

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**UJI BANDING KUALITAS *FLOWING CONCRETE* DITINJAU
DARI TINGGI JATUH PENGECORAN DAN JENIS SEMEN**



Oleh :

**Nuryadin Eko Raharjo, M.Pd.
Slamet Widodo, ST, MT**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2006**

**Penelitian ini dibiayai dengan dana DIPA
Nomor Kontrak : 2133/J35.15/DIPA/KU/2005**

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Teknologi dalam bidang konstruksi dari tahun ke tahun semakin berkembang, baik dari segi desain maupun metode-metode konstruksi yang dilaksanakan. Pelaksanaan pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini lebih banyak didominasi dengan pemanfaatan beton sebagai material utamanya, hal ini lebih dipengaruhi karena melimpahnya ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan sehingga dapat menekan biaya konstruksi yang harus disediakan. Kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan infrastruktur saat ini terletak pada mahalannya harga tanah di kota-kota besar yang merupakan pusat perdagangan dan industri (*central business district*) sehingga dapat menghambat pengembangan infrastruktur ke arah horisontal. Konsep yang lebih tepat untuk mengatasi kendala ini adalah optimalisasi lahan yang tersedia melalui pengembangan ke arah vertikal dengan pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi (*multistorey building*).

Pembangunan gedung bertingkat tinggi yang menggunakan beton sebagai komponen struktur utamanya memerlukan penguasaan teknologi konstruksi yang tepat agar diperoleh hasil yang berkualitas dan efisien. Pelaksanaan transportasi beton segar dari *mixer* menuju ketinggian yang diinginkan merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan. Metode pelaksanaan transport beton arah vertikal yang banyak digunakan saat ini adalah cara pemompaan (*pumping*). Masalah utama yang sering dihadapi dalam pelaksanaan pemompaan beton adalah: (1) diperlukan

beton yang memiliki kemampuan mengalir dengan baik (*flowing concrete*), (2) konfigurasi tulangan pada bangunan tingkat tinggi biasanya sangat rapat sehingga bagian ujung pompa tidak dapat menyentuh bagian dasar pengecoran.

Flowing concrete pada umumnya diproduksi dengan bahan tambah *superplasticizer* dengan partikel halus (lolos saringan 200 μm) minimal 350 kg/m^3 . Menurut Sonebi dan Khayat (2001), pada pengecoran beton di bawah air dengan *flowing concrete* yang menggunakan 20% *fly ash* dan 6% *silica fume* sebagai bahan substitusi semen dapat menghasilkan kekuatan tersisa (*residual strength*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan *binder* yang hanya berupa semen portland saja. Hal ini disebabkan karena penggunaan *fly ash* dan *silica fume* dapat meningkatkan homogenitas dan viskositas beton segar.

Jenis semen yang beredar di pasaran Indonesia saat ini didominasi Semen portland jenis I dalam kemasan 50 kg dan *Portland Pozzolan Cement* (semen yang telah ditambah dengan bahan pozolan) dalam kemasan 40 kg, dimana harga per-kilogram keduanya hampir sama, tetapi sampai sekarang belum diketahui jenis semen yang paling tepat untuk digunakan dalam produksi *flowing concrete*. Semen portland digunakan untuk bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti untuk membangun gedung bertingkat, jalan raya, landasan pacu pesawat dll. PPC juga digunakan untuk bangunan umum dan mempunyai kegunaan khusus yaitu untuk bangunan yang memerlukan ketahanan terhadap garam laut, sulfat dengan panas hidrasi sedang. Contoh bangunan - bangunan yang telah menggunakan semen portland antara lain : Tugu Monas, masjid Istiqlal, gedung DPR/MPR Senayan, jembatan layang Semanggi Jakarta, renovasi candi Borobudur

dan gedung-gedung bertingkat yang lain. Adapun contoh bangunan - bangunan yang telah menggunakan PPC antara lain perluasan peti kemas Tanjung Perak Surabaya, perluasan pelabuhan Tanjung Emas Semarang, pelabuhan Semen Gresik di Tuban, pembangunan PLTU Tanjung Jati Jepara, PLTU Paiton Probolinggo, raft foundation hotel Sumerset Surabaya, raft foundation pembangunan hotel JW Marriot Surabaya dll (www.semengresik.com/indonesia/faq/index.php).

Sementara itu kualitas hasil pekerjaan yang paling penting dalam pembangunan struktur beton adalah kuat tekan dan serapan air beton. Sampai saat ini juga belum diketahui bukti ilmiah tentang dampak penuangan *flowing concrete* dimana ujung pompa yang digunakan tidak menyentuh dasar pengecoran.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan uji banding terhadap kuat tekan dan serapan air *flowing concrete* yang menggunakan Semen Portland (PC) jenis I dan *Portland Pozzolan Cement* (PPC) Jenis I dengan perbedaan tinggi jatuh pengecoran.

B. Identifikasi Masalah

Penelitian-penelitian yang diperlukan dalam penggunaan *flowing concrete* untuk bangunan tingkat tinggi, antara lain :

- a. Metode rancang campur yang efektif dan efisien.
- b. Pemilihan material yang murah tetapi berkualitas.
- c. Cara pelaksanaan pekerjaan beton yang efektif dan efisien
- d. Kajian kualitas beton (*hardened concrete*) yang dihasilkan.
- e. Kajian kinerja elemen struktur yang dihasilkan.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini menitik beratkan pada masalah yang berkaitan dengan pemilihan material yang digunakan dan kajian kualitas hasil pekerjaan beton jenis *flowing concrete*. Faktor-faktor yang dikendalikan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi :

- a. Agregat yang digunakan maksimum berukuran 19 mm.
- b. Jenis semen yang digunakan adalah semen portland (PC) jenis I dan *portland pozzolan cement* (PPC) Jenis I merk Semen Gresik.
- c. Rencana campuran adukan beton (*mix design*) mengacu pada standar perencanaan Departemen Pekerjaan Umum (SK. SNI. T-15-1990-03) dengan perbandingan sesuai hasil *mix design* dalam penelitian.
- d. Bahan tambah yang digunakan berupa *superplasticizer* merk Sikament sebesar 6% dari berat *binder* yang digunakan.
- e. Hasil pengujian *slump* beton segar lebih dari 18 cm.
- f. Faktor air semen (*water cement ratio*) ditetapkan sebesar 0,45.
- g. Kualitas *flowing concrete* dalam penelitian ini dibatasi ditinjau dari kuat tekan dan serapan air beton.

D. Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui :

- a. Apakah terdapat perbedaan kuat tekan pada *flowing concrete* akibat tinggi jatuh pengecoran baik yang menggunakan PC maupun PPC ?

- b. Apakah terdapat perbedaan serapan air pada *flowing concrete* akibat tinggi jatuh pengecoran baik yang menggunakan PC maupun PPC ?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan metode konstruksi yang berkualitas dan efisien dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi serta mendapatkan argumentasi ilmiah yang memadai tentang asumsi keseragaman kualitas setiap bagian elemen struktur. Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Menganalisa perbedaan kuat tekan pada *flowing concrete* akibat tinggi jatuh pengecoran baik yang menggunakan PC maupun PPC.
- b. Menganalisa perbedaan serapan air pada *flowing concrete* akibat tinggi jatuh pengecoran baik yang menggunakan PC maupun PPC.

F. Kontribusi Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini meliputi :

- a. Manfaat teoritis yaitu mengembangkan bidang ilmu teknologi beton, tepatnya dalam pemilihan semen untuk rancang campuran *flowing concrete* dalam upaya menghasilkan struktur bangunan yang berkualitas dan efisien.
- b. Manfaat praktis yang diharapkan adalah :
 - 1) Mendapatkan argumentasi ilmiah tentang kesesuaian asumsi perhitungan struktur beton dengan kenyataan kinerja elemen struktur yang terpasang sesungguhnya di lapangan.

- 2) Memberikan masukan pada industri jasa konstruksi (perencana, pelaksana dan pengawas) terutama bagi industri *ready-mix concrete* yang banyak berhubungan langsung dengan proses produksi *pumpable concrete*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Semen Portland (PC)

Semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan. Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu : trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A) dan tetrakalsium aluminoforit (C_4AF), selain itu pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil misalnya : MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau potasium (Na_2O dan K_2O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Neville dan Brooks, 1987).

Unsur C_3S dan C_2S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, 1996), bila semen terkena air maka C_3S akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur C_3A bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam, semen yang mengandung unsur C_3A lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan

terhadap sulfat. Unsur yang paling sedikit dalam semen adalah C_3AF sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan pasta semen atau beton.

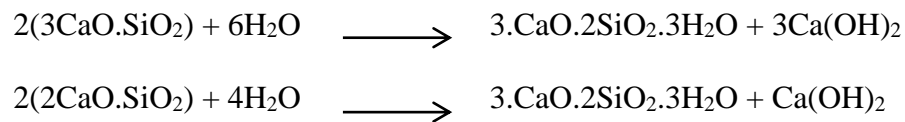
Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI 15-2049-2004) mengenal 5 jenis semen, yaitu :

- a. Tipe I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Tipe II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan Kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- d. Tipe IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

Tabel 1 Komposisi Penyusun Semen Menurut ASTM C 180-84 (Neville dan Brooks, 1987)

Semen	Persentase Komponen Penyusun							
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	$CaSO_4$	CaO Bebas	MgO	Hilang Pijar
Tipe I	59	15	12	8	2,9	0,8	2,4	1,2
Tipe II	46	29	6 (≤ 8)	12	2,8	0,6	3,0	1,0
Tipe III	60	12	12 (≤ 15)	8	3,9	1,3	2,6	1,9
Tipe IV	30(≤ 35)	46(≥ 40)	5 (≤ 7)	13	2,9	0,3	2,7	1,0
Tipe V	43	36	4 (≤ 5)	12	2,7	0,4	1,6	1,0

Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan sisa dari reaksi antara C_3S dan C_2S dengan air, kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

B. Semen Portland Pozolan (PPC)

Menurut SNI 15-0302-2004 *PPC* adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan.

Pozolan merupakan bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen

Semen Portland pozolan dapat dibedakan menjadi empat macam menurut kegunaannya, yaitu:

- a. Jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- b. Jenis IP-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis P-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis P-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

C. Flowing Concrete

Pekerjaan pengecoran beton pada lokasi yang sulit dijangkau ataupun pada elemen struktur yang memiliki formasi penulangan yang rapat memerlukan jenis beton segar yang mudah mengalir (*flowing concrete*). Beton segar dapat digolongkan sebagai *flowing concrete* jika memiliki nilai sebaran (*flow*) lebih dari 50 cm dalam pengujian *flow table test* (Neville and Brooks, 1987). Menurut Russel (2002) *flowing concrete* merupakan jenis beton segar dengan tingkat kelecakan (*workability*) yang sangat tinggi dengan nilai slump diatas 18 cm (7,25 inch).

Dalam proses produksi *flowing concrete*, perlu dipersyaratkan penggunaan campuran gemuk dengan partikel sangat halus (lolos saringan berukuran 200 μm)

minimal 350 kg/m^3 dengan bahan tambah *superplasticizer* untuk mendispersikan (menyebarkan) partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel yang halus sehingga reaksi pembentukan C-S-H (*tobermorite*) akan lebih merata dan lebih aktif dan menghasilkan beton yang lebih padat dan kedap air. Hal ini juga dimaksudkan untuk menjamin homogenitas dan kohesivitas campuran serta menghindari terjadinya *bleeding* dan segregasi pada saat pengecoran (Gambhir, 1986).

D. Kualitas Beton Keras (*Hardened Concrete*)

Beton keras dapat dikategorikan berkualitas baik jika mempunyai sifat-sifat kuat, awet, kedap air dan memiliki kemungkinan perubahan dimensi yang kecil. Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang sifat-sifat mekanis yang lain pada beton tersebut.

Secara umum kekuatan beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen-komponennya yaitu; pasta semen, rongga, agregat dan *interface* antara pasta semen dengan agregat. Dalam pelaksanaannya faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah nilai faktor air semen, derajat kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen dan kualitas agregat yang meliputi gradasi, tekstur permukaan, bentuk, kekuatan, kekakuan serta ukuran maksimum agregat.

Prosedur pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan menurut standar SNI: 03-1974-1990. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton meliputi; kondisi ujung benda uji, ukuran benda uji, rasio diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat, rasio panjang terhadap diameter benda uji, kondisi kelembaban

dan suhu benda uji, arah pembebanan terhadap arah pengecoran, laju penambahan beban pada *compression testing machine* serta bentuk geometri benda uji.

E. Serapan Air

Durabilitas struktur beton sangat tergantung pada dua faktor utama, yaitu penggunaan bahan perekat (semen dan pozolan) yang tepat serta proses pemadatan yang sempurna untuk mendapatkan volume pori seminimal mungkin. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi volume pori di dalam beton antara lain, faktor air semen, berat total semen per meter kubik, gradasi agregat, perawatan beton dan penggunaan bahan tambah (Gambhir, 1986). Semakin banyak volume pori dalam beton yang telah mengeras akan menyebabkan semakin besarnya nilai serapan air. Nilai serapan air beton dapat mengindikasikan kerapatan beton dalam menahan laju infiltrasi zat-zat agresif yang dapat merusak keawetan dan kekuatan beton, dengan kata lain tingkat durabilitas atau keawetan beton akan semakin baik jika memiliki nilai serapan air yang semakin kecil atau massa padat yang lebih rapat.

F. Kerangka Berpikir

Pozolan merupakan bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen. Perbedaan antara PC dengan PPC tersebut memungkinkan terjadinya perbedaan kualitas beton keras (*hardened concrete*) yang

dihasilkan oleh masing-masing jenis semen tersebut, baik ditinjau dari kuat tekannya maupun dari serapan airnya.

Semakin besar nilai tinggi jatuh pada saat proses penuangan beton segar ke cetakan beton (*begeisting*) akan mengakibatkan segregasi yang semakin besar pula. Beton yang mengalami segregasi maka gradasinya tidak akan sebaik beton yang tidak mengalami segregasi. Dengan demikian tinggi jatuh akan mempengaruhi gradasi beton yang akhirnya juga mempengaruhi kuat tekan beton. Selain itu beton yang mengalami segregasi juga akan mempunyai rongga-rongga yang lebih banyak sehingga mengakibatkan nilai serapan air yang lebih besar pula. Oleh karena itu tinggi jatuh juga akan berpengaruh terhadap nilai serapan air dalam beton.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Sesuai dengan tujuan, maka penelitian ini termasuk penelitian eksperimental. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tinggi jatuh pengecoran dan jenis semen, sedangkan variabel terikatnya adalah kuat tekan dan serapan air *flowing concrete*.

A. Material

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan berbagai pengujian dalam penelitian ini, meliputi :

- a) Semen portland (PC) Jenis I dan Semen Portland Pozolan (PPC) jenis I dengan merk dagang Semen Gresik.
- b) Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 19 mm, sedangkan pasir berupa agregat halus alami yang berasal dari wilayah Kabupaten Sleman.
- c) Air diperoleh dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY.
- d) Bahan tambah yang digunakan berupa *superplasticizer* merk Sikament NN.

B. Peralatan

Peralatan yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian ini terdiri dari : (a) ayakan/saringan dan penggetar *siever*, (b) cetakan beton, (c) *Compression Testing Machine*, (d) *oven*, (e) *Concrete mixer*, (f) *Slump Test*, (g) gelas ukur dan piknometer, (h) Kerucut Abrams dan tongkat penusuk, (i) timbangan, dan (j) meteran

C. Rancangan Pengujian

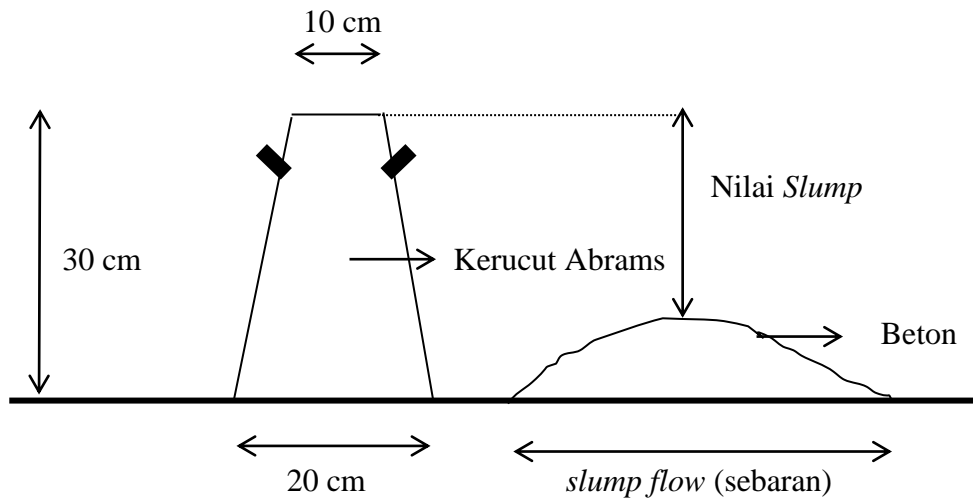
Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui mendapatkan metode konstruksi yang berkualitas dan efisien dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi serta mendapatkan argumentasi ilmiah yang memadai tentang asumsi keseragaman kualitas setiap bagian elemen struktur. Jenis semen yang akan digunakan dibedakan menjadi dua yaitu semen portland dan semen portland pozolan. Tinggi jatuh pengecoran disesuaikan dengan kenyataan di lapangan dengan variasi 0 cm, 35 cm, 70 cm, dan 100 cm. Setiap varian dalam penelitian ini akan diuji kuat tekan dan serapan air beton pada umur 28 hari dengan 3 benda uji beton untuk 1 data pengujian.

Tabel 2 Rancangan Data Hasil Pengujian

Tinggi Jatuh Pengecoran (cm)	Kuat Tekan Beton (MPa)		Serapan Air (%)	
	PC	PPC	PC	PPC
0				
35				
70				
100				

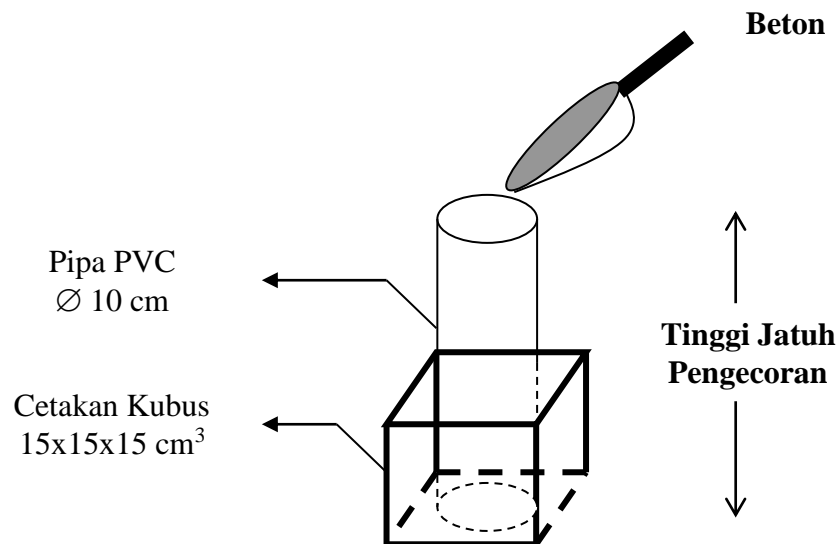
D. Pengujian Sifat Beton Segar

Sifat-sifat beton yang telah mengeras (*hardened concrete*) sangat tergantung pada sifat beton segar yang digunakan sehingga sebelum dituang perlu dilakukan pemeriksaan sifat beton segar. Sifat beton segar dalam penelitian ini diuji dengan metode *modified slump test* untuk mengukur nilai slump dan *slump-flow* (sebaran) yang terjadi. Sketsa gambar pelaksanaan *modified slump test* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Sketsa *Modified Slump Test*

Setelah dilakukan pengujian sifat beton segar, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Sketsa Metode Pengecoran

E. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Peralatan yang digunakan meliputi cetakan kubus 150mm x 150mm x 150mm, tongkat pemadat, dan mesin tekan.

Prosedur pengujian dilaksanakan berdasarkan BS 1881 tahun 1983, benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris, dan mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban antara 0,2 sampai 0,4 MPa perdetik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat. Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut persamaan 1.

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{ MPa} \quad (1)$$

di mana : P = beban maksimum (N)

 A = luas penampang benda uji (mm²)

F. Serapan Air

Pengujian serapan air dilakukan pada pecahan benda uji kuat tekan beton. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang melekat kemudian direndam dalam air selama 24 jam, selanjutnya beton diangkat dari dalam air kemudian ditiriskan dan permukaan beton dibersihkan dan diangin-anginkan sampai mencapai keadaan jenuh kering muka lalu benda uji tersebut ditimbang, selanjutnya beton dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 105° celcius selama minimal 36 jam kemudian

dikeluarkan, diangin-anginkan dan ditimbang lagi. Pengujian yang dilaksanakan di atas mengacu pada standar ASTM C-127-68, selanjutnya serapan air beton dihitung dengan Persamaan 2.

$$P = \frac{W_{jkm} - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (2)$$

di mana; P = Serapan air
 W_{jkm} = Berat jenuh kering muka
 W_k = Berat kering

G. Analisis data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik deskriptif korelasional.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

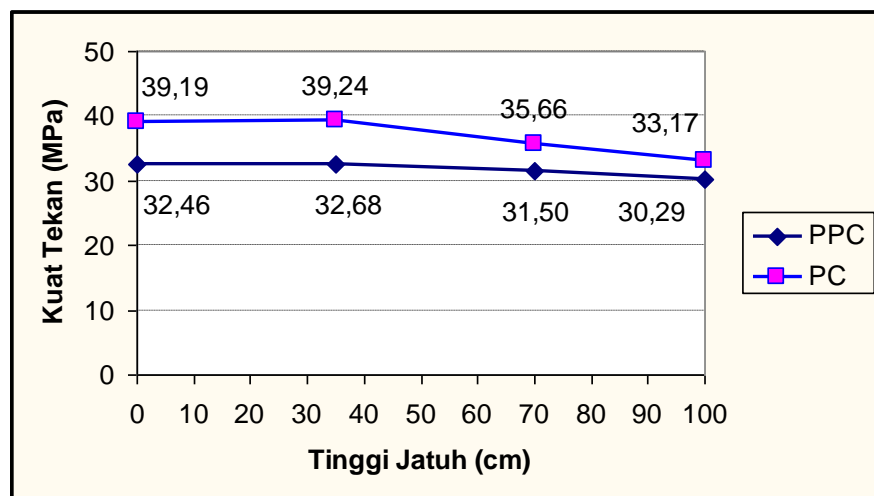
A. Hasil Penelitian

1. Pengujian Kuat Tekan *Flowing Concrete*

Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari dengan variasi tinggi jatuh pengecoran : 0cm, 35cm, 70cm dan 100cm serta jenis semen yang digunakan adalah semen portland (PC) dan semen portlan pozzoland (PPC). Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan PC dan PPC disajikan dalam tabel 3 dan gambar 3 berikut.

Tabel 3. Kuat tekan beton dari PC dan PPC dengan variasi tinggi jatuh pengecoran

Tinggi Jatuh Pengecoran (cm)	Kuat Tekan Beton (MPa)	
	PC	PPC
0	39,19	32,46
35	39,24	32,68
70	35,66	31,50
100	33,17	30,29



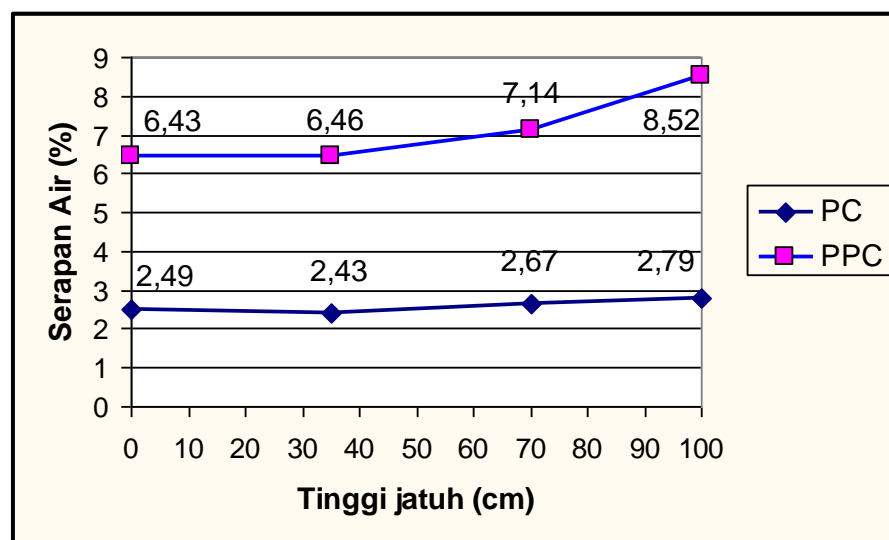
Gambar 3. Kuat tekan beton dari PC dan PPC dengan variasi tinggi jatuh pengecoran

2. Pengujian Serapan Air *Flowing Concrete*

Pengujian dilakukan terhadap serapan air pada beton umur 28 hari dengan variasi tinggi jatuh pengecoran : 0cm, 35cm, 70cm dan 100cm serta jenis semen yang digunakan adalah semen portland (PC) dan semen portlan pozzoland (PPC). Hasil pengujian serapan air pada beton yang menggunakan PC dan PPC disajikan dalam tabel 4 dan gambar 4 berikut.

Tabel 4. Serapan air pada *flowing concrete* dari PC dan PPC berdasarkan variasi tinggi jatuh pengecoran

Tinggi Jatuh Pengecoran (cm)	Serapan Air (%)	
	PC	PPC
0	2,49	6,43
35	2,43	6,46
70	2,67	7,14
100	2,79	8,52

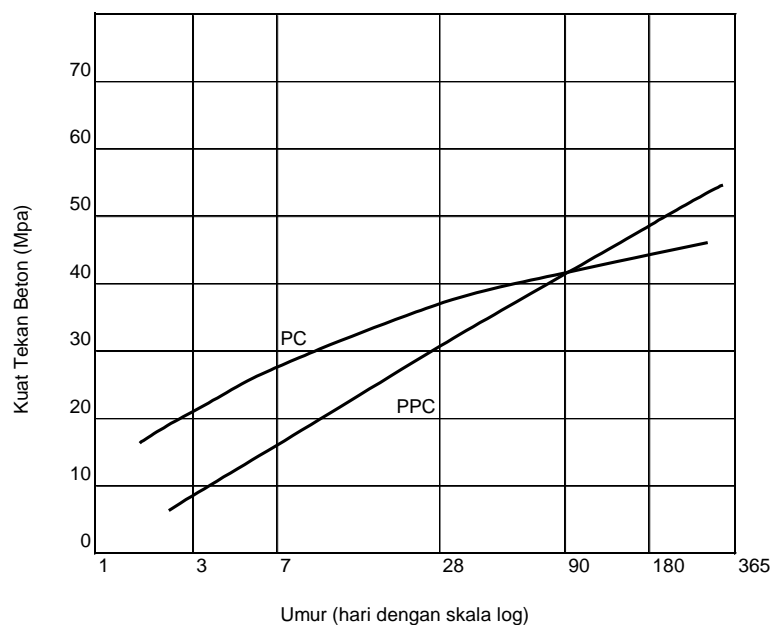


Gambar 4. Serapan air pada *flowing concrete* dari PC dan PPC berdasarkan variasi tinggi jatuh pengecoran

B. Pembahasan

1. Pengaruh Tinggi Jatuh terhadap Kuat Tekan *Flowing Concrete*

Hasil pengujian kuat tekan beton seperti yang tercantum dalam tabel 3 dan gambar 3 terlihat bahwa baik secara keseluruhan maupun dalam setiap variasi tinggi jatuh pengecoran beton umur 28 hari yang terbuat dari PC mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton dari PPC. Hal tersebut membuktikan bahwa perbedaan komposisi bahan dasar antara PC dan PPC akan memberikan perbedaan kuat tekan pada beton umur 28 hari. Namun demikian perbedaan tersebut akan semakin tereliminir pada beton umur 90 hari. Menurut Neville dan Brooks (1987:31) kuat tekan beton yang terbuat dari PPC pada umur 90 hari akan menyamai kuat tekan beton dari PC (gambar 5). Dengan demikian perbedaan kuat tekan yang terjadi dalam hasil penelitian ini disebabkan karena sifat PPC yang lebih lambat dalam menghasilkan kuat tekan dibanding dengan PC.



Gambar 5. Perbandingan Kuat Tekan PC dengan PPC berdasarkan Umur (Neville dan Brooks, 1987:31)

Hasil penelitian ini sejalan dengan rekomendasi dari semen gresik untuk menambah jumlah PPC apabila ingin membuat suatu campuran beton yang menyamai kuat tekan beton dari PC. Penambahan PPC tersebut berkisar antara 8-12 % dari berat PC tergantung kuat tekan beton yang diinginkan seperti tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perbandingan Jumlah PC dan PPC pada Kuat Tekan tertentu

Mutu Beton (K)	Beton dengan PC			Beton dengan PPC			Penambahan semen (%)
	PC (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	PC (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	
175	274	784	1152	297	475	1143	8,39
225	298	755	1157	325	716	1144	9,06
300	336	721	1153	371	680	1134	10,42
350	362	364	1164	402	642	1141	11,05
450	415	637	1158	463	603	1119	11,57
500	434	622	1154	487	577	1121	12,21

Catatan : - Agregat dalam kondisi SSD, ukuran maksimal 40 mm
 - Toleransi $\pm 5\%$.

Sumber : [Http://www.semengresik.com/indonesia](http://www.semengresik.com/indonesia)

Sementara itu walaupun pada umur 28 hari kuat tekan beton yang menggunakan PC lebih tinggi dibanding beton PPC tetapi dari penelitian ini ditemukan bahwa beton dengan PPC ternyata mempunyai kuat tekan yang lebih stabil pada setiap variasi tinggi jatuh pengecoran. Pada tinggi jatuh pengecoran 100 cm Beton dari PC mengalami penurunan yang cukup drastis sebesar 15,36% sedangkan kuat tekan beton dari PPC hanya turun 6,69% (tabel 6).

Tabel 6. Penurunan Kuat tekan *flowing Concrete* dari PC dan PPC Akibat Variasi Tinggi Jatuh Pengecoran

Tinggi Jatuh Pengecoran (cm)	PC		PPC	
	Kuat Tekan	Perbedaan (%)	Kuat Tekan	Perbedaan (%)
0	39,19	0,00	32,46	0,00
35	39,24	0,13	32,68	0,68
70	35,56	-9,26	31,50	-2,96
100	33,17	-15,36	30,29	-6,69

Dari tabel 5 terlihat bahwa pada tinggi jatuh 35 cm baik pada beton PC maupun beton PPC tidak terjadi penurunan kuat tekan tetapi justru terjadi kenaikan kuat tekan beton meskipun kenaikannya tidak mencapai 1%. Hal ini dimungkinkan pada tinggi jatuh 35cm merupakan jarak yang ideal untuk menuangkan beton. Dalam jarak tersebut terjadi proses *self compacting* pada beton akibat gaya gravitasi dan belum mengakibatkan segregasi.

Terjadinya penurunan kuat tekan baik pada beton PC maupun PPC dalam tinggi jatuh 70 dan 100 cm disebabkan penuangan beton pada jarak tersebut mengakibatkan terjadinya segregasi yang mengakibatkan turunnya kuat tekan beton.

2. Pengaruh Tinggi Jatuh Pengecoran terhadap Serapan air pada Beton

Dari gambar 4 terlihat bahwa penelitian ini membuktikan bahwa terdapat korelasi antara tinggi jatuh pengecoran dengan serapan air pada beton. Secara umum semakin besar jarak tinggi jatuh dalam penuangan beton segar akan mengakibatkan semakin besar nilai serapan air dalam beton. Besarnya nilai serapan air tersebut disebabkan banyaknya pori yang terdapat dalam beton. Semakin besar tinggi jatuh pengecoran akan mengakibatkan segregasi yang mengarah pada banyaknya pori yang terjadi dalam beton.

Volume pori yang semakin banyak pada beton yang telah mengeras tentunya akan menyebabkan semakin besarnya nilai serapan air. Nilai serapan air beton dapat mengindikasikan kerapatan beton dalam menahan laju infiltrasi zat-zat agresif yang dapat merusak keawetan dan kekuatan beton. Dengan demikian semakin besar jarak tinggi jatuh pengecoran akan menurunkan tingkat durabilitas atau keawetan beton.

Dalam penelitian ini terjadinya perbedaan besarnya nilai serapan air antara beton yang menggunakan PC dengan PPC bukan semata-mata karena perbedaan semen yang digunakan. Hal tersebut dimungkinkan karena perbedaan ukuran sampel penelitian dimana sampel beton PC ukurannya lebih besar daripada sampel beton PPC sehingga mengakibatkan perbedaan nilai serapan air. Adapun perbedaan serapan air dalam setiap tinggi jatuh pengecoran adalah seperti tabel berikut.

Tabel 7. Serapan air pada *Flowing Concrete* dari PC dan PPC Akibat Variasi Tinggi Jatuh Pengecoran

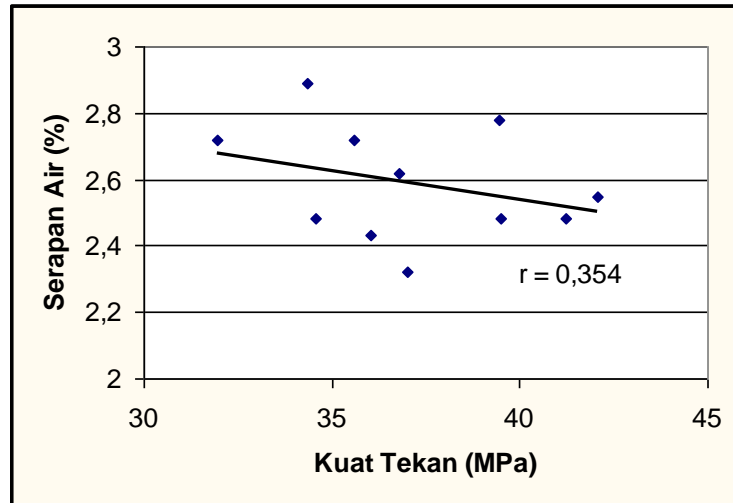
Tinggi Jatuh Pengecoran (cm)	PC		PPC	
	Serapan Air	Perbedaan (%)	Serapan Air	Perbedaan (%)
0	2,49	0,00	6,43	0,00
35	2,43	-2,41	6,46	0,47
70	2,67	7,23	7,14	11,04
100	2,79	12,05	8,52	32,50

Dari tabel 7 di atas terlihat bahwa *flowing concrete* dari PC meskipun dalam hal kuat tekan mengalami penurunan yang lebih banyak persentasenya dibanding dengan *flowing concrete* dari PPC, tetapi dalam hal serapan air ternyata justru lebih sedikit penambahannya (dalam persentase). *Flowing concrete* dengan PC pada tinggi jatuh 100 cm hanya mengalami penambahan serapan air sebesar 12,05% sedangkan dengan PPC mengalami penambahan sebesar 32,50%.

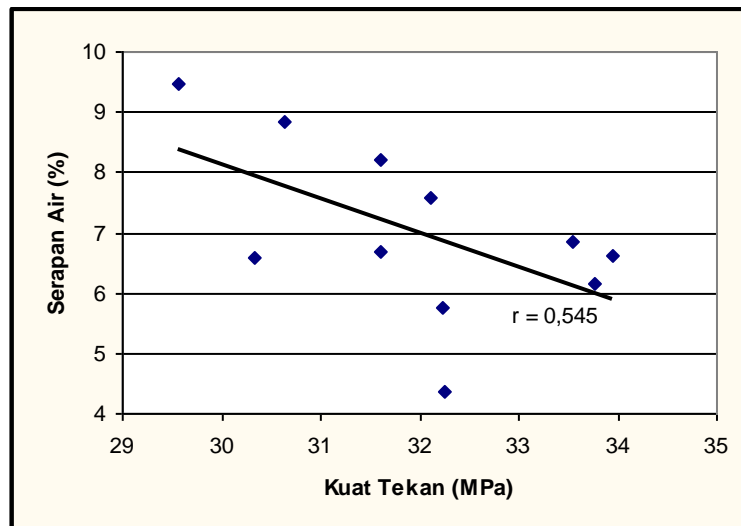
3. Korelasi Kuat Tekan dengan Serapan Air pada *Flowing Concrete* akibat Variasi Tinggi jatuh pengecoran

Penelitian ini membuktikan bahwa terdapat korelasi antara kuat tekan dengan serapan air pada *flowing concrete* yang diakibatkan oleh variasi besarnya tinggi jatuh pengecoran, dimana semakin besar nilai kuat tekan maka akan semakin kecil serapan

air pada *flowing concrete*. Korelasi tersebut berlaku baik pada beton yang menggunakan PC maupun PPC seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Korelasi Kuat Tekan dengan Serapan Air pada *Flowing Concrete* yang menggunakan PC



Gambar 7. Korelasi Kuat Tekan dengan Serapan Air pada *Flowing Concrete* yang menggunakan PPC

Dari gambar 6 dan 7 di atas terlihat bahwa korelasi antara kuat tekan dengan serapan air akibat perbedaan tinggi jatuh pada *flowing concrete* dengan menggunakan PC mempunyai nilai sebesar 0,354 yang lebih kecil dari pada korelasi pada PPC yaitu sebesar 0,545. Hal tersebut mengindikasikan bahwa fluktuasi serapan air dalam *flowing concrete* mempunyai pengaruh yang lebih besar daripada fluktuasi kuat tekannya dalam hal korelasi antara kuat tekan dengan serapan air dalam *flowing concrete* akibat perbedaan tinggi jatuh. Fluktuasi maksimal serapan air pada *flowing concrete* dengan tinggi jatuh 100 cm sebesar 12,05% (PC) dan 32,50% (PPC). Adapun fluktuasi kuat tekan pada *flowing concrete* dengan tinggi jatuh 100 cm sebesar 15,36% (PC) dan 6,69% (PPC).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa :

- a. Terdapat perbedaan kuat tekan pada *flowing concrete* akibat tinggi jatuh pengecoran baik yang menggunakan PC maupun PPC. Perbedaan maksimal kuat tekan pada *flowing concrete* terjadi pada tinggi jatuh pengecoran 100 cm yaitu sebesar 15,36% pada PC dan 6,69% pada PPC.
- b. Terdapat perbedaan serapan air pada *flowing concrete* akibat tinggi jatuh pengecoran baik yang menggunakan PC maupun PPC. Perbedaan maksimal serapan air pada *flowing concrete* terjadi pada tinggi jatuh pengecoran 100 cm yaitu sebesar 12,05% pada PC dan 32,50% pada PPC.
- c. Korelasi antara kuat tekan dengan serapan air akibat perbedaan tinggi jatuh pengecoran pada *flowing concrete* yang menggunakan PC mempunyai nilai r sebesar 0,354 lebih kecil daripada *flowing concrete* yang menggunakan PPC dengan nilai r sebesar 0,545.

F. Saran-Saran

1. Untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih besar pada *flowing concrete* maka disarankan agar dalam melakukan penuangan beton segar dilakukan dengan jarak sekitar 35cm.
2. Apabila penuangan beton segar terhalang oleh begesting (pada struktur kolom) maka sebaiknya dibuatkan jendela/lobang pada begesting untuk memaasukakan ujung pompa beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferraris, C.F. 1999. *Measurement of the Rheological Properties of High Performance Concrete : State of the Art. Journal of Research of National of Standard and Technology, Vol. 104, No.4, 1999.* Gaithersburg.
- Ferraris, C.F., Lynn, B., Celik, O. and Daczko, J. 2000. *Workability of Self-Compacting Concrete, International Simposium of High Performance Concrete.* Orlando.
- Gambhir, M.L. 1986. *Concrete Technology.* New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Gani, M.S.J. 1997. *Cement and Concrete.* Melbourne : Chapman & Hall.
- Henry G, Russel. 2002. *Admixture of High Perfomance Concrette.* ACI.
- Kardiyono Tjokrodimuljo. 1996. *Teknologi Beton,* Yogyakarta : Nafiri.
- Malisch. 1986. *Tremie Concrete Methods for Placing High Quality Concrete Underwater.* Aberdeen : The Aberdeen Group.
- Neville, A.M. and Brooks. 1987. *Concrete Technology.* Essex : Longman Scientific & Technical.
- Ouchi, M. 2001. *Self-Compacting Concrete Development, Applications and Investigations.* Kochi University of Technology.
- Sonebi, M. and Khayat, K.H. 2001. *Effect of Free Fall Height in Water on the Performance of Highly Flowable Concrete. ACI Material Journal, Vol. 28, No. 1.* Michigan.
- Sonebi, M. and Khayat, K.H. 2001. *Effect of Mixture Composition on Relative Strength of Highly Flowable Underwater Concrete, ACI Material Journal, Vol. 28, No. 3.* Michigan.
- Yamada, K., Takahashi, T., Hanehara, S. and Matsuhisa, M. 2000. *Effects of Chemical Structures on the Properties of Polycarboxylate-Type Superplasticizer. Cement and Concrete Research.*
- _____.2005. *Perbedaan semen OPC dan PPC.*
www.semengresik.com/indonesia/faq_index.php