

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lainnya. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, atau jenis agregat lain) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu.

Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1996).

#### **2.1 Bahan Penyusun Beton**

##### **2.1.1 Air**

Air adalah bahan yang diperlukan pada campuran beton agar bereaksi dengan semen dan menjadi pelumas agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang dibutuhkan untuk mereaksikan semen hanya sekitar 30% dari berat semen (Tjokodimuljo, 1996).

Syarat air yang baik untuk dapat direaksikan dalam pembuatan beton dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat oleh mata
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lt
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 5 gr/lt

#### 2.1.2 Agregat Kasar

Menurut Antono (1993), kerikil sebagai agregat kasar merupakan bahan batuan berukuran besar, ukuran butirnya  $> 5$  mm. Kerikil dapat berupa hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa batu pecah, yang diperoleh dari pemecahan batu.

Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat kasar yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Terdiri dari butiran-butiran keras dan tidak berpori
2. Kerikil yang mengandung butir-butir pipih dan panjang tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya.
3. Batu tidak boleh pecah atau hancur oleh pengaruh perubahan cuaca yaitu terik matahari dan hujan.
4. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila lebih dari 1% maka harus dicuci
5. Tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.

### 2.1.3 Agregat Halus

Menurut Antono (1993), pasir sebagai agregat halus merupakan batuan berukuran kecil, yang ukuran butirnya  $< 5$  mm. Pasir dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan, atau berupa pasir pecahan batu.

Menurut SK SNI 04-1989-F, agregat halus yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut.

1. Terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras
2. Butirannya harus tidak pecah atau hancur oleh pengaruh perubahan cuaca yaitu terik matahari dan hujan
3. Tidak mengandung kumpur lebih dari 5%. Bila kadar lumpur melebihi 5% maka harus dicuci.
4. Tidak mengandung bahan-bahan organik karena dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa semen portland sehingga mengurangi kualitas adukan betonnya
5. Tidak mengandung pasir laut karena dapat mengakibatkan korosi pada tulangan baja
6. Mempunyai modulus elastisitas (E) antara 1,5 - 3,8

### 2.1.4 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu

atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lainnya (SNI-15-2049-2004).

Semen dibedakan menjadi beberapa tipe, berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lain.
2. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah
5. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat.

## **2.2 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 penyusun kaca saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca 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 an-organik yang tidak mudah

menguap yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir, serta berbagai bahan penyusun lainnya. Kaca memiliki sifat – sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan proses pembentukannya.

Karakteristik dari kaca dalam pembuatan beton dapat dijelaskan sebagai berikut.

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.

Perkembangan zaman di era globalisasi yang pesat ini mengakibatkan terus bertambahnya jumlah barang bekas atau limbah yang keberadaannya dapat menjadi masalah bagi kehidupan, salah satunya adalah keberadaan limbah kaca dari pabrik kaca. Dalam hal ini upaya yang dilakukan adalah pemanfaatan pecahan kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Bubuk kaca merupakan hasil dari industri kaca yang mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang cukup besar yaitu 74-80%. Selain itu, kaca juga dapat kita temukan pada limbah rumah tangga yang berupa botol, gelas, lamu, dan perabotan rumah tangga lainnya yang terbuat dari kaca. Kaca didapatkan dengan menggabungkan beberapa mineral yang kaya akan silika ( $\text{SiO}_2$ ), soda ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), dan kapur ( $\text{CaO}$ ). Mineral-mineral yang kaya akan unsur tersebut berupa pasir silika, soda *ash* ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) (Purwanto, 2008).

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan jenis kaca, yaitu : *clear glass*, *amber glass*, *pyrex glass*, *fused silica* (Setiawan, 2006). Kandungan bahan kimia dalam berbagai jenis kaca seperti dijelaskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Kandungan Bahan Kimia Pada Berbagai Jenis Kaca  
(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	-

## 2.3 Silica Fume

### 2.3.1. Pengertian *Silica Fume*

Dalam teknologi beton, *silica fume* digunakan sebagai pengganti sebagian dari semen atau bahan tambahan pada saat sifat-sifat khusus beton dibutuhkan, seperti penempatan mudah, kekuatan tinggi, permeabilitas rendah, durabilitas tinggi, dan lain sebagainya. *Silica fume* merupakan hasil sampingan dari produk logam silikon atau *alloy ferosilikon*. Menurut standar "*Spesification for Silica Fume faor Use in Hydraulic Cement Concrete and Mortal*", *silica fume* adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan

dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau alloy besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *micro silica* dengan *silica fume*).

Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Beton dengan kekuatan tinggi digunakan, misalnya, untuk kolom struktur atau dinding geser, pre-cast atau beton pra-tegang dan beberapa keperluan lain. Kriteria kekuatan beton berkinerja tinggi saat ini sekitar 50-70 Mpa untuk umur 28 hari. Penggunaan *silica fume* berkisar 0-30% untuk memperbaiki karakteristik kekuatan keawetan beton dengan faktor air semen sebesar 0,34 dan 0,28 dengan atau tanpa *superplastisizer* dan nilai *slump* 50 mm.

### 2.3.2. Komposisi *Silica Fume*

*Silica fume* merupakan serbuk halus yang terdiri dari *amorphous microsphere* dengan diameter berkisar antara 0,1-1,0 micron meter, berperan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat mekanik, secara geometrikal *silica fume* mengisi rongga-rongga di antara bahan semen (grain of cement), dan mengakibatkan pore size distribution (diameter pori) mengecil serta total volume pori juga berkurang (Subakti, 1995).

### 2.3.3. Karakteristik *Silica Fume*

Diameter rata-rata *silica fume* adalah sekitar 0,1 micron meter, yaitu 100 kali lebih kecil daripada partikel semen. Hasil pengujian porosimeter yang menggunakan metode penyerapan merkuri, diperoleh distribusi ukuran median adalah 8,53 micron meter, jari-jari pori rata-rata sebesar 0,13 micron meter, dan luas permukaan spesifik yang sangat tinggi 216,0 m<sup>2</sup>/g. Kadungan silika (SiO<sub>2</sub>)

sangat tinggi 93,09 persen, ketentuan ASTM C 1240-93 mensyaratkan minimal sebesar 85 persen.

Penggunaan silca fume selalu bersamaan dengan High Range Water Reducer (Superplasticizer). Karena adanya penggunaan air pada bahan beton dan adanya bahan silika fume yang mengisi pori-pori serta berfifat pozzolan ini, maka mengakibatkan beton menjadi kedap, awet, dan berkekutan tinggi. Dengan adanya *silica fume* daerah agregat matriks transisi lebih padat dan kuat sehingga hubungan antara semen pasta dan agregat menjadi lebih kompak, agregat dan pasta merupakan kesatuan struktur komposit yang cukup solid dan kuat.

#### 2.3.4. Kelebihan dan Kekurangan *Silica Fume*

Keuntungan dari *silica fume* antara lain dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. *Menurunkan tingkat permeabilitas*, dengan demikian beton akan tahan terhadap air, serangan sulphat (marine structure), serangan alkali (tanah), dll. Beton bertulang adalah komposit material antara besi dan beton. Besi sangatlah lemah terhadap sulphat, air, dan alkali karena menyebabkan korosi. Ketika besi di dalam beton terkena korosi, maka umur bangunan sudah dapat diprediksikan dengan perkiraan yang sesuai.
2. *Meningkatkan compressive strenght beton*. Dengan ukuran partikel yang lebih kecil dari semen, *silica fume* akan mengisi bagian kosong yang tidak bisa diisi oleh semen. Prinsip dasar untuk meningkatkan kuat tekan beton adalah dengan mengurangi sebanyak mungkin rongga di dalam beton. Rongga tersebut biasanya diisi oleh udara. Semakin banyak kadar udara di dalam beton, semakin kecil *compressive strenght* beton tersebut. Dengan

*silica fume*, rongga ini akan semakin sedikit karena terisi oleh *silica fume*. Secara kimiawi, *silica fume* akan bereaksi dengan kalsium hidroksida yang terkandung dengan semen sehingga akan dapat meningkatkan kuat tekan dalam adukan beton.

3. Meningkatkan *workability*. *Silica fume* mengisi butiran yang tidak dimiliki oleh beton pada umumnya yakni butiran yang lebih kecil dari semen. Dengan *silica fume*, beton akan lebih *flow*. Ukuran *silica fume* adalah 0,03-0,1 mikron.

Kendala-kendala yang ada dalam penggunaan *silica fume* antara lain seperti, handling/pelaksanaan, bahaya kesehatan kerja, air entrainment, plastic shringkage, dan quality control. *Silica fume* merupakan bahan sangat lembut dan mudah sekali terbang kena angin, maka perlu diperhatikan dalam pelaksanaan loading, penangkutan, peyimpanan dan pencampuran.

## 2.4 Viscocrete

### 2.4.1 Jenis *Admixture*

Mengacu pada klasifikasi ASTM C494-82, dikenal 7 jenis *admixture*, dari tipe A sampai dengan G. Tujuh jenis *admixture* dapat dijabarkan dalam uraian sebagai berikut.

- a. Tipe A : *Water Reducer (WR)* atau *plasticizer*.

Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang digunakan. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.

b. Tipe B : *Retarder*

Bahan kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini diperlukan apabila dibutuhkan waktu yang cukup lama antara pencampuran/pengadukan beton dengan penuangan adukan. Atau dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh.

c. Tipe C : *Accelerator*

Bahan kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera.

d. Tipe D : *Water Reducer Retarder (WRR)*

Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.

e. Tipe E : *Water Reducer Accelerator*

Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan.

f. Tipe F : *High Range Water Reducer (Superplasticizer)*

Bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih. Penjelasan mengenai superplasticizer akan dibahas lebih lanjut.

g. Tipe G : *High Range Water Reducer (HRWR)*

Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan kimia tambahan biasanya dimasukkan dalam campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil dibandingkan dengan bahan-bahan utama, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis, karena dosis yang berlebihan akan bisa mengakibatkan menurunnya kinerja beton bahkan lebih ekstrem lagi bisa menimbulkan kerusakan pada beton.

2.4.2. Karakteristik *Viscocrete-10*

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan water reducer tipe F. Bahan kimia ini berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih. Tergantung dari persentase optimum yang disarankan. *Viscocrete* adalah *chemical admixture* berjenis *High Range Water Reducer (HRWR)* jenis *polycarboxylate* yang berguna menyebarkan partikel semen menjadi rata dan memisahkan menjadi partikel halus sehingga reaksi sekunder pada beton menjadi lebih rata dan lebih aktif.

2.4.3 Kelebihan *Viscocrete-10*

Keuntungan campuran beton dengan campuran *viscocrete* akan menjadikan beton segar memiliki *flowability* yang tinggi sehingga dapat mengalir dan memadat dengan mengandalkan berat sendiri.

*Viscocrete-10* sebagai Superplasticizer yang sangat kuat bekerja dengan berbagai mekanisme yang berbeda. Melalui penyerapan permukaan dan efek sterical memisahkan butiran semen akan diperoleh sifat-sifat sebagai berikut.

- Pengurangan air dalam jumlah besar, menghasilkan kepadatan tinggi, beton mutu tinggi dan mengurangi permeabilitas.
- Efek *plasticizing* (pengurang air) yang sangat baik, menghasilkan kelecakan yang lebih baik, kemudahan pengecoran dan pepadatan. Sehingga sangat cocok digunakan untuk beton yang memadat dengan sendirinya (*Self Compacting Concrete*).
- Mengurangi penyusutan dan keretakan.
- Mengurangi karbonasi.
- Meningkatkan sifat kedap air (*watertight*).

## **2.5 Perkembangan Penelitian Menggunakan Serbuk Kaca**

Yuliyanti (2010) menguji pengaruh substitusi agregat halus dengan serbuk kaca terhadap sifat mekanik beton, dengan mengganti sebagian agregat halus dengan serbuk kaca. Variasi yang dilakukan adalah 0%, 10%, 20%, dan 30% serbuk kaca terhadap berat pasir. Pengujian yang dilakukan antara lain: kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton. Hasil penelitian menunjukkan beton normal memiliki nilai kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton lebih tinggi dibandingkan beton dengan serbuk kaca. Hal ini dikarenakan serbuk kaca yang digunakan butirannya sudah melalui proses pengolahan sehingga menjadi sangat halus dan pada akhirnya hanya menjadi filler yang mengisi rongga-rongga pada beton.

Arimurti (2009) menguji pengaruh penggunaan bahan tambah *silica fume* terhadap kekuatan beton non pasir. Beton non – pasir dibuat dengan variasi penambahan *silica fume* sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%,12,5% dan 15% dari berat semen dengan masing – masing variasi berjumlah 6 silinder. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Dari hasil penelitian menunjukkan peningkatan kuat tekan dan modulus elastisitas pada masing-masing umur (14, 28, dan 56) hari secara signifikan terjadi pada penggunaan 5% *silica fume*, sedangkan untuk kuat tarik belahnya peningkatan persentase pada masing-masing umur secara signifikan terjadi pada penggunaan 10% *silica fume*. Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan bahwa penggunaan variasi tertentu *silica fume* pada lingkungan standard ASTM berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan beton non-pasir.

Rikardus (2010) menguji pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus dengan bahan tambah superplasticizer terhadap sifat beton. Variasi substitusi serbuk kaca 0%,10%,20%, dan 30%. Masing-masing menggunakan 3 buah benda uji, untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton. Dari hasil penelitian, penggunaan serbuk kaca ternyata menurunkan kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton. Kuat tekan beton normal rata-rata sebesar 31,30 MPa, BS 10% nilainya turun sebesar 16% yaitu 26,33 MPa. BS 20% turun 33% sebesar 20,96 MPa, dan untuk BS 30% turun sebesar 42% sebesar 18,09 MPa. Modulus elastisitas beton normal sebesar 25865,8817 MPa. BS10% sebesar 23453,5092 MPa. BS 20% sebesar 19480,9398 MPa, dan BS 30% sebesar 18370,4479 MPa.

Kuat tarik belah beton normal sebesar 3,0774 MPa, BS 10% sebesar 2,6968 MPa, BS 20% sebesar 2,5733 MPa, dan BS 30% sebesar 2,5440 MPa. Nilai kuat lentur beton normal sebesar 4,0196 MPa, BS 10% sebesar 3,7441 MPa, BS 20% sebesar 3,5795 MPa, dan BS 30% sebesar 3,5267 MPa.

