen efektif dijadikan bahan ikat.

Penggunaan abu vulkanik sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton pada pada umur 14 hari belum menunjukkan peningkatan kuat tekan secara maksimal, hal ini terjadi pada semua komposisi campuran dengan abu vulkanik. Ini terjadi karena senyawa yang membentuk kekuatan awal pada semen adalah senyawa C_3S yang dibantu oleh panas hidrasi dari senyawa C_3A , dengan adanya butiran dari abu vulkanik maka reaksi hidrasi dari kedua senyawa ini akan terganggu, artinya rantai reaksi akan lebih panjang yang mengakibatkan pengerasan beton akan lebih lama. Pada penelitian ini, benda uji hanya dipantau hingga umur 14 hari saja, padahal setelah umur 14 hari, karakteristik beton dengan substitusi abu vulkanik masih menunjukkan peningkatan kuat tekan yang lebih besar hingga umur 3 tahun. Proses peningkatan kuat tekan ini cukup lambat, hal ini disebabkan oleh reaksi antara

senyawa Ca(OH)_2 yang merupakan produk hidrasi dengan senyawa SiO_2 yang ada pada abu vulkanik berlangsung lambat, sehingga terbentuknya CSH lebih lama, selanjutnya senyawa CSH inilah yang memberikan kekuatan tambahan pada beton. Pengurangan senyawa Ca(OH)_2 pada beton akibat telah bereaksi dengan SiO_2 pada abu vulkanik dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat.

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian mengenai penggunaan pozolan abu vulkanik sebagai substitusi semen, yaitu:

1. Target mutu perencanaan beton K-220 pada perhitungan *Mix Design* terpenuhi, karena perolehan nilai kuat tekan maksimal hingga mencapai 21,21 Mpa. (Tabel 4.).
2. Beton tanpa penambahan abu vulkanik sebagai benda uji beton kontrol, memiliki karakteristik kuat tekan rata-rata 19,8 Mpa (Gambar 3).
3. Kuat tekan beton optimum diperoleh pada substitusi pozolan abu vulkanik 30% dari berat semen, sebesar 21,21 Mpa (Tabel 3, Gambar 3).
4. Pada umur pengujian 14 hari, kekuatan beton dengan substitusi pozolan abu vulkanik 40% dari berat semen tidak dapat melampaui kekuatan beton kontrol, yaitu mengalami regresi sebesar 8,58% dibandingkan dengan beton kontrol (Gambar 3.).

Daftar Pustaka

- Anonim, 2011, *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal Ilmiah POLINES*.
- Bustami, W., dan Sadimun, 1975, *Dasar-dasar Pengetahuan Beton*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SNI 03-2834-1993, Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, Badan Penelitian Dan Pengembangan, Jakarta.
- Gupto Krisnawan, 2011, *Tinjauan Penggunaan Abu Vulkanik Gunung Merapi sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*, UNSIQ, Wonosobo.
- Gunawan, Margaret, 2000, *Konstruksi Beton I*, Delta Teknik Group, Jakarta.
- Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, Andi Offset, Yogyakarta.

- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A.M., dan Brooks, J.J., 1987, *Concrete Technology*, Longman Scientific & Technical, New York.
- Sugiyono, Dr, 2002, *Statistika untuk Penelitian*, CV. Alfabeta, Bandung.
- Suhud, R., 1993, *Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Litbang Vol IX No. 7 – 8 Juli –Agustus 1993, Jakarta

