



Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia

# Sertifikat

Diberikan kepada

**Yenny Nurchasanah**

atas peran serta sebagai

**Pemakalah**

**Seminar Nasional - 1 BMPTTSSI - KoNTekS 5**

Peningkatan Peran Riset & Pendidikan Teknik Sipil  
dalam Penyelenggaraan Infrastruktur yang Efektif, Efisien dan Berkelanjutan

Medan, 14 Oktober 2011



Sekretaris Jenderal BMPTTSSI

Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, DEA.

Ketua Panitia Pelaksana

Prof. Dr. Ing. Johannes Tarigan

Diselenggarakan atas kerja sama BMPTTSSI dengan Departemen/Jurusan/Program Studi Teknik Sipil:



UGM



UBL



UATJ



UPH



Uin



Trisakti



UII



UNY



Uin Ar-Raniry



UnSyaichun



UIM



Uin Sunan Kalijaga



UIN



Uin St. Thomas



UIN



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**  
Fakultas Teknik

No. : 0219/XI/TS/2014  
Hal : permohonan pengalihan hak publikasi  
Lampiran : -

Yogyakarta, 6 Februari 2014

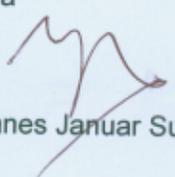
Kepada Yth.  
Ibu Yenny Nurchasanah  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dengan hormat.

Sehubungan dengan permohonan pengalihan hak publikasi atas makalah dari Ibu Yenny Nurchasanah maka kami sampaikan bahwa sesuai dengan formulir *Transfer of Right* yang pernah dikirim oleh penulis, maka hak publikasi makalah telah menjadi milik Panitia KoNTekS. Namun kami tidak keberatan bila makalah Ibu akan diunggah di web Universitas Muhammadiyah Surakarta selama diberikan catatan bahwa makalah tersebut telah dipresentasikan di KoNTekS 5 (Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-5) di Universitas Sumatera Utara, Medan pada tanggal 14 Oktober 2011.

Demikian surat tanggapan ini, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,  
Program Studi Teknik Sipil  
Ketua

  
Johanes Januar Sudjati, MT

Tembusan:  
Yth. Dekan Fakultas Teknik UAJY (sebagai laporan)

## KARAKTERISTIK DAN PERAN TANAH TULAKAN SEBAGAI POZOLAN ALAM DALAM UPAYA MENGGANTIKAN SEMEN SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI

Yenny Nurchasanah

*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta*

*Jl. A. Yani, Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura*

*Email: [yn.chasanah@gmail.com](mailto:yn.chasanah@gmail.com)*

### ABSTRAK

Bahan pozolan sudah lama dikenal di Indonesia sebagai bahan bangunan yang dicampur kapur padam. Hanya pengolahannya masih terbatas dan belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu diperlukan teknologi yang lebih maju dalam pengolahannya. Telah dilakukan pengujian terhadap suatu bahan alternatif dimana bahan tersebut akan diaplikasikan sebagai bahan pengganti semen. Bahan alternatif tersebut adalah Tanah dari daerah Tulakan-Pacitan-Jawa Timur dan berperan sebagai pengganti sebagian semen dalam jumlah tertentu pada campuran beton. Permasalahan utama yang telah terjawab dalam penelitian ini adalah dapat diketahuinya karakteristik dari tanah Tulakan dalam upayanya untuk menggantikan semen sebagai bahan konstruksi, peran tanah Tulakan tersebut dalam menggantikan bahan semen dan bagaimana kinerjanya sebagai beton struktur, bila sebagian semen sebagai salah satu komponen bahan penyusun beton sudah tergantikan dengan tanah Tulakan. Tanah Tulakan mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan dalam pembentukan semen konvensional, yaitu senyawa-senyawa oksida seperti CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Karena itu, seharusnya tanah Tulakan dapat difungsikan sebagai pengganti tanah liat yang digunakan pada pembuatan semen konvensional. Komposisi Tanah Tulakan pada campuran adalah (0% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25%) dari jumlah semen yang digunakan, dengan lima buah benda uji untuk masing-masing variasi campuran. Rencana campuran adukan beton menggunakan metode perancangan menurut cara ACI dengan faktor air semen (f.a.s) rencana 0,5. Benda uji diuji pada umur 28 hari. Penggantian semen dengan tanah sebesar 10% mengalami kenaikan 2,59% dari kuat tekan rata - rata beton normal sebesar 29,048 MPa menjadi 29,803 MPa. Penggantian semen dengan tanah sebesar 15% mengalami kenaikan 3,24%. Penggantian semen dengan tanah sebesar 20% mengalami kenaikan 0,97%. Penggantian semen dengan tanah sebesar 25% mengalami penurunan 2,93% dari kuat tekan rata - rata beton normal. Secara keseluruhan, penggunaan Tanah Tulakan sebagai pengganti semen efektif bisa mempertahankan bahkan menaikkan nilai kuat tekan beton yaitu berada pada prosentase penggantian semen antara 10% – 20% sebagai bahan campuran pada beton.

Kata kunci: Beton ; Kuat Tekan ; Pozolan Alam ; Tanah Tulakan

### 1. PENDAHULUAN

Kementerian Perindustrian (Kemenperin) mencatat permintaan semen nasional pada tahun 2010 mencapai 42 juta ton, naik dibandingkan dengan 2009 yaitu 38,4 juta ton. Bahkan, permintaan semen secara nasional pada tahun depan diproyeksikan mencapai 46,2 juta ton, naik hingga 10% dipacu oleh pembangunan infrastruktur yang dicanangkan oleh pemerintah dan perekonomian nasional yang diyakini terus berkembang (bisnisindonesia/Rahmat). Di sisi yang lain, Pengoperasian industri semen menimbulkan dampak seperti emisi gas pembakaran dan emisi debu. Emisi gas-gas hasil kalsinasi di kiln seperti gas SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan terutama debu/partikulat merupakan aspek lingkungan, yang menimbulkan dampak berupa pencemaran udara. Aspek lain dari kegiatan ini adalah pemakaian sumber daya alam, berupa batu bara dan IDO (Industrial Diesel Oil), dengan dampak pengurangan sumber daya alam batu bara dan minyak.

Keberadaan pozzolan alam di Indonesia banyak dijumpai di daerah dekat pegunungan yang masih aktif seperti di daerah Nagrek (Jawa Barat), Gunung Muria (Jawa Tengah), Gunung Lawu (Jawa Timur) dan daerah lainnya di pulau Jawa, Sumatra, Sulawesi, Nusa Tenggara dan Halmahera. Bahan pozzolan itu sendiri sudah lama dikenal di Indonesia sebagai bahan bangunan yang dicampur kapur padam. Hanya pengolahannya masih terbatas dan belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu diperlukan teknologi yang lebih maju dalam pengolahannya. Dimanapun dan siapapun produsen semen, mereka tetap menggunakan bahan yang sama, yakni batu kapur atau batu gamping dan tanah liat atau tanah lempung. Batu kapur merupakan hasil tambang yang mengandung senyawa kalsium oksida

(CaO). Sedangkan tanah lempung mengandung silika dioksida (SiO<sub>2</sub>) serta aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Kedua bahan ini kemudian mengalami proses pembakaran hingga meleleh.

Tanah Tulakan adalah sejenis tanah yang berasal dari kecamatan Tulakan, kabupaten Pacitan, Jawa Tengah. Tanah ini mempunyai warna keabu-abuan mirip dengan warna semen. Tanah Tulakan diperoleh dengan cara menggali pada kedalaman ± 8 m. Oleh penduduk sekitar sering dipakai dalam pembuatan sumur, karena apabila sering terkena air maka akan menjadi semakin keras. Berdasarkan hasil analisis kimia yang telah dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Kegunungpian (BPPK) Yogyakarta, tanah tersebut mempunyai kandungan unsur pozzolan. Sifat pozzolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam (aktif) dan air pada suhu kamar (24<sup>o</sup>C – 27<sup>o</sup>C) membentuk senyawa yang padat dan tidak larut dalam air.

Tanah Tulakan adalah tanah yang mengandung unsur silikat dan aluminat. Sehingga apabila digunakan bersamaan dengan kapur, maka sifatnya bisa berubah menjadi layaknya semen karena secara umum kandungan semen adalah kapur, silikat, dan aluminat. Jadi, tanah Tulakan mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan dalam pembentukan semen konvensional, yaitu senyawa-senyawa oksida seperti CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Karena itu, seharusnya tanah Tulakan dapat difungsikan sebagai pengganti tanah liat yang digunakan pada pembuatan semen konvensional.

## 2. IDENTIFIKASI DAN PERUMUSAN MASALAH

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik dari tanah Tulakan dalam upayanya untuk menggantikan semen sebagai bahan konstruksi. Bagaimana peran tanah Tulakan tersebut dalam menggantikan bahan semen, serta bagaimana kinerjanya sebagai beton struktur, bila sebagian semen sebagai salah satu komponen bahan penyusun beton sudah tergantikan dengan tanah Tulakan.

## 3. TINJAUAN PUSTAKA

### Pozolan

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah. Standar mutu pozzolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur.

Ketiga kelas pozzolan tersebut adalah :

- Kelas N : Pozzolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan alam yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah diatomik, opaline cherts dan shales, tuff dan abu vulkanik atau pumicite, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.
- Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.
- Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

Jenis-jenis pozzolan menurut proses pembentukannya (asalnya) di dalam ASTM 593-82 dibedakan menjadi dua jenis yaitu Pozzolan alam dan Pozzolan buatan. Pozzolan alam adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi. Sedangkan untuk pozzolan buatan sebenarnya banyak macamnya, baik merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly ash*), abu sekam (*rice husk ash*), silika fume dan lain-lain.

Menurut Persyaratan Kimia Berdasarkan ASTM C618-92a, kandungan *pozzoland* dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 1. Persyaratan Kimia Berdasarkan ASTM C618-92a

Komposisi	Kelas		
	N	F	C
Jumlah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (min, %)	70.0	70.0	70.0
$\text{SO}_3$ (max, %)	4.0	5.0	5.0
$\text{Na}_2\text{O}$ (max, %)	1.5	1.5	1.5
Kadar kelembaban (max, %)	3.0	3.0	3.0
Hilang pijar (max, %)	10.0	6 <sup>A</sup>	12

Pozzolan alam mempunyai mutu, bentuk serta warna yang berbeda-beda antara satu deposit dengan deposit yang lainnya. Misalkan mutu pozzolan di daerah Kalibagor, Situbondo mempunyai mutu jauh lebih baik dari pada yang berasal dari daerah Wlingi, Blitar. Karena mutu pozzolan alam yang tidak sama disetiap tempat, maka untuk mengontrol kualitasnya digunakan standarisasi mutu pozzolan dari ASTM.

Sifat pozzolan alam terhadap beton pada dasarnya mirip dengan pozzolan lainnya, yaitu memperlambat waktu setting sehingga kekuatan awal beton rendah, bereaksi dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (CSH) sehingga mengurangi kandungan  $\text{CA}(\text{OH})_2$  dalam beton, membuat beton tahan terhadap air laut dan sulfat.

Di dalam proses hidrasi semen selain menghasilkan senyawa CSH, CAH dan CAF yang bersifat sebagai bahan perekat juga menghasilkan kapur yang angka kelarutannya tinggi dan bersifat basa. Dengan adanya pozzolan maka kapur yang timbul akan beraksi membentuk CSH, CAH dan CAF yang mempunyai sifat sebagai bahan perekat. Semen yang mempunyai bahan tambahan pozzolan akan mempunyai sifat-sifat seperti panas hidrasi akan turun karena dengan adanya tambahan pozzolan kandungan  $\text{C}_3\text{A}$  dalam semen berkurang, campuran pasta semen pada keadaan konsistensi normal maka faktor air semen akan meningkat dengan adanya pozzolan, workabilitas dari beton yang memakai semen pozzolan akan lebih baik, merubah waktu setting, merubah kekuatan beton.

## Perencanaan Beton

Pada penelitian ini, perencanaan adukan beton menggunakan metode SK-SNI-T-15-1990-03. Prosedur perencanaannya meliputi penetapan kuat tekan beton yang direncanakan ( $f'_c$ ), penetapan nilai deviasi standar ( $S$ ), penghitungan nilai tambah atau margin ( $M$ ), penetapan kuat-tekan beton rencana rata-rata ( $f'_{cr}$ ), penetapan jenis semen portland yang diusahakan, penetapan jenis agregat, penetapan faktor air semen ( $f_{as}$ ), penetapan nilai slump, penetapan besar ukuran agegat maksimum, penetapan jumlah air, penetapan jumlah semen, penetapan perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar, penetapan berat jenis agregat campuran, penetapan berat jenis beton, penetapan kebutuhan agregat halus, dan penetapan kebutuhan agregat kasar.

## 4. METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan pokok yang digunakan adalah :

1. Semen *Portland* type *I*, digunakan sebagai bahan ikat hidrolis untuk pembuatan beton.
2. Agregat halus (pasir), digunakan sebagai bahan pengisi beton.
3. Agregat kasar (batu kerikil), digunakan sebagai bahan pengisi beton. Agregat kasar yang digunakan dibatasi yaitu yang berdiameter maksimum 10 mm.
4. Air, digunakan bahan pereaksi semen *Portland* yang juga berfungsi sebagai pelumas adukan beton.
5. Tanah Tulakan-pacitan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.



Gambar 1. Tanah dan lokasi pengambilan sampel

## Tahapan Penelitian

### Tahap I : Pengadaan dan Pemeriksaan bahan

Pada tahap ini dipersiapkan semua bahan yang akan dipakai dalam penelitian, yaitu semen Portland type I, tanah tulakan, kapur, pasir, kerikil, dan air. Sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kualitas bahan. Untuk semen dan tanah Tulakan meliputi; uji kehalusan butiran, dan uji visual. Agregat halus (pasir) meliputi; uji kandungan zat organik, kandungan lumpur, berat jenis, dan gradasi butiran. Agregat kasar (kerikil) meliputi; uji kekerasan butiran, berat jenis, berat satuan, dan gradasi butiran. Bahan-bahan tersebut secara kualitas harus memenuhi persyaratan yang diatur dalam peraturan.

### Tahap II : Perencanaan benda uji

Rencana campuran beton pada penelitian ini menggunakan metode perancangan menurut SNI. Nilai  $f_{as}$  yang digunakan adalah 0,5. Komposisi Tanah Tulakan pada campuran adalah ( 0% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25%) dari jumlah semen yang digunakan, dengan 5 buah benda uji untuk masing-masing variasi campuran.

### Tahap III : Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan setelah perhitungan rencana campuran selesai, dan persiapan alat-alat maupun bahan harus dalam kondisi baik.

*Pengujian nilai slump.* Pengujian nilai *slump* dimaksudkan untuk mengetahui kekentalan ( konsistensi ) dari pasta beton yang telah dibuat dengan menggunakan kerucut *Abram's* yang digunakan berbentuk terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Nilai *slump* yang direncanakan adalah 7,5 cm sampai 10 cm.

*Perawatan ( curing ).* Perawatan beton dilaksanakan dengan tujuan untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu dalam kondisi lembab.

*Pengujian berat jenis beton.* Pengujian berat jenis beton dimaksudkan untuk mengetahui kepadatan suatu beton.

### Tahap IV : Pelaksanaan pengujian

*Pengujian kuat tekan mortar.* Uji tekan mortar untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan pada beberapa umur tertentu yang ditinjau, untuk menentukan mutu semen-tanah yang digunakan.

*Pengujian kuat tekan beton.* Benda uji di uji pada umur 28 hari. Sehari sebelum pengujian, benda uji silinder diangkat dari bak perendaman untuk dikeringan dengan cara diangin-anginkan. Kemudian silinder diangkat dan ditempatkan secara sentris pada dudukan mesin penguji, dalam hal ini *Universal Testing Machine*. Setelah siap, maka dimulai pembebanan dengan kecepatan pembebanan diatur 15 MPa/menit. Selama pengujian, dicatat besarnya beban dan perpendekan benda uji. Pengamatan dilakukan sampai benda uji hancur.

### Tahap V : Analisis hasil pengujian

*Pengujian Mortar.* Akan diperoleh kekuatan tekan mortar pada umur tertentu yang digunakan untuk menentukan mutu semen+tanah.

*Pengujian kuat tekan.* Data hasil pengujian kuat desak silinder yang berupa beban  $P$  dan perpendekan benda uji dari pembacaan *dial gauge* digambarkan dalam suatu grafik hubungan tegangan-regangan. Kuat desak beton,  $f'_c$  diperoleh dengan menghitung persamaan kuat-tekan beton. Dari lima benda uji, diambil nilai rata-ratanya. Dari membandingkan nilai kuat-tekan rerata antara variasi benda uji, dapat diketahui seberapa besar pengaruh komposisi tanah terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan.

## 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Tanah Tulakan

Dari hasil analisis kimia yang dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK) Yogyakarta, didapatkan hasil :

Tabel 2. Kandungan Tanah Tulakan

UNSUR	KANDUNGAN (%)
SiO <sub>2</sub>	53,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,66
CaO	4,87
MgO	1,10
Na <sub>2</sub> O	2,15
K <sub>2</sub> O	2,69
MnO	0,07
TiO <sub>2</sub>	1,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27
H <sub>2</sub> O	4,20
HD	7.84

Berdasarkan kandungan yang dimiliki, tanah Tulakan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam pozzolan kelas N, terlihat dari Tabel 2. di atas jumlah SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dari 70 % dan kandungan SO<sub>3</sub> kurang dari 4% dari beratnya ( Berdasarkan ASTM C618-92 ).

Tabel 3. Perencanaan campuran beton untuk 5 buah benda uji.

fas	Tanah (%)	Air (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Semen (Kg)	Tanah (kg)
0,5	0	3,236	12,579	16,274	6,473	0
	10				5,825	0,6473
	15				5,502	0,9709
	20				5,178	1,2946
	25				4,854	1.6182

### Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat tekan

Jenis Beton	Kuat Tekan Rata – rata ( gr/cm <sup>3</sup> )
Beton Normal ( tanah 0% )	29,048
Beton dengan Bahan Tambah Tanah 10%	29,803
Beton dengan Bahan Tambah Tanah 15%	29,991
Beton dengan Bahan Tambah Tanah 20%	29,331
Beton dengan Bahan Tambah Tanah 25%	28,199



Gambar 2. Grafik Hubungan antara kuat tekan beton dan penambahan Tanah

Perbandingan antara beton silinder normal dengan beton silinder yang diganti sebagian semen dengan tanah Tulakan memperlihatkan kuat tekan dari masing-masing variasi, yaitu penggantian semen dengan tanah sebesar 10% mengalami kenaikan 0,755 MPa atau 2,59% dari kuat tekan rata - rata beton normal sebesar 29,048 MPa menjadi 29,803 MPa. Sedangkan pada penambahan tanah sebesar 15% mengalami kenaikan 0,943 MPa atau 3,24 % dari kuat tekan rata - rata beton normal menjadi 29,991 MPa. Pada penambahan tanah sebesar 20% mengalami kenaikan 0,283 MPa atau 0,97% dari kuat tekan rata - rata beton normal menjadi 29,331 MPa. Sedangkan yang terjadi pada penambahan tanah sebesar 25% mengalami penurunan 0,849 MPa atau 2,93% dari kuat tekan rata - rata beton normal sebesar 29,048 MPa menjadi 28,199 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggantian semen dengan tanah sebesar 15% kuat tekan rata - rata beton mencapai maksimum, yaitu 29,991 MPa sedangkan pada penambahan tanah sebesar 25% mengalami penurunan sehingga kuat tekan rata – ratanya 28,199 MPa. Jadi penggantian semen dengan tanah Tulak'an yang efektif berkisar antara 10 – 20% yang masih bisa digunakan sebagai campuran pada beton.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan kandungan kimia yang dimiliki, tanah Tulakan termasuk dalam pozzolan kelas N, yaitu dengan jumlah  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  lebih dari 70 % dan kandungan  $\text{SO}_3$  kurang dari 4% dari beratnya ( Berdasarkan ASTM C618-92 ).

Secara keseluruhan, penggunaan Tanah Tulakan sebagai pengganti sebagian semen efektif bisa mempertahankan kuat tekan beton, bahkan dapat menaikkan nilai kuat tekan beton pada komposisi campuran tertentu yaitu berada pada prosentase penggantian semen antara 10% sampai dengan 20% sebagai bahan campuran pada beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Standart Testing Method C 618 – 93, 1991. *Standard Test Method for Fly Ash*, Annual book of ASTM volume 04.02, USA
- Anonim, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SKSNI T15-1990-03, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Puspen dan Pengembangan Pemukiman, Jakarta.
- Gideon, H. K., Kole P, Sagel, 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Murdock, dan K.M.Brook, 1999. *Bahan dan Praktek Beton*, terjemahan Hindarko, S, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nugraha, P, 1989. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Tjokrodinuljo, K, 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K, 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.