

## KAJIAN PENGGUNAAN SEMEN PORTLAND KOMPOSIT UNTUK BETON

### STUDIES ON APPLICATION OF PORTLAND COMPOSITE CEMENT FOR CONCRETE

Lasino<sup>1</sup>, Deddy Rachman<sup>2</sup>, Bambang Sugiharto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Litbang Permukiman, Jl. Panyawangan, Cileunyi Wetan, Bandung

<sup>2</sup>Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jl Sangkuriang No. 14, Bandung

Diterima: 29 Oktober 2012

Direvisi: 20 November 2012

Disetujui: 20 Desember 2012

#### ABSTRAK

Semen *Portland Komposit* atau *Portland Composite Cement (PCC)* merupakan jenis semen produk baru yang penggunaannya telah beredar di berbagai pelosok daerah terutama di Pulau Jawa. Jenis semen ini dikembangkan dengan berbagai tujuan terutama dalam menunjang pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dari sektor industri, karena sebagian bahan didalamnya tidak melalui proses pembakaran/sintering sehingga dapat mengurangi energi yang diperlukan. Dengan demikian, akan diperoleh suatu efisiensi sumber daya yang berdampak pada pengurangan biaya produksi. Oleh karenanya diharapkan jenis semen ini dapat dipasarkan dengan harga yang lebih murah sehingga dapat menunjang program pembangunan rumah murah atau RSH yang menjadi salah satu prioritas pembangunan saat ini. Untuk mengetahui karakteristik semen serta produk yang dihasilkan, maka perlu dilakukan penelitian penggunaan semen tersebut untuk beton. Penelitian yang dilakukan meliputi pengujian sifat-sifat beton segar (*slump*, temperatur, kadar udara, faktor pemadatan dan berat isi) dan sifat beton keras (kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur) dari berbagai proporsi campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum sifat-sifat beton segar dari *PCC* memiliki kecacakan yang lebih baik, temperatur lebih rendah dan faktor pemadatan yang lebih baik. Sedangkan dari uji beton keras menunjukkan bahwa kekuatan beton *PCC* memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan semen *Portland* tipe I. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa secara umum semen *Portland* komposit dapat digunakan dalam pembuatan beton baik struktural maupun non struktural. Disisi lain pengembangan jenis semen *PCC* ini akan membantu pengurangan emisi atau masalah lingkungan dari kegiatan industri.

**Kata Kunci:** semen *portland* komposit, beton struktural, industri konstruksi, rumah murah, efisien.

#### ABSTRACT

*Portland Composite Cement (PCC)* as a new type of cement product was utilized on some project or construction activity especially in Java Island. This type of cement developed in order to reduced of CO<sub>2</sub> emission product from industrial sectors by replacing of inners materials with unburning materials such as silica, pozzolan and other materials which conform with standard specification. This method will reduce the energy consumption and cost of production. Therefore we hope this type of cement will be marketed with low price for supporting of low cost housing program. To know the characteristic of concrete product by using this cement, research was conducted in Research Institute of Human Settlements laboratory covered characteristic of fresh and hard concrete by various of cement content and concrete grade. The experimental result showed that the workability was increased by the increasing of cement content in concrete, while air content and temperature will decrease but density and compaction factor will increase. Test of hard concrete of the final strength on 28 days showed that, *PCC* concrete is higher than normal concrete. It was therefore concluded that *PCC* could be used as bonded materials in concrete structural, mainly to increase compatibility, workability and compressive strength of concrete product. In addition, the utilization of *PCC* would certainly help solving the emission reduction or environmental problems caused by industrial activities.

**Keywords:** portland composite cement, concrete structural, construction industries, low-cost housing, efficient.

## PENDAHULUAN

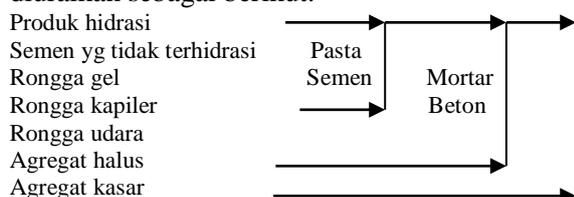
Adanya produk semen jenis baru yang telah beredar di pasaran yang disebut semen Portland komposit atau *Portland Composite Cement* (PCC) perlu dilakukan penelitian pemanfaatannya terutama sebagai bahan pengikat untuk beton struktural. Walau penggunaan semen PCC ini di masyarakat sudah cukup lama, namun belum ada dukungan hasil penelitian yang dapat digunakan sebagai acuan terutama untuk bangunan yang termasuk kategori beresiko tinggi (*high risk building*) menyangkut karakteristik dari beton tersebut terutama dari aspek kekuatan, keawetan dan kestabilan bentuknya. Untuk hal tersebutlah maka perlu dilakukan penelitian dengan harapan hasilnya dapat digunakan sebagai acuan oleh masyarakat luas sehingga dapat menghilangkan keraguan yang selalu timbul menyangkut kualitas beton atau bangunan yang dihasilkan.

Disisi lain dengan semakin meningkatnya ilmu pengetahuan dan teknologi serta tuntutan lingkungan global, akan berdampak pula pada dunia industri konstruksi yang juga harus menyesuaikan terhadap kemajuan zaman dengan melakukan inovasi teknologi baik dari aspek bahan, proses maupun sistem konstruksi yang dituntut untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi baik dari aspek mutu, biaya dan energi yang diperlukan. Berubahnya kondisi lingkungan, fungsi bangunan dan persyaratan teknis lainnya perlu diantisipasi terhadap efisiensi dalam proses, kualitas bahan yang digunakan serta produk yang fungsional sehingga dapat mendukung isu yang sedang berkembang dan kriteria desain yang telah ditetapkan.

### Bahan Pembentuk Beton

Beton merupakan bahan yang diperoleh dengan mencampurkan beberapa bahan baku seperti semen, agregat, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang dibentuk sedemikian rupa sehingga didapatkan suatu masa yang kompak, padat, kuat dan stabil.

Secara rinci bahan pembentuk beton dapat diuraikan sebagai berikut:



Beton merupakan bahan yang banyak digunakan dalam industri konstruksi dengan segala bentuk dan fungsinya; merupakan bahan yang paling fleksibel untuk dilakukan perencanaan mutu dan sifatnya sesuai dengan peruntukannya. Penggunaan bahan pengikat dalam campuran beton merupakan salah satu cara untuk mendapatkan sifat beton yang baik, seperti kemudahan pengerjaan, waktu pengerasan, kekuatan, keawetan dan sebagainya.

Semakin tinggi harga bahan baku terutama semen Portland akan berdampak langsung pada harga produk beton, sehingga untuk itu perlu dilakukan inovasi produk guna menemukan bahan alternatif yang lebih murah untuk mengurangi biaya konstruksi. Dengan demikian ada dua hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu mengetahui karakteristik beton dengan semen PCC dan memberikan informasi atau gambaran bahwa jenis semen ini dapat digunakan dalam pembuatan beton struktural. Penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan semen PCC dalam campuran beton dari berbagai mutu beton dan dibandingkan dengan semen tipe I dari mutu beton yang sama. Selanjutnya akan diamati sifat beton yang dihasilkan baik beton segar maupun karakteristik dari beton setelah mengeras.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat beton dengan semen PCC baik beton segar seperti kelecakan (*slump*), temperatur, kadar udara, faktor pemadatan dan berat isi serta beton keras terutama kekuatan tekannya. Sedangkan sasarannya adalah diperolehnya data teknis dari beton dengan semen PCC dan pengembangan penggunaan semen PCC untuk beton struktural.

### Semen Portland

Semen sebagai bahan pengikat (*bonding materials*) dalam pembuatan beton, memegang peranan penting karena selain akan menentukan karakteristik beton yang dihasilkan juga dapat memberikan indikasi apakah beton cukup tahan terhadap lingkungan agresif, pengaruh cuaca, dan sebagainya.

Karena semen merupakan hasil pembuatan pabrik dengan pengendalian mutu yang ketat, maka untuk menjaga kualitas di lapangan yang perlu diperhatikan adalah cara penyimpanan yang baik dengan jangka waktu tertentu sehingga belum terjadi perubahan sifat akibat pengaruh lembab. Sebagai acuan dalam pengendalian mutu

sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dan standar lainnya yang berkaitan dengan semen Portland seperti:

- SNI No. 15-2049-1994 tentang Mutu dan Cara Uji Semen Portland
- SNI No. 15-0302-1989 tentang Mutu dan Cara Uji Semen Portland Pozolan
- ASTM C-150-95, BS-812-92 atau JIS R-5210 tentang *Specification for Portland Cement*.

### **Semen Portland Komposit (*Portland Composite Cement*)**

Portland Cement Composite (PCC) merupakan jenis semen baru yang telah diproduksi oleh beberapa pabrik semen (produsen) dengan cara memberi bahan tambahan (*inert*) dari semen Portland tipe I dengan bahan lain yang tidak mengurangi mutu semen yang dihasilkan. Bahan tambahan ini tidak melalui proses pembakaran seperti halnya dalam pembentukan klinker semen, tetapi hanya memerlukan penggilingan sampai kehalusan tertentu sehingga selain dapat mengurangi energi yang diperlukan juga dapat mengurangi emisi serta biaya produksi dari semen. Untuk menjaga mutu dari semen ini maka telah ditetapkan spesifikasinya berdasar SNI 15-7064-2004, sehingga dari aspek mutu produk sudah jelas persyaratan yang harus diacu. Dalam penggunaannya jenis semen ini secara umum ditujukan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, sama halnya dengan menggunakan Semen Portland Jenis I dengan kuat tekan yang relatif sama. Dalam petunjuk teknis juga dijelaskan bahwa jenis semen PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pengerasan dibanding dengan Semen Portland Jenis I, sehingga pengerjaannya akan lebih mudah dan menghasilkan permukaan beton/plester yang lebih rapat dan lebih halus.

### **Agregat**

Agregat sebagai bahan pengisi dalam pembuatan beton mempunyai peranan penting karena beberapa fungsi yang dimiliki diantaranya adalah untuk menambah kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi penggunaan semen. Mutu agregat sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan, oleh karena itu harus dilakukan pengendalian mutu (*quality control*) sebelum digunakan sebagai bagian dari jaminan mutu (*quality assurance*) terhadap beton yang akan dihasilkan.

Berdasarkan besar butir, agregat dibagi atas 2 jenis yaitu:

- agregat halus, dengan ukuran butir antara 0,075 s.d. 4,8 mm
- agregat kasar dengan ukuran butir antara 4,8 s.d. 40 mm.

Berdasarkan sumbernya, agregat dibagi atas 3 jenis yaitu:

- agregat alam adalah hasil desintegrasi batuan alam
- agregat pecah adalah hasil pemecahan batuan alam
- agregat buatan adalah hasil suatu proses pembakaran, dll.

Sedangkan berdasarkan beratnya, agregat dibagi atas 3 jenis yaitu:

- agregat ringan dengan berat jenis s.d. 1,8
- agregat normal dengan berat jenis 1,8 s.d. 2,7
- agregat berat dengan berat jenis diatas 2,7.

### **Agregat Halus/ Pasir**

Agregat halus dapat berupa pasir alami atau pasir buatan dari proses pemecahan batu gunung dengan kehalusan butir lolos saringan 4,8 (5,0) mm. Pasir harus memenuhi syarat SNI No. 03-1750-1990 dengan bagian yang lolos saringan 0,3 mm tidak kurang dari 15% agar dapat berfungsi dengan baik terhadap sifat kemudahan pengerjaan dan kepadatan adukan.

Agregat halus harus bersih dari kotoran organik dengan kandungan lumpur maksimum 5,0%, mempunyai gradasi yang baik, keras, kekal dan stabil.

### **Agregat Kasar/ Kerikil**

Agregat kasar dapat berupa kerikil alami atau pecah dari proses pemecahan batu gunung dengan kehalusan butir lolos saringan 38 (40,0) mm. Kerikil harus memenuhi syarat SNI No. 03-1750-1990 tentang spesifikasi agregat untuk beton, dengan kadar lumpur maksimum 1,0%. Agregat kasar harus mempunyai gradasi yang baik, keras, kekal dan stabil.

### **Air**

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan yang meliputi kegunaannya untuk pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, pembuatan adukan pasangan dan plesteran dan sebagainya.

Air harus memenuhi persyaratan Spesifikasi bahan bangunan Bagian A, SNI 03-6861.1- 2002 , SK SNI No. S-04-1989-F dan ASTM C-1602/C 1602M-06 yang meliputi:

- air harus bersih, dengan pH antara 6 – 8,
- tidak mengandung lumpur, minyak dan bahan terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual,
- tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 g/l,
- tidak mengandung garam yang dapat merusak beton, seperti Cl maks. 500 ppm dan SO<sub>4</sub> maks. 1.000 ppm, kuat tekan mortar dari air contoh minimum 90% dari kuat tekan mortar yang menggunakan air suling,
- khusus untuk beton pratekan, kadar Cl maksimum 50 ppm,
- semua jenis air yang meragukan harus diperiksa di laboratorium.

### Beton

Beton merupakan bahan yang diperoleh dengan mencampurkan beberapa bahan baku seperti semen, agregat, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang dibentuk sedemikian rupa sehingga didapatkan suatu massa yang kompak, padat, kuat dan stabil.

### Sifat-Sifat Beton

Beberapa sifat beton yang baik diantaranya harus memenuhi:

#### 1. Kemudahan Pengerjaan (Workabilitas)

Campuran beton yang mudah diaduk, dituangkan, disalurkan, dimampatkan dan diselesaikan dengan tanpa timbul pemisahan berarti mempunyai tingkat kemudahan pengerjaan yang baik. Sifat kemudahan pengerjaan ini dalam praktek dapat diamati dengan menguji kekentalannya atau kelecakannya dengan melakukan tes *slump*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan pengerjaan beton adalah:

- jumlah relatif pasta dan agregat,
- keplastisan pasta,
- gradasi agregat,
- bentuk dan sifat permukaan agregat,
- suhu dan kelembaban udara,
- dan faktor lingkungan lainnya.

#### 2. Homogenitas

Keseragaman dan kekompakan adukan akan mempengaruhi masa pelaksanaan pekerjaan

beton dan beton menjadi kuat, kedap air serta stabil.

Bila hal tersebut tidak dapat dicapai maka adukan menjadi segregasi yang disebabkan oleh beberapa faktor:

- campuran kurus kurang semen,
- campuran basah terlalu banyak air,
- campuran kurang pasir atau filler,
- adanya besar butir maksimum yang terlalu banyak dari agregat,
- agregat kasar banyak yang berbentuk panjang dan pipih,
- pengangkutan dan pengecoran yang kurang baik,
- penggetaran yang terlalu lama,
- kurang kompaknya agregat gabungan sehingga menimbulkan *bleeding*.

#### 3. Kekuatan

Mutu beton dinilai dari keteguhannya yang dalam hal ini adalah kekuatan tekan pada umur 28 hari yang diperoleh dari pemeriksaan benda uji. Dengan diketahui kekuatan tekannya, maka kekuatan lainnya dari beton senantiasa dapat dihitung berdasarkan rumus empiris.

Kekuatan tekan dari beton terutama dipengaruhi oleh faktor air semen dan derajat kekompakan adukan, karenanya dalam perencanaan proporsi campuran harus diperhatikan nilai faktor air semen maksimum dan jumlah semen minimum untuk kelas beton tertentu.

#### 4. Keawetan

Keawetan beton merupakan fungsi dari kedapannya, semakin kedap beton akan semakin awet karena ketahanannya terhadap serangan dari luar semakin besar berhubung sukar ditembus oleh zat-zat perusak yang dapat menimbulkan korosi pada tulangan. Beton yang kurang awet dapat ditunjukkan dengan adanya noda-noda pada permukaan, timbulnya retak-retak karena pengaruh cuaca, zat kimia atau pengaruh mekanik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keawetan beton adalah:

- adanya garam sulfat dan khlorida
- temperatur dan kelembaban,
- tekanan dan gesekan oleh gelombang air laut,
- jenis semen dan agregat,
- interaksi air-semen,
- kadar pori-pori dan derajat kekompakan

## 5. Kekekalan Bentuk

Yang dimaksud dengan kekekalan bentuk disini adalah kestabilan bentuk dan ukuran selama masa perawatan dan pemakaian beton.

Perubahan bentuk beton disebabkan oleh adanya perubahan volume pada keadaan tanpa beban akibat adanya penyusutan, kontraksi karena panas dan pengembangan.

Sedangkan perubahan bentuk karena pembebanan akan menimbulkan regangan dan rangkai melalui proses yang cukup panjang, selanjutnya akan menyebabkan defleksi dan retak pada bagian-bagian tertentu.

## BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan melakukan pembuatan benda uji di laboratorium dari berbagai variasi mutu beton (*target strength*) dan faktor air-semen, untuk dilakukan pengujian *slump*, bobot isi, kadar udara, temperatur, faktor pemadatan dan kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian dapat ditunjukkan secara langsung adanya pengaruh penggunaan PCC terhadap sifat beton segar dan beton keras yang dihasilkan.

Dalam upaya mencapai tujuan dan sasaran dari penelitian ini, perlu dibentuk suatu langkah-langkah yang tepat dengan diawali kegiatan inventarisasi standar atau metode yang akan digunakan sebagai acuan pengujian. Secara umum langkah-langkah pembuatan beton dapat diuraikan sebagai berikut:

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran beton meliputi pasir dari Tasikmalaya Jawa Barat, kerikil pecah dari Banjarnegara, semen Portland tipe I dari Gresik dan PCC dari PT. Indocement Tunggal Prakarsa dan air bersih dari Lab. Puskim. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan Laboratorium Bahan Bangunan yang meliputi mesin aduk (*mixer*), alat uji *slump*, alat uji kadar udara, alat uji faktor pemadatan, alat uji bobot isi, timbangan, cetakan beton, bak perawatan dan mesin uji kuat tekan.

### Penentuan Proporsi Campuran (*Mix Design*)

Rancangan campuran beton dimaksudkan untuk mendapatkan proporsi yang tepat dan ekonomis. Berbagai metode yang dapat digunakan dalam penentuan proporsi campuran beton, yang pada intinya untuk mendapatkan

jumlah bahan yang diperlukan secara tepat dalam suatu campuran sesuai sifat-sifat yang diinginkan.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam penentuan campuran beton adalah SNI No. 03-2834-2000 (tata cara pembuatan rencana campuran beton normal) dengan diawali pengujian/ pemeriksaan bahan baku (agregat) yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan.

### Pemeriksaan Mutu Bahan

Bahan-bahan terutama agregat yang akan digunakan dalam campuran beton terlebih dulu diperiksa sifat atau mutunya untuk mengetahui mutu dan sifat fisis sebagai dasar perhitungan proporsi campuran. Disamping hal tersebut juga untuk memastikan apakah agregat tersebut telah memenuhi persyaratan atau perlu perbaikan mutu (*treatment*) sebelum digunakan.

Hal ini penting untuk menghindari kegagalan yang diakibatkan rendahnya mutu bahan yang akan berpengaruh terhadap kekuatan dan stabilitas beton yang dihasilkan. Selain sebagai pengendalian mutu, pemeriksaan agregat juga sangat diperlukan dalam penentuan proporsi campuran (*mix design*), sehingga setiap sumber bahan dan jenis agregat yang akan digunakan dalam pembuatan beton harus diketahui terlebih dahulu kualitasnya.

### Penakaran Bahan

Penakaran bahan yang akan digunakan dalam campuran beton dilakukan berdasarkan berat dengan cara ditimbang sehingga ketepatannya dapat dijamin. Bila terjadi perubahan kandungan air dalam agregat, maka perlu dilakukan koreksi berdasarkan berat kering permukaan / *saturated surface dry* (SSD).

### Pengadukan Beton

Pengadukan dan Pengecoran Beton, dengan sistem *batch-mixing* menggunakan alat aduk mekanik jenis *pan-mixer* kapasitas 200 liter. Hal ini untuk memperoleh suatu campuran yang homogen dengan batas waktu yang ditetapkan.

### Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan dan perawatan benda uji dilakukan sesuai SNI No. 03-4810-1998, Tata Cara Pengadukan & Pengecoran Benda Uji Beton di Laboratorium. Dalam metode ini mencakup

persiapan cetakan, pengecoran, pemadatan, serta perawatan/ *curing* benda uji di laboratorium sampai saat pengujian dilakukan.

### Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar berdasarkan SNI 03-2458-1991, Metode Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton Segar, SNI 03-1972-1990, Metode Pengujian *Slump* Beton, SNI 03-1973-1990, Metode Pengujian Berat Isi Beton, ASTM C-231-97, *Test method for Air Content of Concrete*, dan standar lain yang sepadan.

### Pengujian Beton Keras

Pengujian beton keras berdasarkan SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-2823-1992, Metode Pengujian Kuat Lentur Beton, SNI 03-2491-1991, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton, dan standar lain yang sepadan.

### Metode Penelitian

Dalam upaya mencapai tujuan dan sasaran yang diinginkan, maka akan dilakukan tahapan

penelitian di laboratorium yang mencakup analisis bahan baku, pengaruh penggunaan PCC dengan berbagai variasi campuran pada beton.

### Proporsi Campuran Beton

Pada tahap ini diawali dengan melakukan penentuan proporsi campuran beton dengan beberapa variabel untuk kedua jenis semen (PCC dan tipe I) yang dapat diuraikan seperti berikut:

- Mutu beton ( $f'c$ ) : 3 jenis ( $f'c$  20,  $f'c$  25 &  $f'c$  30).
- Jenis semen : 2 jenis (PCC dan OPC).
- Jenis pengujian : Berat isi, kadar udara, faktor pemadatan, *slump* & temperatur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisis Agregat

Agregat (pasir dan kerikil) yang akan digunakan sebagai bahan penelitian dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui kualitasnya serta sebagai dasar dalam penentuan proporsi campuran. Hasil analisis pasir dan kerikil disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pasir dan Kerikil

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian		Persyaratan SNI 03-1750-1990	
		Pasir	Kerikil	Pasir	Kerikil
1	Kadar air (%)	4,76	1,80	-	-
2	Kadar lumpur (%)	3,78	0,16	Maks. 5,0	Maks. 1,0
3	Penyerapan air (%)	6,36	3,72	-	-
4	Berat jenis (g/cc)	2,54	2,61	-	-
5	Kadar zat organik (+/-)	negatif	-	Negatif (-)	-
6	Bobot isi,				
	- Gembur (g/l)	1,520	1,220	-	-
	- Padat (g/l)	1,710	1,470	-	-
7	Kekerasan				
	- indeks kekerasan (%)	1,68	-	Maks. 2,2	-
	- Rudellof (%)	-	18,90	-	Maks. 32
8	Gradasi, lewat komulatif (%)			Zone-I	(4,8-19 mm)
	19,0 mm	-	96,91	-	95-100
	9,6 mm	-	44,48	100	30-60
	4,8 mm	93,42	6,35	90-100	0-10
	2,4 mm	67,78	0	60-95	
	1,2 mm	43,92		30-70	
	0,6 mm	25,57		15-34	
	0,3 mm	7,39		5-20	
	0,15 mm	2,90		0-10	
	0,074 mm	0		0	

Mutu agregat (pasir dan kerikil) cukup baik dan memenuhi syarat SNI 03-1750-1990 sebagai agregat beton dengan gradasi pasir termasuk zona I dan kerikil dalam susunan 4,8 s.d. 19,0 mm. (maks. 20,0 mm). Pasir cukup keras dan bersih tidak memiliki kandungan organik dan lumpur yang melebihi batas sehingga tidak akan terjadi gangguan pengikatan semen dan retak akibat penyusutan awal yang berlebihan. Dengan mutu yang baik ini akan

sangat mendukung dalam mencapai target mutu beton yang direncanakan.

### Campuran Beton

Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi campuran beton dengan 2 faktor utama yaitu jenis semen dan mutu beton atau target kekuatan yang ingin dicapai.

Secara lengkap proporsi campuran beton disajikan dalam Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Proporsi Campuran Beton

Kode	Mutu Beton	Faktor Air-PC	Jumlah bahan/m <sup>3</sup> beton (kg)				
			OPC	PCC	Pasir	Kerikil	Air
<b>Beton OPC</b>							
I-a	30	0,48	427	-	699	1048	205
I-b	25	0,53	387	-	751	1036	205
I-c	20	0,58	353	-	819	1002	205
<b>Beton PCC</b>							
II-a	30	0,48	-	427	699	1048	205
II-b	25	0,53	-	387	751	1036	205
II-c	20	0,58	-	353	819	1002	205

Proporsi campuran beton dengan variasi faktor air semen mulai 0,48 sampai dengan 0,58 diharapkan dapat memberikan gambaran mutu beton yang dapat dicapai berdasarkan kekuatan tekan yang dihasilkan.

dilakukan pengujian beberapa parameter sesuai sasaran yang ingin dicapai seperti kelecakan (*slump*), suhu beton, kadar udara, faktor pemadatan dan berat isi yang secara lengkap disajikan dalam Tabel 3 berikut :

### Hasil Pengujian Beton Segar

Untuk mengetahui sifat-sifat beton segar dari kedua jenis semen yang digunakan, maka

Tabel 3. Hasil Pengujian Beton Segar

Kode	Mutu Beton	Faktor Air Semen	Hasil Pengujian					
			Slump (mm)	Suhu beton (°C)	Kadar udara (%)	Faktor pemadatan (%)	Berat isi (g/cm <sup>3</sup> )	Suhu ruang (°C)
<b>Beton OPC</b>								
I-a	30	0,48	109,46	27,60	2,090	97,60	2,366	23,5
I-b	25	0,53	115,00	26,80	2,320	96,80	2,323	23,5
I-c	20	0,58	122,22	25,60	2,510	96,30	2,316	23,5
<b>Beton PCC</b>								
II-a	30	0,48	112,20	26,90	2,010	98,70	2,348	23,5
II-b	25	0,53	122,50	26,40	2,260	98,10	2,320	23,5
II-c	20	0,58	140,60	25,20	2,430	96,80	2,310	23,5

Berdasarkan hasil pengujian diatas, dapat diuraikan bahwa faktor pemadatan dan kelecakan beton semen Portland komposit (PCC) lebih baik dibanding dengan semen Portland jenis I (OPC), hal ini diperkirakan disebabkan sifat dasar dari semen PCC yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan butiran lebih halus dibanding dengan OPC. Sedangkan suhu beton, kadar udara dan berat isi dari beton PCC lebih rendah dari beton OPC, yang juga disebabkan oleh sifat dasar semen PCC yang memiliki bobot yang lebih

ringan, memerlukan kebutuhan air hidrasi yang lebih rendah dan memiliki kekompakan yang lebih baik.

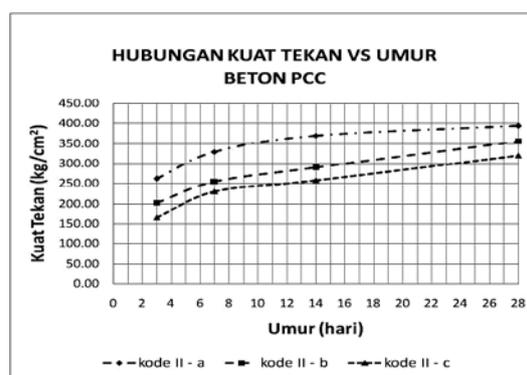
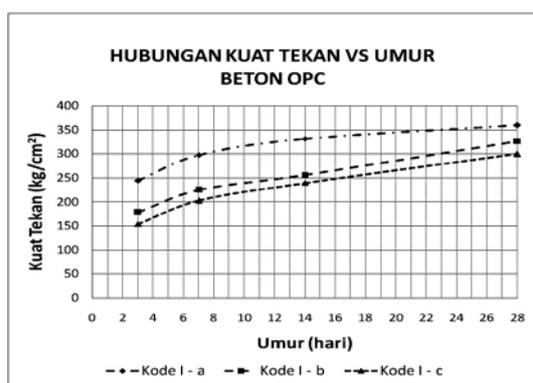
**Hasil pengujian beton keras**

Selanjutnya untuk mendapatkan karakteristik beton yang dihasilkan, maka dilakukan pengujian terhadap beberapa sifat beton keras, seperti kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur yang disajikan dalam Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode	Mutu beton	FAS	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> ) pada umur <sup>*)</sup>			
			3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
<b>Beton OPC</b>						
I-a	30	0,48	244,39	298,29	331,95	359,69
I-b	25	0,53	178,04	224,89	256,65	326,67
I-c	20	0,58	153,80	202,50	239,67	300,06
<b>Beton PCC</b>						
II-a	30	0,48	262,13	329,70	368,95	393,29
II-b	25	0,53	202,50	254,78	289,90	355,88
II-c	20	0,58	165,90	230,62	257,75	319,52

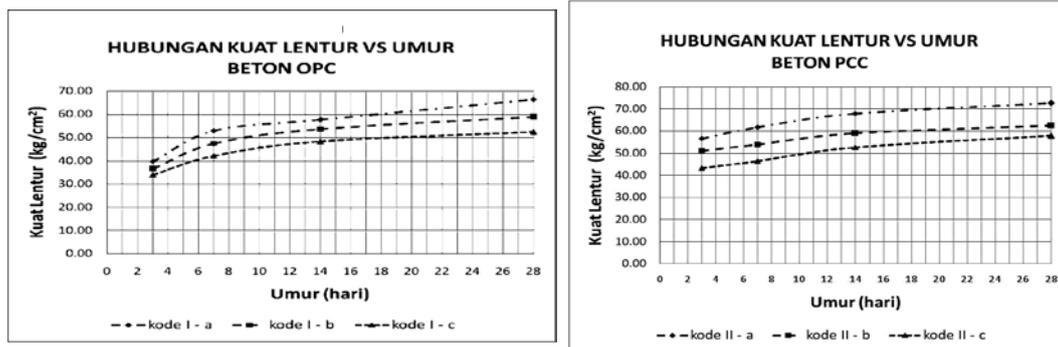
<sup>\*)</sup> Hasil rata-rata dari 6 benda uji



Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode	Mutu beton	FAS	Kuat lentur (kg/cm <sup>2</sup> ) pada umur <sup>*)</sup>			
			3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
<b>Beton OPC</b>						
I-a	30	0,48	39,60	52,95	57,60	66,30
I-b	25	0,53	36,45	47,45	53,65	58,80
I-c	20	0,58	33,90	42,05	48,20	52,32
<b>Beton PCC</b>						
II-a	30	0,48	56,60	61,70	67,85	72,60
II-b	25	0,53	50,95	54,00	58,95	62,40
II-c	20	0,58	43,28	46,50	52,65	57,80

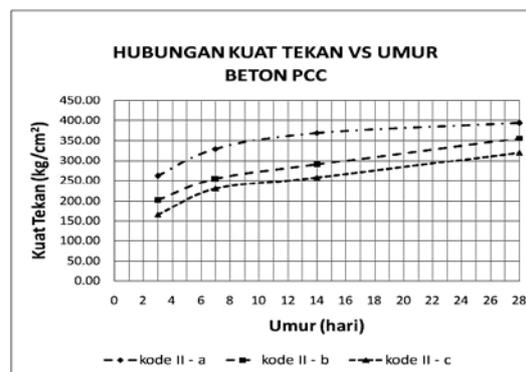
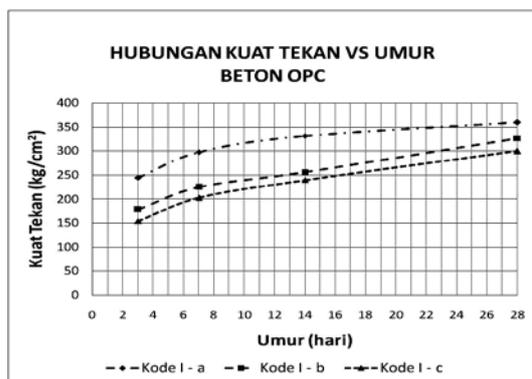
<sup>\*)</sup> Hasil rata-rata dari 6 benda uji



Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Kode	Mutu beton	FAS	Kuat tarik (kg/cm <sup>2</sup> ) pada umur <sup>*)</sup>			
			3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
Beton OPC						
I-a	30	0,48	21,63	23,85	26,75	28,21
I-b	25	0,53	17,57	21,39	24,05	25,94
I-c	20	0,58	15,21	19,71	20,76	23,45
Beton PCC						
II-a	30	0,48	22,76	26,51	27,62	30,49
II-b	25	0,53	21,23	23,25	25,80	27,52
II-c	20	0,58	19,22	20,33	21,96	25,12

<sup>\*)</sup> Hasil rata-rata dari 6 benda uji.



Berdasarkan hasil pengujian di atas dapat diuraikan bahwa secara umum kekuatan beton semen Portland komposit (PCC) lebih tinggi dibanding dengan semen Portland jenis I (OPC), hal ini disebabkan kekuatan dasar dari semen PCC yang lebih baik dibanding dengan OPC. Kondisi ini diantaranya dapat disebabkan oleh sifat ikatnya (*bonding characteristic*), kekompakan, kepadatan dan homogenitas beton PPC yang lebih baik dari OPC. Namun demikian, kondisi ini belum dapat digunakan/ disimpulkan secara umum karena adanya perbedaan bahan pencampur (*innert materials*) yang digunakan dari produsen semen satu dengan yang lainnya. Untuk hal tersebut

diperlukan adanya standardisasi atau pengendalian penggunaan bahan pencampur (*innert materials*) dalam pembuatan semen agar menghasilkan produk dengan sifat yang lebih seragam.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian beton segar dapat disimpulkan bahwa, beton PCC memiliki faktor pemadatan dan kelecakan lebih baik, serta memiliki suhu, kadar udara dan berat isi lebih rendah dari beton OPC. Sedangkan dari pengujian beton keras menghasilkan kekuatan beton PCC lebih tinggi dibanding dengan beton

OPC, dengan perkembangan kekuatan yang cukup baik dari umur 3 hari sampai dengan umur 28 hari.

Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan pula bahwa secara teknis semen PCC dapat digunakan untuk pembuatan beton struktural, terutama untuk bangunan umum tanpa persyaratan khusus. Untuk beton dengan persyaratan khusus seperti bangunan lingkungan agresif atau memerlukan persyaratan ketahanan sulfat, perlu dilakukan kajian lanjutan,

Selain keuntungan aspek teknis, penggunaan semen PCC diharapkan dapat membantu dalam pengurangan emisi di sektor industri yang menjadi salah satu isu penting dalam pelaksanaan pembangunan berkelanjutan

### Saran

Penentuan proporsi campuran beton harus didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) atau standar lainnya yang sepadan. Untuk pengembangan penggunaan beton di lingkungan agresif (industri, pantai, payau, dll.) perlu ditindaklanjuti dengan kajian ketahanan beton terhadap lingkungan agresif (sulfat). Dalam penggunaan di lapangan perlu dilakukan sosialisasi secara sistematis dan berkala, sehingga tidak terjadi kesalahan persepsi dan pelaksanaannya yang dapat merugikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puslitbang Permukiman, 2008, *Modul Pelatihan Bidang Permukiman: Pengujian Beton Segar di Laboratorium*, Bandung.
- [2] Puslitbang Permukiman, 2008, *Modul Pelatihan Bidang Permukiman: Pengujian Beton Keras di Laboratorium*, Bandung.
- [3] Puslitbang Permukiman, 2008, *Modul Pelatihan Bidang Permukiman: Pengujian Beton di Lapangan*. Bandung.
- [4] *Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000) tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Jakarta.
- [5] *Standar Nasional Indonesia SNI 03-2458-1991, Metode Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton Segar, SNI 03-1972-1990, Metode Pengujian Slump Beton, SNI 03-1973-1990, Metode Pengujian Berat Isi Beton, ASTM C-231-97*, Jakarta.
- [6] *Standar Nasional Indonesia SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-2823-1992, Metode Pengujian Kuat Lentur Beton, SNI 03-2491-1991, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*, Jakarta.
- [7] Suhartopo, 1996, *Pengaruh Mortar dan Ultra Fines dalam Beton*. Cilegon: PT. Beton Cilegon Agung.
- [8] Lasino, 1997, *Quality Control of Concrete Works*. Bandung.
- [9] Kjaer, Ulla dan Aksa, Z. 1980. *Pemeriksaan Mutu Beton dan Mutu Pelaksanaan selama Pekerjaan Beton*. Bandung.
- [10] Tristanto, Lanneke. 1984. *Buku Petunjuk Pelaksanaan Beton: Perencanaan dan Pengendalian Adukan Beton*, Bandung.
- [11] T.C. Hansen.,1978, *Manual on Concrete Mix Design and Quality Controls, Technical Report No. 21*. Bandung [6] *Standar Nasional Indonesia SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-2823-1992, Metode Pengujian Kuat Lentur Beton, SNI 03-2491-1991, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*, Jakarta.
- [7] Suhartopo, 1996, *Pengaruh Mortar dan Ultra Fines dalam Beton*. Cilegon: PT. Beton Cilegon Agung.
- [8] Lasino, 1997, *Quality Control of Concrete Works*. Bandung.
- [9] Kjaer, Ulla dan Aksa, Z. 1980. *Pemeriksaan Mutu Beton dan Mutu Pelaksanaan selama Pekerjaan Beton*. Bandung.
- [10] Tristanto, Lanneke. 1984. *Buku Petunjuk Pelaksanaan Beton: Perencanaan dan Pengendalian Adukan Beton*. Bandung.
- [11] T.C. Hansen.,1978, *Manual on Concrete Mix Design and Quality Controls, Technical Report No. 21*. Bandung.