

**Tabel 2.3 Komposisi Umum Oksida Semen Portland Jenis I**

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	Berat (%)
CaO	C	Kapur	63
SiO <sub>2</sub>	S	Silika	22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	Alumina	6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	Ferrit Oksida	2,5
MgO	M	Magnesia	2,6
K <sub>2</sub> O	K	Alkalis	0,6
Na <sub>2</sub> O	N	Disodium Oksida	0,3
SO <sub>2</sub>	S	Sulfur Oksida	2

Sumber: Nugraha, dan Antoni, 2007

#### **2.1.3.1.2. Semen Portland Pozolan (*Pozzolan Portland Cement*)**

Menurut SNI 15-0302-2004, semen portland pozzolan adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus. Semen ini diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama, dimana kadar pozzolan 6% - 40% massa semen portland pozzolan. Adanya pozzolan pada semen ini membuat beton semakin lama semakin kuat, tahan terhadap retak, dan tahan terhadap sulfat dan asam. SNI 15-0302-2004 juga menyebutkan jenis dan kegunaan semen portland pozzolan sebagai berikut:

1. Jenis IP-U, semen portland pozzolan yang dapat digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K, semen portland pozzolan yang dapat digunakan semua adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U, semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis P-K, semen portland pozolan yang dapat digunakan untuk pembuatan beton yang tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

### 2.1.3.2 Agregat Ringan

Menurut Mulyono (2004) agregat ringan adalah agregat dengan kepadatan sekitar 300 – 1850 kg/m<sup>3</sup>. Secara struktural dipertimbangkan atas berat-volume atau kepadatan dari beton, yang memungkinkan untuk mendapatkan beton yang lebih ringan dibandingkan dengan agregat normal. Beton ringan yang dihasilkan umumnya digunakan untuk struktur atas, sehingga beban konstruksinya lebih kecil.

Agregat ringan yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton harus memenuhi beberapa syarat fisika dan kimia. Mulyono (2004) menyebutkan beberapa syarat tersebut di dalam bukunya, antara lain:

**Tabel 2. 4 Persyaratan Kimia dan Fisika Agregat Ringan**

No.	Uraian	Persyaratan
1.	Kandungan organik dalam Agregat menggunakan NaOH 3%	Lebih terang dibandingkan dengan warna standar
2.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dalam 200 gram, Maks	1,5 mg
3.	Hilang Pijar	5%

No.	Uraian	Persyaratan
1.	Kandungan Lumpur dalam berat kering	2%
2.	Butiran Halus dalam agregat, maks	7%
3.	Berat isi kering udara (kg/m <sup>3</sup> )	
	• Agregat Halus	1120
	• Agregat Kasar	880
	• Gabungan Agregat halus dan kasar	1040

Sumber: Mulyono, 2004.

Adapun syarat lain yang harus dipenuhi agregat ringan untuk dijadikan bahan campuran beton, yaitu gradasi agregat. Disebutkan syarat-syarat tersebut dari ASTM C.330-80, “*Spesification for Lightweight Agregates for Structural Concrete*” dalam Mulyono (2004), seperti dalam tabel.

**Tabel 2.5 Susunan Butir Agregat Menurut ASTM C.330**

Ukuran Nominal	Persentase (berat) Lolos Ayakan Berukuran Lubang Persegi (mm)								
Agregat Ringan (mm)	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.3	0.15
Agregat Halus									
4.75-0	-	-	-	100	85-100	-	40-80	10-35	5-25
Agregat Kasar									
25-4.75	95-100	-	25-60	-	0-10	-	-	-	-
19-4.75	100	90-100	-	10-50	0-15	-	-	-	-
12.5-4.75	-	100	90-100	40-80	0-20	0-10	-	-	-
9.52-36	-	-	100	80-100	5-40	0-20	0-10	-	-
Agregat Gabungan									
12.5-0	-	100	95-100	-	50-80	-	-	5-20	2-15
9.5	-	-	100	90-100	65-90	35-65	-	10-25	5-15

Sumber: ASTM C330-1995 dalam Mulyono, 2004.

### 2.1.3.2.1 Pelapisan (*Coating*) Agregat

Menurut Tripyto, dkk (2010), dalam penelitiannya, menyebutkan bahwa coating agregat adalah kegiatan pelapisan agregat yang berupa batu apung untuk mengurangi pori pada batung apung, yang berpengaruh pada sifat absropsi air dengan bahan pasta semen dengan perbandingan air dan semen 1 : 1. Hasil yang didapatkan adalah berkurangnya absorpsi pada agregat batu apung dari 60,19% menjadi 17,75%, setelah batu apung didiamkan selama satu hari.

Kegiatan pelapisan agregat dengan pasta semen juga dilakukan pada penelitian Hanggurani, dkk (2013). Menurut mereka, kegiatan coating agregat dimaksudkan untuk mengurangi pori pada agregat batu apung dan juga memperbaiki ikatan antara agregat dengan mortar pada interface zone.

Perbandingan air dan semen untuk pelapisan agregat adalah 1 : 1 dan dikeringkan selama 3 minggu dalam ruangan agar tidak berpengaruh pada faktor air semen. Didapatkan hasil pengujian absorpsi sebelum coating sebesar 36,07% dan sesudah coating 11,85%.

### 2.1.3.3 Agregat Halus

Berdasarkan SNI 1970:2008, agregat halus adalah pasir alam yang dihasilkan dari disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dengan ukuran butir 4,75 mm (No.4). Agregat halus berguna untuk mengisi ruang antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan, menambah mobilitas sehingga mengurangi friksi diantara agregat kasar (Nugraha, dan Antoni, 2007).

Persyaratan agregat harus menurut SK SNI S-04-1989-F, diantaranya sebagai berikut:

- a. Butirannya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan  $\leq 2,2$
- b. Kekal, tidak hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%,
- c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%,
- d. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna menggunakan larutan NaOH sebanyak 3%, yaitu warna cairan diatas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar atau pembanding.

- e. Modulus butir antara 1,50 – 3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- f. Agregat halus dari laut atau pantai, diperbolehkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan.

#### **2.1.3.4 Air**

Air pada pembuatan beton digunakan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan pada pekerjaan beton. Air yang digunakan sebagai campuran beton umumnya air yang bersih, tidak mengandung senyawa – senyawa yang berbahaya, tercemar garam, minyak, dan bahan kimia lainnya. Hal ini dikarenakan kandungan kimiawi berlebih yang terkandung pada air dapat menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. (Mulyono, 2004).

SNI 03-2847-2002 menetapkan syarat – syarat mutu air yang digunakan untuk campuran beton, sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan yang merusak beton, seperti mengandung oli, alkali, garam, dan bahan organik,
- b. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton kecuali setelah melalui pengujian kualitas air,
- c. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama,

Berdasarkan keterangan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa air yang dapat digunakan sebagai campuran beton ialah air hujan, air tanah, dan air limbah yang masih memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan.

#### 2.1.3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan campuran beton selain semen, air, dan agregat yang dimasukkan pada saat sebelum atau selama proses pencampuran beton dilakukan. Bahan tambah hanya digunakan pada kondisi atau tujuan tertentu dengan jumlah yang relatif sedikit, namun membuat pengaruh yang cukup besar terhadap campuran beton. (Nugraha, dan Antoni, 2007).

Standar ASTM C 494 membedakan bahan tambah kimia dalam pencampuran beton menjadi beberapa bagian, diacu dalam Mulyono (2004), antara lain:

1. Tipe A "*Water Reducing Admixture*" merupakan bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi air pencampur agar didapat beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B "*Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi waktu pengikatan beton agar memberikan waktu yang lebih lama dalam pengerjaan dan tetap mudah dikerjakan.
3. Tipe C "*Accelerating Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mempercepat waktu pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D "*Water Reducing and Retarding Admixture*" merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan memperlambat waktu pengikatan beton.

5. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixture*” merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan mempercepat waktu pengikatan serta kekuatan awal beton.
6. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixture*” merupakan bahan yang berguna untuk mengurangi air pencampur sebanyak 12% atau lebih atau lebih dikenal dengan nama “*Superplasticizer*”.
7. Tipe G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixture*” merupakan bahan tambah yang berguna untuk mengurangi air pencampur dan memperlambat waktu pengikatan beton. Tipe ini merupakan gabungan tipe B dan F.

Menurut Kosmatka, dkk (2003) terdapat beberapa alasan utama digunakannya bahan tambah dalam campuran beton, diantaranya adalah:

1. Untuk mengurangi biaya konstruksi,
2. Untuk mencapai sifat atau karakteristik tertentu pada beton, dengan menggunakan bahan tambah dirasa lebih efektif dibandingkan dengan cara lain,
3. Untuk menjaga kualitas beton selama tahap pencampuran, pengangkutan, penempatan, dan perawatan dalam kondisi cuaca yang buruk,
4. Untuk mengatasi keadaan darurat tertentu yang terjadi selama proses pengecoran.

#### **2.1.4 Silica Fume**

Menurut standar “*Spesification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cement Concrete dan Mortar*” (ASTM.C.1240, 1995) *Silica Fume* adalah material

pozzolan yang halus, di mana komposisi silika dari *silica fume* lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon (yang lebih dikenal dengan gabungan antara mikro silika dan *silica fume*) (Mulyono, 2004).

Subakti (1995) menjelaskan bahwa *silica fume* memiliki peranan penting pada pengaruh sifat mekanik dan kimia beton. Ditinjau dari sifat mekanik, *silica fume* memiliki reaksi yang bersifat pozzolan yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas oleh semen. Sedangkan berdasarkan sifat kimianya, *silica fume* mengisi rongga-rongga diantara bahan semen dan mengakibatkan diameter pori mengecil dan menyebabkan total volume pori berkurang (Torru, dkk., 2015). Penggunaan *silica fume* bertujuan untuk meningkatkan 0 – 30% karakteristik kekuatan dan keawetan beton dengan atau tanpa bahan *superplasticizer* (Yogendran, *et al*, 1987., dalam Mulyono, 2004).

Komposisi kimia dan fisika dari *silica fume* dapat dilihat pada tabel:

**Tabel 2.6 Komposisi Kimia dan Fisika dari Silica Fume**

Kimia	Berat dalam persen
SiO <sub>2</sub>	92 – 94
Karbon	3 – 5
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.10 – 0.50
CaO	0.10 – 0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20 – 0.30
MgO	0.10 – 0.20
MnO	0.008
K <sub>2</sub> O	0.10
Na <sub>2</sub> O	0.10