

## BAB II

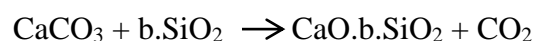
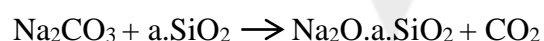
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kaca

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun dia sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Sifat-sifat kaca yang khas dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO<sub>2</sub>) dan proses pembentukannya.

Kaca adalah bahan dibuat oleh silika kering dengan oksida dasar. Kekasaran dari kaca memberikan beton ketahanan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit batu agregat alami. Kaca memiliki sifat-sifat khas dibanding dengan golongan kramik lainnya.

Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan (2-1) (dian, 2011):



Karakteristik dari serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah:

1. kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau *zero water absorption*,
2. sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air,
3. kaca dalam hal ini adalah serbuk kaca mempunyai sifat sebagai *pozzoland* yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton,
4. kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia,
5. serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau *filler*, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat.

Ada beberapa kandungan kimia dalam serbuk kaca yaitu seperti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan CaO seperti tabel 2.1 dan 2.2 dibawah ini,

**Tabel 2.1. Kandungan Kaca**  
(Sumber : Setiawan 2006)

Jenis Kaca	<i>Clear Glass</i>	<i>Amber Glass</i>	<i>Green Glass</i>	<i>Pyrex Glass</i>	<i>Fused Silica</i>
SiO <sub>2</sub>	73,2 – 73,5	71,0 – 72,4	71,27	81	99,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7 – 1,9	1,7 – 1,8	2,22	2	-
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	13,6 – 14,1	13,8 – 14,4	13,06	4	-
CaO + MgO	10,7 – 10,8	11,6	12,17	-	-
SO <sub>3</sub>	0,2 – 0,24	0,12 – 0,14	0,052	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04 – 0,05	0,3	0,599	3,72	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	0,43	12,0 – 13,0	-

**Tabel 2.2. Kandungan Serbuk Kaca**  
(Sumber : Hanafiah, 2011)

Unsur	Serbuk kaca
SiO <sub>2</sub>	61,72%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,45%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18%
CaO	2,59%

## **2.2 Perkembangan Penelitian dengan Kaca**

Penelitian dengan menggunakan serbuk kaca pada tahun 2013 dilakukan oleh Levin yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan *Water Reducing High Range Admixtures* Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas pada Beton”. Pada penelitian ini, penggunaan serbuk kaca sebagai *filler* sehingga dapat memberikan nilai kuat tekan yang cukup tinggi. Nilai kuat tekan tertinggi pada penambahan serbuk kaca 3%. Hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.3.

Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Pasir Dengan W/C 0,60 Dan 0,65, Untuk Desain W/C 0,65” diperoleh nilai kuat tekan beton dengan penambahan bubuk kaca mengalami peningkatan dengan bertambahnya persentase bubuk kaca. Nilai kuat tekan tertinggi didapat pada 20% penambahan bubuk kaca yaitu 30,78 MPa. Hasil uji kuat tekan beton pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.3. Hasil uji kuat tekan beton dengan serbuk kaca pada umur 28 hari**  
(Sumber : Levin, 2013)

Nama	Nilai Kuat Tekan
	(MPa)
BN	26,25
BK 3%	31,52
BK 5%	28,18
BK 7%	27,16
BN + <i>Sikament LN</i>	30,99
BK 3% + <i>Sikament LN</i>	36,21
BK 5% + <i>Sikament LN</i>	35,1
BK 7% + <i>Sikament LN</i>	34,57

**Tabel 2.4. Hasil uji kuat tekan beton dengan bubuk kaca**  
(Sumber : Eki & Tanzil, 2013)

% Bubuk Kaca	fc' 28 hari (MPa)
0%	28,28
5%	29,04
10%	29,62
15%	30,49
20%	30,78

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Yulianti dan Rikardus (2013) mengenai “Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton”, kuat tekan beton cenderung menurun

dengan semakin tingginya persentase serbuk kaca. Hal ini karena serbuk kaca yang digunakan terlalu halus yang lebih cocok sebagai bahan *filler*. Hasil uji kuat tekan dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Hasil uji kuat tekan beton dengan serbuk kaca**  
(Sumber : Yulianti dan Rikardus, 2013)

Kode Benda Uji	Kuat Tekan Beton dengan fas 0,57 MPa	Kuat Tekan Beton dengan fas 0,46 MPa
BN	26,74	31,3
BS 10%	19,45	26,33
BS 20%	18,05	20,96
BS 30%	15,6	18,09

### 2.3 Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan tambah ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (McCormac, 2000).

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 2007).

Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik (Dipohusodo, 1996).

Bahan-bahan pembentuk beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan (Mulyono, 2005).

a. Semen

Semen adalah bahan hidrolis yang bertindak sebagai pengikat agregat. Hidrolis berarti jika semen bereaksi dengan air akan berubah menjadi pasta. Reaksi kimia antara semen dengan air akan menghasilkan panas dan sifat kekerasan pada pasta semen (proses hidrasi) dan membentuk suatu batuan massa dan tidak larut dalam air (Susanti, 2011).

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik,

yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Susanti, 2011).

Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu juga mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Perlekatan ini terjadi akibat adanya reaksi semen dengan air yang sering dikenal dengan istilah proses hidrasi beton (Susanti, 2011). Tipe-tipe semen portland dan penggunaannya dapat dilihat pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6. Tipe-tipe semen *portland* dan penggunaannya**  
(Sumber : Susanti, 2011)

No	Tipe semen	Penggunaan
1	Tipe I	Semua bangunan beton yang tidak akan mengalami perubahan cuaca yang dahsyat atau dibangun dalam lingkungan korosif
2	Tipe II	Untuk bangunan yang menggunakan pembetonan secara massal, seperti dam, panas hidrasi tertahan dalam bangunan untuk jangka waktu yang lama
3	Tipe III	Untuk pembetonan musim dingin
4	Tipe IV	Pembetonan massal
5	Tipe V	untuk bangunan di air yang mengandung sulfat atau air laut

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran lebih kecil dari 4,8 mm (Mulyono, 2005). Agregat halus dapat berupa pasir alam (hasil pembentukan alami dari batuan-batuan) atau pasir buatan (dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu). Fungsi utama agregat halus dalam campuran beton adalah mengisi ruang antara butir agregat kasar. Ukuran agregat halus dibagi menjadi 4 zona yaitu

daerah I, daerah II, daerah III, dan daerah IV yang dapat diketahui dari analisa saringan terhadap agregat halus.

Batasan-batasan gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.7 di bawah ini.

**Tabel 2.7. Batas gradasi agregat halus**  
(Sumber : Mulyono, 2005)

Persentase Lolos				
Lubang ayakan (mm)	Daerah	Daerah	Daerah	Daerah
	I	II	III	IV
10	100	101	102	103
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3		11-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah IV : Pasir Halus

c. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,8 mm (Mulyono, 2005). Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil pembentukan alami dari batuan atau berupa batu pecah (split) yang diperoleh dari pemecahan (*Stone Crusher*). Ukuran maksimal agregat kasar dibagi menjadi 3 golongan yaitu gradasi agregat dengan butir maksimum 40 mm, 20 mm, dan 10 mm. Ukuran maksimal agregat dapat diketahui melalui analisa saringan terhadap agregat kasar.



Batasan-batasan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.8 di bawah ini.

**Tabel 2.8. Batas agregat kasar**  
(Sumber : Mulyono, 2005)

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos (%)		
	Gradasi agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100		
38	95-100	100	
19	35-70	95-100	100
9,6	Okt-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

d. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter,
2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
3. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,

4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

#### **2.4 Workability**

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* (kemudahan pengerjaan) adalah merupakan tingkat kemudahan adukan beton untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa mengurangi homogenitas beton dan beton tidak terurai (*bleeding*) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan yang direncanakan.

*Workability* akan menjadi lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut ini.

1. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
2. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
3. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
4. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.

2. Penambahan semen dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan pada saat dikerjakan.
6. Cara pemadatan adukan beton akan menentukan sifat/cara pengerjaan. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 2007).

### **2.5 Segregation**

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran adukan beton dinamakan *segregation*. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton (Mulyono, 2005).

Segregasi disebabkan oleh beberapa hal, yaitu:

1. campuran yang kurang semen,
2. terlalu banyak air,
3. ukuran maksimum butir agregat lebih dari 40 mm,

4. permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah dengan cara berikut:

1. tinggi jatuh diperpendek,
2. penggunaan air sesuai syarat,
3. cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan,
4. ukuran agregat sesuai dengan syarat,
5. pemadatan baik.

## **2.6 Bleeding**

*Bleeding* adalah kecenderungan air untuk naik ke permukaan (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Air akan naik membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*) (Mulyono, 2005). *Bleeding* biasanya terjadi pada campuran beton basah (kelebihan air) atau campuran adukan beton dengan nilai *slump* tinggi.

*Bleeding* dipengaruhi oleh berbagai hal berikut ini.

1. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai kemungkinan *bleeding* kecil.

2. Banyak air

Semakin banyak air akan memungkinkan terjadinya *bleeding*.

3. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras semakin kecil terjadinya *bleeding*.

4. Proses pemadatan

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan *bleeding*.

*Bleeding* dapat dikurangi dengan cara sebagai berikut:

1. memberi banyak semen,
2. menggunakan air sedikit mungkin,
3. menggunakan butir halus lebih banyak,
4. memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

### **2.7 Nilai Slump**

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada Tabel 2.9.

**Tabel 2.9. Penetapan nilai *slump* adukan beton**  
(Sumber: Tjokrodinuljo, 2007)

Pemakaian Beton (Berdasarkan Jenis Struktur yang Dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan stuktur dibawah tanah	9	2,5
Plat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

## 2.8 Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1) (Mulyono, 2005).

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari (Tjokrodimuljo, 2007).

Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 2.10.

**Tabel 2.10. Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur**  
(Sumber: Tjokrodimuljo, 2007)

Umur beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2