

Kajian Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas Beton Normal Dengan Bahan Tambah Abu Vulkanik Dan Serat Aluminium

A Mediyanto¹⁾, Slamet Prayitno²⁾, Birawan Sulistiyono³⁾

^{1),2)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126

Email : birawan2010@gmail.co.id

ABSTRACT

The aim of the research was to find out the influence of the volcanic ash and aluminium fibre on compressive and modulus of elasticity of the concretes with the determined variation mixtures. The research was conducted at civil engineering laboratory using experimental techniques. The compressive and modulus elasticity test used cylinder with the diameter 150 mm and the height 300 mm. The addition of the volcanic ash was 0%; 20% and the addition of the aluminium fibre was 0%; 0.5%; 1% and 1.5%.

The result showed that the maximum addition of the volcanic ash and the aluminium fibre were 20% and 1% respectively with the compressive of 23.44 MPa or increased 12.90%. Besides, the maximum modulus elasticity was 22869.26 MPa with the composition of volcanic ash and aluminum fibre were 20% and 1% respectively. This indicated an increase 7.08% of the normal concrete.

Keywords: compressive strength, modulus of elasticity, normal concrete, volcanic ash, aluminum fiber

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan abu vulkanik dan serat aluminium terhadap kapasitas kuat desak dan modulus elastisitas beton yang dihasilkan dengan variasi campuran yang telah ditentukan. Penelitian dilakukan dengan penelitian eksperimental laboratorium. Dalam penelitian ini digunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk uji kuat desak dan modulus elastisitas dengan masing-masing kadar penambahan abu vulkanik sebesar 0 % dan 20 % dan serat aluminium sebesar 0 %, 0,5 %, 1 % dan 1,5 %. Proses pengujian meliputi uji bahan, uji kuat desak, dan uji modulus elastisitas.

Hasil pengujian beton yaitu sebagai berikut dimana nilai kuat desak beton normal dengan bahan tambah serat aluminium dan abu vulkanik pada penelitian ini mencapai nilai tertinggi pada kadar serat aluminium 1% dan abu vulkanik 20% dengan dengan kuat desak sebesar 23,44 MPa atau bertambah sebesar 12,90 % dibanding kuat desak beton normal. Kemudian untuk pengujian modulus elastisitas mencapai nilai tertinggi pada kadar serat aluminium 1% dan abu vulkanik 20% dengan modulus elastisitas sebesar 22869,26 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan sebesar 7,08 % terhadap beton normal.

Kata kunci : kuat desak, modulus elastisitas, beton normal, abu vulkanik, serat aluminium

PENDAHULUAN

Reaksi kimia antara semen Portland dengan air menghasilkan senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan beton yang berakibat pada keretakan beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis menuju keadaan keras. Sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. (Kardiyono Tjoekrodiluljo, 1995).

Proses hidrasi semen menghasilkan senyawa Calcium Silikat Hidrat, Calcium Alumina Hidrat dan Calcium Aluminoforit. Selain itu juga menghasilkan kapur bebas (Ca(OH)_2) yang bersifat dan disertai dengan perubahan volume, dimana volumenya lebih besar dari asalnya. Inilah yang membahayakan, karena jika semen tersebut sudah menjadi struktur beton, maka struktur beton tersebut akan mengembang, sehingga dalam struktur tersebut timbul tegangan tarik yang mengakibatkan retak atau

pecah. Hidrasi semen juga menyebabkan terbentuknya senyawa kotoran. Senyawa ini antara lain monosulfate(C_4ASH_{12}), Ettringite($C_6AS_3H_{32}$), Calcium Aluminate dan Calcium Sulfoaluminates. Senyawa-senyawa tersebut merupakan produk dari hidrasi semen yang tidak memiliki kontribusi pada kekuatan beton dan cenderung menurunkan kekuatan beton. Selain itu juga terbentuknya *wall effect* pada *Interfacial Transition Zone*. *Wall effect* terjadi di daerah antara agregat dan pasta semen. Hal ini menyebabkan rongga (dinding) di daerah tersebut sehingga menurunkan kekuatan beton.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di awal, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ingin dibahas yaitu :

1. Seberapa pengaruh penambahan serat almunium (0%; 0,5%; 1%; 1,5 % dari volume beton) dan abu vulkanik Gunung Kelud (0% dan 20 % dari berat semen) terhadap kuat desak beton.
2. Seberapa pengaruh penambahan serat almunium (0%; 0,5%; 1%; 1,5 % dari volume beton) dan abu vulkanik Gunung Kelud (0 % dan 20% dari berat semen) terhadap modulus elastisitas beton

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh akibat penambahan serat almunium (0%; 0,5%; 1%; 1,5 % dari volume beton) dan abu vulkanik Gunung Kelud (20% dari berat semen) terhadap kuat desak beton dan modulus elastisitas beton.

Menurut Kardiyono Tjokrodimujo (1996), bahan tambahan dapat berupa bahan kimia, pozolan dan serat. Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton serat (*fibre reinforced concrete*). Serat pada umumnya berupa batang dengan diameter anantara 5-500 μm (mikrometer) dengan panjang 25 mm -100 mm. Serat dapat berupa asbestos, gelas/kaca, plastik, baja, serat tumbuhan. Serat dalam beton berguna untuk mencegah adanya retak-retak pada beton sehingga menjadikan beton serat lebih daktail daripada beton biasa.

Menurut Widodojoko (2008) “Zona transisi (interface antara pasta semen dan agregat) adalah bagian terlemah dalam mortar. Dari analisa struktur mikro nampak bahwa pada zona transisi lebih banyak mengandung *ettringite* dan $Ca(OH)_2$ strukturnya lebih berpori-pori dibandingkan dengan struktur pasta semen di daerah sekitarnya. Selama mortar dipanaskan, porositas akan meningkat, sebagai akibat reaksi fisik dan kimia. Terjadi dekomposisi dan tranformasi pada mortar. Selain itu, terjadi perbedaaan dilatasi termal antara pasta semen dan agregat. Dengan adanya perbedaaan dilatasi termal tersebut, maka di alur zona transisi akan terjadi tegangan tarik. Bila tegangan tarik lebih besar dari daya lekat maka terjadi keretakan pada zona transisi tersebut”.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan diperoleh bahwa penambahan fiber kedalam adukan akan menurunkan kelecakan (*workability*) secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi fiber dan aspek rasio fiber. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal ada dua hal yang harus diperhatikan dengan seksama yaitu (1) *Fiber aspect ratio*, yaitu rasio antara panjang fiber (l) dan diameter fiber (d), dan (2) *Fiber volume fraction (V_f)*, yaitu persentase volume fiber yang ditambahkan pada setiap satuan volume beton. (Suhendro, 1990).

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya ditentukan waktu beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70 % dan pada umnur 14 hari mencapai 85 % sampai 90 % dari kuat tekan beton umur 28 hari (*btimawan Dipobusodo, 1994 : 10*). Pengujian nilai kuat desak benda uji silinder berpedoman pada SNI 03-1974-1990.

$$f_c = P/A$$

Dimana:

f_c = Kuat tekan beton benda uji silinder (MPa)

P = Beban desak maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji silinder (mm^2)

Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E) atau *Modulus Young* (*Timosenko dan Gere, 1987*).

Untuk menghitung ketersediaan air atau volume Modulus elastisitas ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C-459, yaitu Modulus Chord. Adapun modulus elastisitas chord (E_c) dapat dihitung dengan menggunakan rumus empiris dari ASTM C-459 sebagai berikut:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005}$$

Dimana :

S_2 = tegangan sebesar 0,4

S_1 = tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal sebesar 0,00005

ε_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton normal dengan metode SNI. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat desak dan modulus elastisitas.

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu serat almunium dan abu vulkanik Gunung Kelud. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu agregat lainnya seperti semen, pasir, kerikil dan air.

Benda uji akan diuji dengan uji kuat desak dan modulus elastisitas. Pengujian menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm, dengan masing-masing variasi persentase serat almunium (0%; 0,50%; 1% dan 1,5%) terhadap volume beton dan abu vulkanik (0% dan 20 %) terhadap berat semen. Perincian sampel benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari, dengan menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) di Laboratorium, data yang digunakan yaitu analisis statistik menggunakan program *Microsoft Excel*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Desak

NO	Bentuk Sampel	Kode Sampel	Variasi Kadar Abu Vulkanik (%)*	Variasi Kadar Serat Almunium (%)**	Jumlah Sampel
1		Silinder Beton (SB)	0%	0%	3 buah
2				0,50%	3 buah
3	Silinder ϕ 15 cm Tinggi 30 cm	Silinder Almunium (SA)	0%	1%	3 buah
4				1,50%	3 buah
5				0%	3 buah
6		Silinder Almunium		0,50%	3 buah
7		Vulkanik (SAV)	20%	1%	3 buah
8				1,50%	3 buah

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Modulus Elastisitas

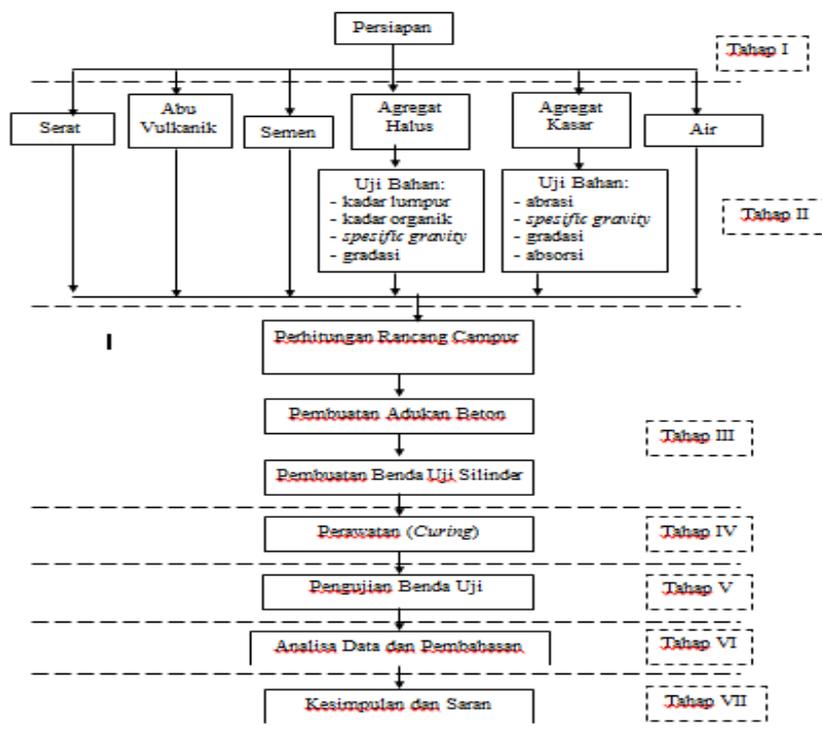
NO	Bentuk Sampel	Kode Sampel	Variasi Kadar Abu Vulkanik (%)*	Variasi Kadar Serat Almunium (%)**	Jumlah Sampel
1		Silinder Beton (SB)	0%	0%	3 buah
2				0,50%	3 buah
3	Silinder ϕ 15 cm	Silinder Almunium (SA)	0%	1%	3 buah

4	Tinggi 30 cm			1,50%	3 buah
5		Silinder		0%	3 buah
6		Aluminium		0,50%	3 buah
7		Vulkanik (SAV)	20%	1%	3 buah
8				1,50%	3 buah

*merupakan % dari berat semen

**merupakan % dari volume beton

Tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1 sebagai berikut



Gambar 1. Bagan Alir Tahap Penelitian

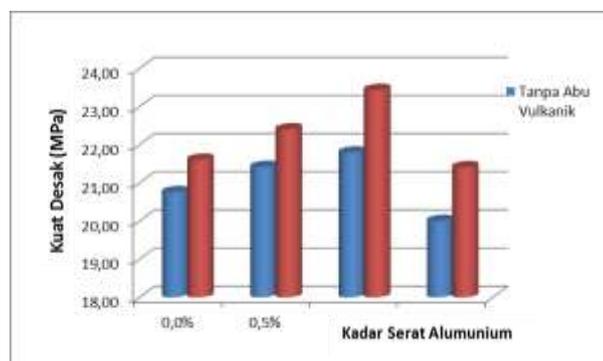
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kuat desak beton pada benda uji silinder pada umur 28 hari selengkapnya disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Desak Beton

No	Kadar Serat (%)	Kadar Abu (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	A (mm ²)	Pmaks (N)	f'c (Mpa)
1	0	0	SB 0 %	1	17662,50	370000	20,95
				2	17662,50	365000	20,67
				3	17662,50	365000	20,67

				Rerata	366667	20,76
				1	17662,50	21,51
				2	17662,50	21,80
2	0,50	0,00	SB 0,5 %	3	17662,50	20,95
				Rerata	378333	21,42
				1	17662,50	22,08
				2	17662,50	21,51
3	1,00	0,00	SB 1 %	3	17662,50	21,80
				Rerata	385000	21,80
				1	17662,50	19,53
				2	17662,50	20,10
4	1,50	0,00	SB 1,5 %	3	17662,50	20,38
				Rerata	353333	20,00
				1	17662,50	21,51
				2	17662,50	21,80
5	0	20	SA 0 %	3	17662,50	21,51
				Rerata	381667	21,61
				1	17662,50	22,65
				2	17662,50	21,92
6	0,5	20	SAV 0,5 %	3	17662,50	22,65
				Rerata	396667	22,41
				1	17662,50	23,21
				2	17662,50	22,76
7	1	20	SAV 1 %	3	17662,50	24,35
				Rerata	420000	23,44
				1	17662,50	20,95
				2	17662,50	22,91
8	1,5	20	SAV 1,5%	3	17662,50	20,38
				Rerata	368333	21,41

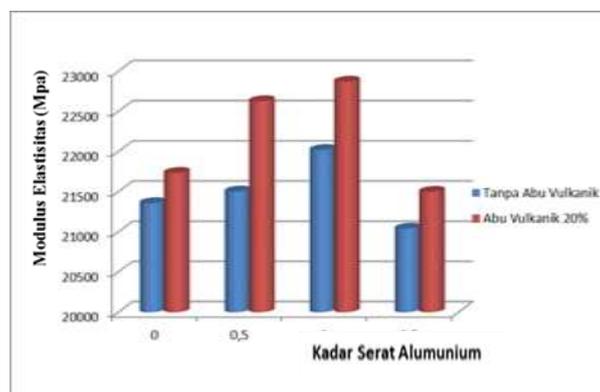


Gambar 2. Diagram Hubungan Pengaruh Variasi Penambahan Aluminium dan Abu Vulkanik Terhadap Kuat Desak Beton

Hasil pengujian modulus elastisitas pada benda uji silinder pada umur 28 hari selengkapnya disajikan dalam Tabel 4 dan Gambar 3

Tabel 4. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

No.	Kadar Serat Almunium	Kadar Abu Vulkanik	Kode Benda Uji	Ec Perhitungan (MPa)	Ec Rata-rata (MPa)
1	0%	0%	SB	22211,39	21356,67
			SB	19970,91	
			SB	21887,72	
2	0,50%	0,00%	SA 0,5	20648,89	21501,77
			SA 0,5	22603,25	
			SA 0,5	21253,18	
3	1,00%	0,00%	SA 1	22700,03	22018,71
			SA 1	20718,66	
			SA 1	22637,44	
4	1,50%	0,00%	SA 1,5	21880,93	21039,79
			SA 1,5	21076,65	
			SA 1,5	20161,78	
5	0%	20%	SAV	22211,39	21733,04
			SAV	21100,00	
			SAV	21887,72	
6	0,50%	20,00%	SAV 0,5	22671,58	22626,03
			SAV 0,5	22603,25	
			SAV 0,5	22603,25	
7	1,00%	20,00%	SAV 1	22859,69	22869,26
			SAV 1	22859,69	
			SAV 1	22888,40	
8	1,50%	20,00%	SAV 1,5	20605,50	21507,60
			SAV 1,5	22625,19	
			SAV 1,5	21292,10	

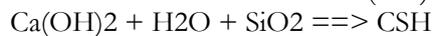
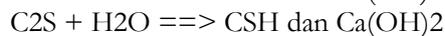


Gambar 3. Diagram Hubungan Pengaruh Variasi Penambahan Aluminium dan Abu Vulkanik Terhadap Modulus Elastisitas Beton.

Mekanisme Penambahan Abu Vulkanik

Abu Vulkanik mempunyai unsur utama yang mendominasi yaitu SiO₂ dan Al₂O₃. Penambahan abu Vulkanik ini mengakibatkan terjadinya reaksi antara Kalsium hidroksida (3Ca(OH)₂) dan silika (SiO₂) sehingga mempunyai sifat pozzoland, sehingga berakibat pada perbaikannya sifat beton tersebut. Abu Vulkanik masuk fly ash kelas N yaitu pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert, tuff dan abu vulkanik. Fly ash kelas N dikenal mempunyai sifat pozzolan yang baik. Menurut Kimberley Kurtis (2013), sifat pozzolan adalah sifat yang dimiliki bahan-bahan yang mengandung senyawa silika.

Sebenarnya bahan tersebut tidak memiliki sifat seperti semen. Namun apabila bahan tersebut dicampur dengan semen dan kemudian bereaksi dengan air maka akan membentuk senyawa CSH tiruan. Sehingga bahan pozzolan tersebut akan mempunyai sifat seperti semen. Reaksinya yaitu senyawa silika akan mengikat senyawa Ca(OH)₂ untuk membentuk senyawa CSH tiruan :



Terbentuknya senyawa CSH tiruan membuat beton semakin padat terutama pada zona transisi (daerah antara pasta semen dan agregat) yang memiliki pori-pori besar maka kuat desak beton semakin baik. Semakin banyak jumlah perekat maka semakin tinggi kuat desak beton.

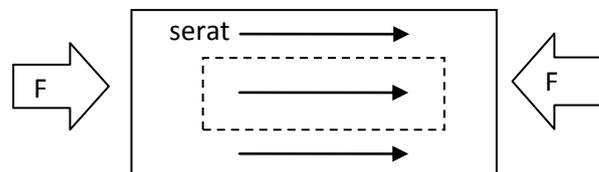
Mineral silika juga berfungsi membersihkan senyawa kotoran yang terbentuk dari proses hidrasi semen. Sehingga diharapkan dapat membuat beton semakin baik. Kemudian dari mineral silika yang belum sempat bereaksi dengan senyawa dalam semen diharapkan bisa mengisi volume pori pada beton.

Peningkatan kuat desak beton selain adanya pengaruh dari hidrasi semen dan sifat pozzolan yang dimiliki senyawa silika juga dipengaruhi oleh packing effect beton. Packing effect terjadi karena ukuran abu vulkanik termasuk fly ash tipe N yang memiliki ukuran antara 5-20 μm. Sehingga partikel yang kecil dari abu vulkanik bisa dengan baik menyebar dan mengisi volume pori pada beton sehingga beton semakin padat. Selain itu penambahan fly ash yang berukuran kecil dan bulat pada semen dapat menurunkan kebutuhan air dalam campuran, sehingga beton semakin padat. Penambahan abu vulkanik yang berukuran kecil juga akan membuat daerah disekitar zona transisi semakin padat, karena biasanya agregat yang besar tidak bisa saling mengisi dan terjadi rongga. Apabila partikel abu vulkanik yang kecil dapat mengisi pori di sekitar zona transisi maka mortar akan semakin padat. Inilah yang dinamakan packing effect dari abu vulkanik yang membuat beton semakin baik.

Mekanisme Penambahan Serat Aluminium

Untuk mengetahui mekanisme kerja serat dalam adukan beton secara bersama-sama, yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

Serat bersama pasta beton akan membentuk matrik komposit, dimana serat akan menahan beban yang ada sesuai dengan modulus elastisitasnya, dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Aksi Serat dalam Beton

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan serat aluminium dan abu vulkanik ke dalam beton normal tersebut menimbulkan dampak positif yang cukup baik dinilai dari segi peningkatan kuat desak maupun modulus elastisitasnya

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang kuat desak dan modulus elastisitas beton normal dengan bahan tambah abu vulkanik dan serat aluminium, dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

- a. Nilai kuat desak beton normal dengan bahan tambah serat almunium dan abu vulkanik pada penelitian ini mencapai nilai tertinggi pada kadar serat almunium 1 % dan abu vulkanik 20% dengan dengan kuat desak sebesar 23,44 MPa atau bertambah sebesar 12,90% dibanding kuat desak beton normal.
- b. Nilai *modulus elastisitas* beton normal dengan bahan tambah serat almunium dan abu vulkanik pada penelitian ini mencapai nilai tertinggi pada kadar serat almunium 1 % dan abu vulkanik 20% dengan *modulus elastisitas* sebesar 22869,26 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan sebesar 7,08 % terhadap beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rohman Anshory. 2015 .Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Kelud sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus pada Beton Normal sebagai Pendukung Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton (Pada Mahasiswa PTB, JPTK, UNS).
- Ahmad Baihaqi. 2007. Penggunaan Abu Vulkanik sebagai Bahan Campuran Pembuatan Beton . Teknik Sipil. Universitas Indonesia, Jakarta
- ASTM C 618-00, Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in concrete, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, USA
- Balaguru, P.N., Shah, S.P. (1992). *Fiber Reinforced Cement Composites*, McGraw-Hill International Edition, Singapore.
- Candra Kurniawan, Perdamean Sebayang dan Mulyadi (2011) yang berjudul “Pembuatan Beton High-Strength Berbasis Mikrosilika dari Abu Vulkanik Gunung Merapi. Teknik Sipil. Universitas Indonesia
- Cement & Concrete Institute. (2001). *Fibre Reinforced Concrete*, Cement & Concrete Institute, Midrand.
- Dewi Ratna Setyawati. 2010. Kajian Kuat Tarik Belah Dan Modulus Of Rupture Beton Normal Dengan Bahan Tambah Metakaolim Dan Serat Aluminium. Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Gambhir, M. L. 1986. *Concrete Technology*. Tata Mc Grow Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1996. Mekanika Bahan, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hossain K.M.A., Lachemi M., *Strength, durability and micro-structural aspects of high performance Volcanic ash concrete*, Cement and Concrete Research, 2007, 37(1), p. 759-766.
- Kurtis, Kimberley. 2013 . *Portland Cement Hydration*. Georgia : Georgia Institute of Technology .
- Kurtis, Kimberley. 2013 . *Structure of the Hydrated Cement Paste*. Georgia : Georgia Institute of Technology .
- Kurtis, Kimberley. 2013 . *Supplementary Cementing Material*. Georgia : Georgia Institute of Technology .
- Murdock, L.J dan K.M Brook (Terjemahan : Stephanus Hendarko). 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga
- Nassir and Marzouk. 1979. Blended cement using volcanic ash and pumice, Cem.Concr. Res. 33 (10) (2003) 1601–1605
- Neville, A.M. 1975. *Properties of Concrete*. London: The English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Ogi Soeherman .2015. Aplikasi Abu Vulkanik Gunung Kelud untuk Ashcrete Dengan Metode Fluidizing. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Soroshian, P. Lee, and Bayasi, Z. 1987, “*Concept of Fiber Reinforced Concrete*”, Michigan State University, Michigan.

