

PERKEMBANGAN KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN MEMANFAATKAN TEKNOLOGI *HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE*

Teguh Fajar Prihantoro¹, Mochamad Solikin²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: msolikin@ums.ac.id

Abstrak

Teknologi beton dari waktu ke waktu semakin mengalami perkembangan, hal ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas beton yaitu agar diperoleh kekuatandan durability yang tinggi . Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh beton mutu tinggi dengan memanfaatkan fly ash sebagai bahan untuk menggantikan semen sampai 50% (high volume fly ash concrete). Penelitian ini dilakukan dengan menguji perkembangan kuat tekan beton high volome fly ash pada umur 14 hari, 28 hari dan 56 hari dan sebagai pembandingan yaitu kuat tekan beton tanpa campuran fly ash (beton normal).Kedua campuran tersebut menggunakan fas rendah sehingga digunakan superplasticizer sebanyak 1% untuk tercapai workability yang baik pada saat pencampuran. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15cm x15cm x15cm dengan jumlah sampel masing 12 untuk betonHVFA dan beton normal. Mutu beton yang direncanakan adalah 45 Mpa menggunakan metode ACI dengan nilai slump ± 10 cm. Dari penelitian ini diperoleh bahwa kuat tekan untuk beton normal dan beton HVFA masing-masing adalah pada umur 14 hari sebesar: 38 Mpa dan 29 Mpa, pada umur 28 hari sebesar: 40 Mpa dan 39 Mpa, dan pada umur 56 hari sebesar: 42 Mpa dan 42 Mpa. Data tersebut menunjukkan bahwa beton HVFA dapat mencapai kuat tekan yang sama dengan beton normal.

Kata kunci: beton mutu tinggi; high volume fly ash concrete; kuat tekan; superplasticizer; testslump

Pendahuluan

Beton, sejak dulu dikenal sebagai material dengan kekuatan tekan yang memadai, mudah dibentuk, mudah diproduksi secara lokal, relatif kaku, dan ekonomis. Tapi di sisi lain, beton juga menunjukkan banyak keterbatasan baik dalam proses produksi maupun sifat-sifat mekaniknya, sehingga beton pada umumnya hanya digunakan untuk konstruksi dengan ukuran kecil dan menengah. (Hidayat, 2010)

Namun perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan. Hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan dengan betang panjang dan lebar, bangunan gedung bertingkat tinggi (terutama untuk kolom dan beton pracetak), dan fasilitas lain. Perencanaan fasilitas-fasilitas tersebut mengarah kepada digunakannya beton mutu tinggi yang mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layan dan efisiensi.Dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan.Hal tersebut menyebabkan beban yang diterima pondasi secara keseluruhan menjadi lebih kecil pula. Jika ditinjau dari segi ekonomi hal tersebut tentu akan lebih menguntungkan.

Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang berorientasi ada kekuatan yang tinggi (*high strenght concrete*) yang mempertimbangkan keawetan (*durability*) beton serta kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Berdasarkan SNI-PD-T-04-2004-C beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan yang disyaratkan $f'c$ 40 Mpa – 80 Mpa, dengan benda uji standar silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 56 hari ataupun 90 hari atau tergantung waktu yang ditentukan.

Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas.Porositas merupakan persentase pori-pori atau ruang kosong dalam beton terhadap volume benda (volume total beton).Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil porositas kuat tekannya semakin besar.Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi besar dan kecilnya fas yang digunakan.Semakin besar fas-nya porositas semakin besar, sebaliknya semakin kecil fas-nya porositas semakin kecil. Untuk mendapatkan beton bermutu tinggi (kuat tekan tinggi) maka harus dipergunakan fas rendah, namun jika fas-nya terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pematatannya tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut berakibat menurunnya kuat tekan beton. (Mardiyono, 2010)

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah, dari beberapa bahanbahan tambah yang ada diantaranya adalah abu terbang (*fly ash*) selain dapat meningkatkan mutu beton, juga dapat mempengaruhi tegangan dan regangan pada beton.

Fly ash merupakan hasil pembakaran dari pembangkit listrik tenaga batubara, diketahui sebagai bahan *pozzolan* yang dapat digunakan baik sebagai komponen campuran semen *portland* atau sebagai bahan tambahan adukan (mortar) beton semen untuk mendapatkan kualitas beton yang tinggi dan ekonomis. Sebagai bahan tambah beton, *fly ash* dinilai dapat meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kekedapan air, dan ketahanan terhadap sulfat dan kemudahan dalam hal pengerjaan. *Fly ash* atau abu terbang mempunyai bentuk butiran partikel sangat halus sehingga dapat menjadi pengisi rongga-rongga (*filler*) dalam beton sehingga mampu meningkatkan kekuatan beton dan menambah kekedapan beton terhadap air serta mempunyai keunggulan dapat mencegah keretakan halus pada permukaan beton. Dari berbagai kandungan yang dimiliki *fly ash*, *fly ash* dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas F, C, dan N.

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini mempunyai tujuan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan teknologi *high volume fly ash concrete* dan *superplasticizer*, selanjutnya akan dilakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur dan modulus elastisitas, serta pengujian terhadap tiap-tiap kadar masing-masing bahan (air, semen, agregat dan *fly ash*, *superplasticizer*) dalam campuran. Dengan penambahan zat *additive* tersebut direncanakan kuat tekan akan mencapai 45 MPa untuk benda uji kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm.

Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, yaitu dengan mengadakan percobaan dilaboratorium guna mendapatkan hasil yang menjelaskan bagian-bagian yang diteliti. Pengujian dilakukan melalui uji perkembangan kuat tekan beton.

Ada 5 tahapan pelaksanaan untuk melakukan penelitian ini:

Tahap 1: Persiapan alat dan penyediaan bahan, tahap ini meliputi persiapan alat dan penyediaan bahan penyusun beton.

Tahap 2: Pemeriksaan bahan, pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap bahan penyusun beton seperti: agregat halus (pengujian berat jenis, kadar lumpur, kandungan organik, analisa saringan dan *absorption*), agregat kasar (pengujian analisa saringan, *absorption*, berat satuan volume dan keausan), pengujian kandungan *fly ash*.

Tahap 3: Perencanaan benda uji dan pembuatan benda uji, pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) untuk pembuatan adukan beton dan sampel untuk pengujian kuat tekan beton. Metode yang digunakan untuk campuran beton adalah ACI dengan $f'c$ 45 Mpa. Karena fas yang digunakan rendah, maka digunakan *superplasticizer* sebanyak 1% dari jumlah semen. Semua bahan dicampur kemudian diaduk hingga rata menggunakan molen, setelah itu dilakukan pengujian *slump/slump test*. Apabila nilai *slump* sesuai rencana (± 10 cm), maka adukan dicetak pada cetakan kubus. Setelah 24 jam sampel dilepas dari begesting dan dilakukan perawatan/ *curing* dengan cara direndam didalam air. Perawatan dilakukan terhadap semua sampel agar sampel tetap dalam kondisi baik sampai pada waktunya dilakukan pengujian. Berikut ini adalah Proporsi campuran beton mutu tinggi yang akan diterapkan dalam penelitian,

Tabel 1. Proporsi campuran beton mutu tinggi

Jenis Bahan Tambah	Kode	Jenis Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Semen Kg	<i>Fly Ash</i> Kg	Pasir Kg	Krikil Kg	Air Liter	<i>Sp</i> %
Tanpa Campuran Fly Ash (Beton Normal)	N1	KUBUS	12	27,747	-	34,433	51,597	10,004	1
Menggunakan Bahan Tambah Fly Ash 50 %	F1	KUBUS	12	13,874	13,874	34,433	51,597	10,004	1

(sumber: hasil perhitungan)

Keterangan:

N1 = Beton normal (kubus)

F1 = Beton dengan campuran *fly ash* untuk menggantikan semen sampai 50%

Sp = *Superplasticizer*

Benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kubus dengan ukuran 15cm x 15cm x 15cm. Dengan rincian masing-masing 12 sampel beton normal dan 12 sampel beton HVFA.

Tahap 4: Pengujian benda uji, pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan dengan masing-masing 4 sampel pada setiap umur beton yang sudah ditentukan yaitu 14 hari, 28 hari dan 56 hari.

Tahap 5: Analisa dan pembahasan, tahap ini adalah proses menganalisa data setelah dilakukan semua pengujian. Sehingga dari hasil analisa dan pembahasan dapat diambil sebuah kesimpulan dan saran dari penelitian tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian agregat meliputi kandungan zat organik, kandungan lumpur, berat jenis, serapan air, dan gradasi, serta pengujian keausan untuk agregat kasar.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat	Keterangan
Kandungan Organik	No.2	1-5	Memenuhi
Kandungan Lumpur	2,37	< 5%	Memenuhi
<i>Saturated Surface Dry (SSD)</i>	2	< 3,8	Memenuhi
<i>Spesific Gravity dan Absorption</i>			
a) Berat Jenis Bulk	2,45	-	-
b) Berat Jenis SSD	2,85	-	-
c) Berat Jenis semu	2,71	-	-
d) Absorption (%)	4,51 %	< 5 %	Memenuhi
Modulus halus butir	3,23	1,5 - 3,8	Memenuhi

(sumber: hasil penelitian)

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat	Keterangan
<i>Spesific Gravity dan Absorption</i>			
a) Berat Jenis Bulk	2,35	-	
b) Berat Jenis SSD	2,41	-	
c) Berat Jenis semu	2,50	-	
d) Absorption (%)	2,53 %	< 5 %	Memenuhi
Modulus halus butir	6,23	5 - 8	Memenuhi
Keausan	36%	< 40%	Memenuhi

(sumber: hasil penelitian)

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa kandungan agregat yang digunakan dalam campuran beton mutu tinggi sudah memenuhi syarat.

Pengujian *fly ash* dilakukan untuk mengetahui bahan kimia yang terkandung didalam *fly ash*. Dari berbagai kandungan yang dimiliki *fly ash*. Kandungan *fly ash* yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari sisa pembakaran batu bara Jepara. Berikut adalah kandungan bahan kimia yang terkandung didalam *fly ash*.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Fly Ash*

No	Komposisi Kimia	Presentase %
1	SiO ₂	45,27
2	CaO	13,32
3	MgO	2,83
4	FeO ₃	10,59
5	Al ₂ O ₃	20,07
6	TiO ₂	0,82
7	K ₂ O	1,59
8	Na ₂ O	0,98
9	P ₂ O ₅	0,41
10	SO ₃	1,00
11	MnO ₂	0,07

(sumber :Hasil pengujian fly ash dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo oleh Sucofindo)

Dari tabel 4, bahwa kadar (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) didapat sebesar 75,93%, sedangkan batas (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) untuk kelas C adalah minimal 50% dan batas (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) untuk kelas F adalah 70%. Maka didapat kesimpulan bahwa *fly ash* dari PT. Jaya Ready Mx Sukoharjo masuk pada kategori kelas F (*ACI Manual Of Concrete Practice 1993. Part 1 226.3R-3*).

Workability (kemudahan pengerjaan) beton dapat dilihat dari nilai *slump* yang terjadi. Nilai *slump* merupakan parameter *workability*, dimana semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah proses pengerjaan beton (*workability*). Pada penelitian ini nilai *slump* sudah ditentukan, untuk masing-masing campuran penurunan nilai *slump* sebesar ±10cm. Karena fas yang digunakan dalam campuran ini rendah yaitu sebesar 0,36, maka digunakan *superplasticizer* sebanyak 1% untuk tercapai *workability* yang baik pada saat pencampuran beton.

Meskipun *workability* yang dicapai sudah baik, tetapi kenyataan dalam penelitian ini, pada saat penuangan beton dari molen kedalam cetakan tidak dapat dilakukan secara manual, harus menggunakan alat-alat bantu. Hal ini dikarenakan pada saat campuran beton di tuangkan, campuran akan cepat mengalami ikatan yang menjadikan beton cepat mengeras.

Bleeding adalah peristiwa naiknya air ke atas permukaan pada saat adukan beton telah mengalami konsolidasi, namun belum mengalami pengikatan. Pada penelitian ini, dengan pemakaian *fly ash* pada campuran beton dapat mengurangi terjadinya *bleeding*, dari pada beton normal.



beton normal



beton HVFA

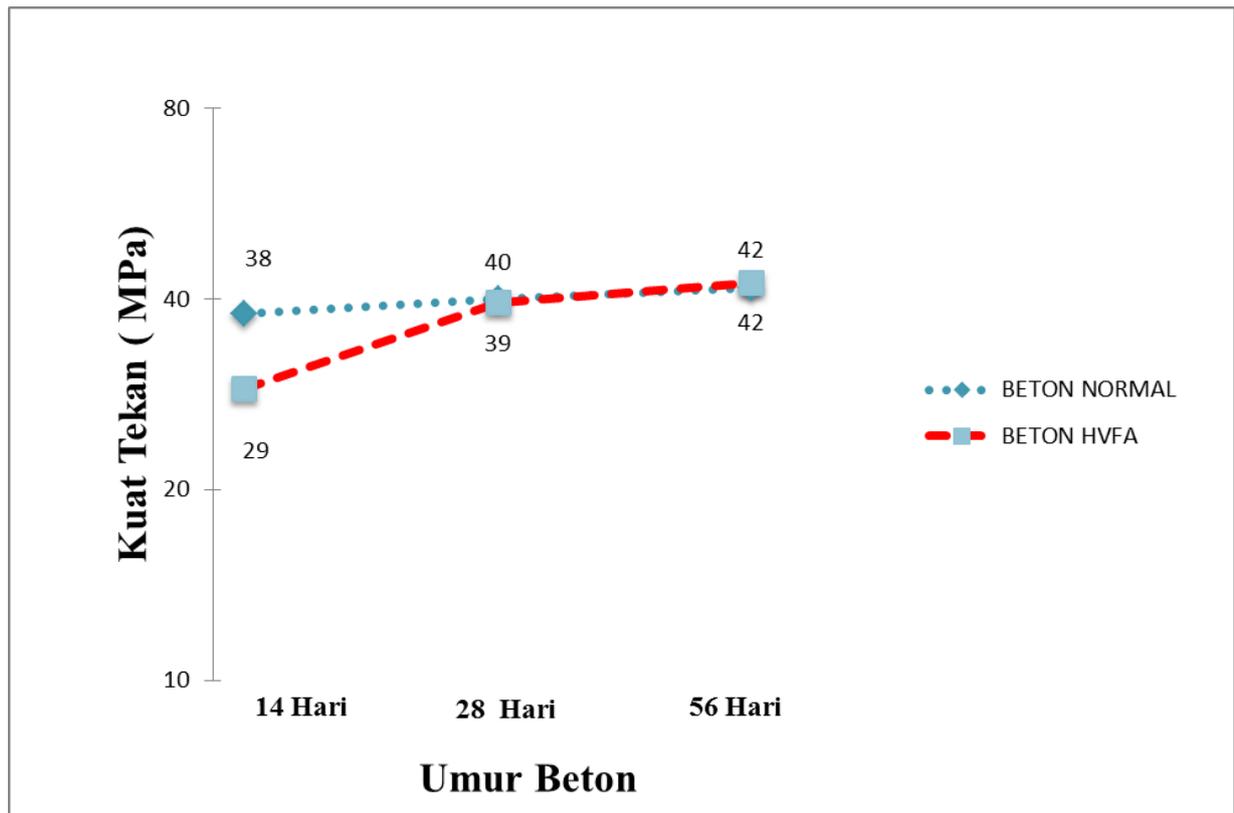
Gambar 1. Terjadinya *bleeding* pada saat penuangan beton segar

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diterima beton sampai beton mencapai kekuatan maksimum. Pada penelitian ini ini pengujian dilakukan pada umur 14 hari, 28 hari dan 56 hari.

Tabel 5. Hasil Pengujian perkembangankuat tekan beton

Jenis Bahan Tambah	Kode	Umur Beton (Hari)	Luas Penampang (A) (cm ²)	Berat Benda Uji (Kg)	Beban Max (P) (kN)	f'cr (MPa)	Rata-rata (MPa)	f'c (MPa)	Rata-rata (MPa)
Tanpa campuran Fly Ash (Beton Normal)	N1-1	14	225	8,260	1020	45	47	36	38
	N1-2			8,420	1125	50		40	
	N1-3			8,370	1020	45		36	
	N1-4			8,390	1095	49		39	
	N1-1	28	225	8,240	1150	51	50	41	40
	N1-2			8,515	1155	51		41	
	N1-3			8,355	1095	49		39	
	N1-4			8,305	1090	48		39	
	N1-1	56	225	8,585	1120	50	52	40	42
	N1-2			8,445	1120	50		40	
	N1-3			8,615	1220	54		43	
	N1-4			8,600	1220	54		43	
Bahan tambah Fly Ash 50 %	F1-1	14	225	8,410	880	39	36	31	29
	F1-2			8,360	610	27		22	
	F1-3			8,455	880	39		31	
	F1-4			8,400	870	39		31	
	F1-1	28	225	8,475	1070	48	49	38	39
	F1-2			8,445	1120	50		40	
	F1-3			8,385	1120	50		40	
	F1-4			8,295	1120	50		40	
	F1-1	56	225	8,400	1280	57	53	46	42
	F1-2			8,285	1120	50		40	
	F1-3			8,505	1130	50		40	
	F1-4			8,295	1250	56		44	

(sumber: hasil penelitian)



(sumber: hasil penelitian)

Gambar 2. Grafik perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton dengan fly ash sebagai pengganti semen sebanyak 50 %

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton pada umur 14 hari untuk beton HVFA lebih rendah dari kuat tekan rencana yaitu sebesar 29 MPa dibanding dengan kuat tekan beton normal yang mencapai 38 MPa. Tetapi pada umur 28 hari kuat tekan untuk beton HVFA sudah mendekati kuat tekan beton normal masing-masing sebesar 39 MPa dan 40 MPa. Bahkan kuat tekan beton HVFA di umur 56 hari sudah sebanding dengan beton normal yaitu sebesar 42 MPa.

Tabel 6. Perkembangan kuat tekan beton

No	Umur benda Uji	Kode	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Persentase Kuat Tekan Umur 28 hari (%)
1	14 hari	N1	38	95
		F1	29	73
2	28 hari	N1	40	100
		F1	39	100
3	56 hari	N1	42	104
		F1	42	108

(sumber: hasil penelitian)

Kuat tekan beton untuk umur 28 dianggap sebagai kuat tekan 100%, jadi dari tabel 6 dapat kita simpulkan bahwa kuat tekan pada umur 14 hari, untuk beton normal presentase kuat tekan mencapai 95% sedangkan untuk beton *high volume fly ash concrete* kuat tekan baru mencapai 73%. Dan kuat tekan pada umur 56 hari, untuk beton normal presentase kuat tekan dan mencapai 104% sedangkan presentase kuat tekan untuk beton *high volume fly ash concrete* mencapai 108%. Hal ini menunjukkan pada umur lebih dari 28 hari perkembangan beton HVFA lebih tinggi dari beton normal.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dengan penambahan *superplasticizer* dapat meningkatkan *workability*, dan nilai *slump* dapat dicapai, meskipun dengan menggunakan fas yang rendah.
2. Pada saat penuangan campuran beton kedalam cetakan selalu terjadi *bleeding*, tetapi untuk campuran beton HVFA dapat mengurangi terjadinya *bleeding*.
3. Dari hasil penelitian ini dengan pemakaian *fly ash* sebanyak 50% untuk menggantikan semen pada campuran beton pada saat dilakukan pengujian mempunyai kekuatan yang sebanding dengan beton normal pada umur 56 hari.
4. Beton HVFA mengalami reaksi ikatan lebih lambat dibandingkan dengan beton normal.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terselenggara dibiaya oleh Ditlitabmas melalui dana penelitian hibah bersaing dengan nomor kontrak:135.46/A.3-III/LPPM/IV/2015. Penulis berterimakasih kepada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah berkenan meminjamkan alat-alat selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

Antoni dan Nugraha, P, 2007. *Teknologi Beton*, C.V Andi Offset, Yogyakarta.

ASTM C 469. *Standar Test Method for Static Modulus of Elastisitas and Paission's Ratio of Concrete in Compression*

ASTM C 642 – 97. *Standart Test Method of Density, Absorption, and Void's in Hardened Concrete*

Hernando, F. 2009. *Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Superplasticizer dan Pengaruh Penggantian Semen Dengan Fly Ash*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

<http://tatangw.blogspot.com/2011/04/bahan-superplasticizer-untuk-beton.html>

Mardiono.2010. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dalam Beton Mutu Tinggi*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma Jakarta.

Pujianto.2010. *Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplastizer dan Fly Ash*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

SNI 1970:2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Jakarta.

Tjokrodimuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, PT Naviri, Yogyakarta.