BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Kaca Dalam Bidang Konstruksi

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 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 penyusun lainnya (Dian, 2011).

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan 2.1 (Dian, 2011):

$$Na_2CO_3 + a.SiO_2 \longrightarrow Na_2O.aSiO_2 + CO_2$$

$$CaCO_3 + b.SiO_2 \longrightarrow CaO.bSiO_2 + CO_2$$

$$Na_2SO_4 + c.SiO_2 + C \longrightarrow Na_2O.cSiO_2 + SO_2 + SO_2 + CO \qquad (2\text{-}1)$$

Bubuk kaca mempunyai kelebihan dibandingkan dengan bahan pengisi pori yang lainnya (Dian, 2011), yaitu:

1. mempunyai sifat tidak menyerap air (*zero water absorption*),
2. kekerasan dari gelas menjadikan beton tahan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit agregat alami,
3. bubuk kaca/serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat dicapai tanpa penggunaan *superplasticizer*,
4. bubuk kaca/serbuk kaca yang baik mempunyai sifat *pozzoland* sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan *filler*.

2.2 Kandungan dalam Kaca

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan jenis-jenis kaca, yaitu: *clear glass, amber glass, green glass, pyrex glass,* dan *fused silica* (Setiawan, 2006). Kandungan di dalam jenis-jenis kaca tersebut akan dijelaskan pada Tabel 2.1 seperti berikut ini.

Tabel 2.1 Kandungan kaca

Jenis Kaca	*Clear Glass*	*Amber Glass*	*Green Glass*	*Pyrex Glass*	*Fused Silica*
SiO_2	73,2 – 73,5	71,0 – 72,4	71,27	81	99,87
Al_2O_3	1,7 – 1,9	1,7 – 1,8	2,22	2	-
Na_2O+K_2O	13,6 – 14,1	13,8 – 14,4	13,06	4	-
CaO+MgO	10,7 – 10,8	11,6	12,17	-	-
SO_3	0,2 – 0,24	0,12 – 0,14	0,052	-	-
Fe_2O_3	0,04 – 0,05	0,3	0,599	3,72	-
Cr_2O_3	-	0,01	0,43	12,0 – 13,0	-

Kandungan kimia di dalam bubuk kaca yaitu seperti SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 dan CaO seperti Tabel 2.2 (Hanafiah, 2011):

Tabel 2.2 Kandungan serbuk kaca

Unsur	Serbuk kaca
SiO_2	61,72%
Al_2O_3	3,45%
Fe_2O_3	0,18%
CaO	2,59%

2.3 Pengaruh Sifat Reaktif Silika pada Kaca

Penggunaan agregat halus kaca yang dibuat dari jenis kaca leburan *soda lime*, mulai dikembangkan untuk membuat beton kinerja tinggi. Agregat halus kaca ini dibuat dalam bentuk bubuk dengan ukuran dan distribusi yang serupa agregat halus/pasir alam. Penggunaannya diharapkan dapat memanfaatkan limbah dari hasil samping industri untuk komponen industri konstruksi dan untuk mengatasi kekurangan pasir alam yang tersedia. Berdasarkan ASTM C289-87 dilakukan tes kimia dan tes kereaktifan agregat didapat bahwa bubuk kaca masih layak digunakan sebagai agregat walaupun memiliki sifat "merugikan" karena mengandung silika reaktif yang dapat bereaksi dengan alkali semen, sehingga mengakibatkan terjadinya ekspansi beton (Noor, 1995).

2.4 Perkembangan Penelitian dengan Kaca

Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan *Shrinkage*” dengan mutu beton 20 MPa, diperoleh data kuat tekan tertinggi dengan komposisi 20% pada umur 56 hari, seperti pada Tabel 2.3 (Budi, 2006):

Tabel 2.3 Hasil uji kuat tekan beton dengan campuran agregat kaca

Umur Pengujian (hari)	Persentase Agregat Kaca					
	0%	10%	20%	30%	50%	100%
	kg/cm²					
3	211,97	211,97	218,87	276,05	228,76	211,97
7	207,32	220,28	187,88	223,52	194,36	191,12
28	188,21	215,42	192,74	179,14	181,41	140,59
28	-	201,81	208,62	183,67	158,73	165,53
56	172,17	201,56	214,16	174,27	157,47	155,37

Bubuk kaca merupakan hasil dari industri kaca yang mengadung silika (SiO_2) yang cukup besar yaitu 74–80%. Selain itu juga kaca juga dapat kita temukan pada limbah rumah tangga yang berupa botol, gelas, lampu dan perabotan rumah tangga lainnya yang terbuat dari kaca. Kaca didapatkan dengan menggabungkan beberapa mineral yang kaya akan silika (SiO_2), soda (Na_2O) dan kapur (CaO). Mineral-mineral yang kaya akan unsur tersebut berupa pasir silika, soda *ash* (Na_2CO_3) dan batu kapur ($CaCO_3$) (Purwanto, 2008).

Dalam penelitian yang berjudul "Pengaruh Penambahan Bubuk Kaca sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap Kuat Tekan dan Nilai *Slump*" dengan mutu beton 50 MPa, diperoleh data kuat tekan tertinggi dengan komposisi 4% pada umur 28 hari, seperti pada Tabel 2.4 (Hanafiah, 2011):

Tabel 2.4 Hasil uji kuat tekan beton dengan bubuk kaca

Umur Pengujian (hari)	Persentase Agregat Kaca				
	0%	2%	4%	6%	8%
	(MPa)				
7	35,59	39,25	39,96	39,38	35,47
28	54,75	60,38	61,47	60,59	54,58

2.5 ***Water Reducing High Range***

Water Reducing High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi tingkat pekerjaan juga lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer*. Tiga jenis *plasticizer* yang dikenal adalah sebagai berikut:

1. kondensasi *sulfonat melamin formaldehid* dengan kandungan klorida sebesar 0,005%,
2. *sulfonat nafthalin formaldehid* dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan,
3. modifikasi *lingnosulfonat* tanpa kandungan klorida.

Ketiga jenis bahan tambah tersebut terbuat dari sulfanofat organik dan dapat mengurangi pemakaian air pada campuran beton serta meningkatkan *slump* beton sampai 8 inchi (208 mm) atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton (Mulyono, 2004).

Salah satu komposisi dari *water reducing high range* adalah *sulfonat nafthalin formaldehid*. Aplikasi dari *Water Reducing High Range* adalah sebagai berikut (RILEM, 1995):

1. Sebagai pengurang air

   Pengurangan perbandingan air/semen mengakibatkan suatu peningkatan dari semua karakteristik beton (peningkatan *compressive* dan kuat lendut, pengurangan permeabilitas, rayapan, penyusutan).

2. Sebagai *superplasticizer*

   Produksi dari beton mutu tinggi dengan *workability* tinggi. Pengecoran beton yang mudah menyebabkan kepadatan yang tinggi.

   Efek-efek dari *High Range Water Reducers* pada sifat beton adalah sebagai berikut ini.

   1. Status segar

      a. Massa unit

         Massa unit pada beton umumnya ditingkatkan ketika pengurangan air cakupan tinggi digunakan.

      b. Kemungkinan pelaksanaan

         1) Konsitensi *superplasticizer* meningkatkan kemampuan beton untuk mengalir.

         2) Kohesi sebagian besar ditingkatkan oleh penggunaan dari pengurangan air cakupan tinggi sebagai konsekuensi pengurangan air di dalam beton.

         3) Isi udara memungkinkan sedikit dari *superplasticizer* sebagai *admixtures* (bahan tambah).

         4) *Slump loss* pada kemungkinan pelaksanaan awal yang sama, *slump loss* beton dengan pengurangan air cakupan tinggi mungkin lebih

tinggi dibanding beton tanpa *admixtures*. Pada perbandingan air/semen yang sama, *slump loss* beton dengan *superplasticizer* mungkin lebih tinggi atau lebih rendah dari beton tanpa *admixtures* sebagai fungsi dari jenis *superplasticizer* yang digunakan.

5) *Pumpability* beton ditingkatkan oleh penggunaan *superplasticizer*, sebagai konsekuensi dari peningkatan *workability* dan kaitan dengan kohesi dalam hal penggunaan pengurangan air cakupan tinggi.

c. *Segregasi*

Segregasi berkurang ketika *admixtures* digunakan baik sebagai pengurangan air atau sebagai *superplasticizer*, dengan ketentuan bahwa suatu perancangan campuran beton memadai telah dilaksanakan.

2. Status pengikatan

a. Pengikatan

Biasanya menggunakan *admixtures* sebagai *superplasticizer* sedikit memperlambat pengikatan beton, sedangkan penggunaan sebagai pengurangan air cakupan tinggi pada dosis normal tidak memberi keterlambatan yang berarti.

b. Penyusutan plastis

Pecah susut plastis dapat meningkat dengan penggunaan dari pengurangan air cakupan tinggi jika kondisi-kondisi yang berkenaan dengan lingkungan seperti penguapan lebih besar dibanding pengurangan kapasitas *bleeding* dari beton yang dikurangi airnya.

c. *Bleeding*

Bleeding dikurangi oleh penggunaan dari pengurangan air cakupan tinggi jika distribusi ukuran agregat tidak dirancang dengan baik. *Bleeding* dapat meningkat ketika *superplasticizer* digunakan.

3. Status pengerasan

a. Kekuatan

Kekuatan beton meningkat dengan sangat oleh penggunaan pengurangan air dalam cakupan tinggi sebagai konsekuensi pengurangan dari perbandingan air/semen, sedangkan kekuatan tidak dimodifikasi pada hakekatnya dalam hal penggunaan sebagai *superplasticizer*.

b. Porositas

1) Penyerapan kapiler beton betul-betul dikurangi ketika *admixtures* digunakan sebagai suatu pengurangan air cakupan tinggi.

2) *Permeability* beton secara langsung berhubungan dengan porositas kapilernya yang dipengaruhi oleh perbandingan air/semen, yang dapat sebagian besar dikurangi oleh penggunaan dari *admixtures* sebagai pengurangan air cakupan tinggi.

3) Daya tahan beton meningkat dengan pengurangan air cakupan tinggi karena porositas kapiler beton berkurang, penggunaan *admixtures* sebagai *superplasticizer* tidak merubah daya tahan beton.

c. Perubahan volume

1) Penggunaan dari pengurangan air cakupan tinggi dapat mengurangi rayapan dalam kaitan dengan pengurangan air/semen dari beton.

4) Penyusutan beton dikurangi oleh pengurangan air cakupan tinggi terutama oleh karena pengurangan kandungan air dari beton.
5) Ketika suatu beton dihasilkan dengan *admixtures* sebagai suatu *superplasticizer*, penyusutannya, untuk persentase yang sama dari kehilangan kelembaban, telah ditemukan menjadi lebih tinggi dibanding beton yang diproduksi dengan kuantitas air yang sama tetapi tanpa penggunaan *superplasticizer*. Pada sisi lain juga menunjukan bahwa dengan kondisi-kondisi perawatan yang sama, penyusutan dari beton *superplasticized* adalah serupa dengan tidak bertulang yang bersesuaian.
6) Kesimpulan yang dapat ditarik adalah bahwa makin baik pembubaran partikel butir semen di dalam suatu beton *superplasticized* menghasilkan suatu struktur kapiler lebih baik, yang mengurangi tingkatan kerugian kelembaban dari beton dibawah kondisi-kondisi lingkungan normal, sedemikian sehingga penyusutan dari beton *superplasticized* pada kenyataannya serupa dengan beton normal yang dihasilkan dengan jumlah air yang sama.

Sikament LN adalah suatu zat pengurang air cakupan tinggi yang sangat efektif dan *superplasticizer* untuk mempercepat pemadatan dan dapat dengan mudah dikerjakan. Bahan dasar dari *Sikament LN* adalah *Sulfonate Naphthalene Formaldehyde*. *Sikament LN* adalah suatu bahan tambah beton yang dapat mengurangi penggunaan air, secara khusus dirumuskan untuk industri beton *precast*, untuk memenuhi permintaan perpindahan awal dari *formwork* dalam

kaitan untuk memperoleh kekuatan awal. Memperdayakan penempatan peralatan beton untuk digunakan sampai kapasitas penuhnya efektif sepanjang rentang dosis (PT. Sika Indonesia, 2005).

Cara kerja *Sikament LN* pada dasarnya adalah kemampuan untuk diserap oleh partikel semen pada bagian permukaannya. *Superplasticizer* adalah anion berukuran *colloidal* dengan jumlah besar polar grup dalam mata rantai (N dan O) sementara anion terdiri dari sekitar 60-SO_3 grup. Dengan cara ini butir semen secara kuat diberi muatan negatif, akan menghasilkan pengaruh tolak-menolak yang mempertinggi kecairan.

Keuntungan dari *Sikament LN* adalah dapat mengurangi penggunaan air hingga 20% dan akan meningkatkan kuat tekan beton 28 hari sebesar 40%. Dosis yang dapat digunakan 0,3%-2,0% dari berat material semen. Apabila dikombinasikan dengan pasir olahan/pasir vulkanik, dosisnya adalah 0,4%-2,0% dari berat material semen (PT. Sika Indonesia, 2005).

2.6 ***Pozzoland***

Pozzoland adalah sejenis bahan yang mengandung silisium atau aluminium yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butirannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen (Mulyono, 2005).

Pozzoland digunakan sebagai suatu bahan penambahan pada campuran beton semen portland untuk meningkatkan kekuatan jangka panjang dari beton semen portland. *Pozzoland* mengandung silika yang bereaksi dengan kalsium

hidroksida untuk membentuk kalsium silikat, bahan-bahan *cementitious* lain bisa juga dibentuk tergantung pada unsur-unsur *pozzoland*.

Reaksi *pozzolanic* bisa lebih lambat dibanding sisa dari reaksi-reaksi yang terjadi selama hidrasi semen, dan dengan begitu kekuatan dalam waktu jangka pendek beton dengan *pozzoland* tidak boleh setinggi beton yang dibuat hanya dengan bahan-bahan *cementitious*. Pada sisi lain, *pozzoland* yang sangat reaktif, seperti *silica fume* serta metakaolin dapat menghasilkan beton dengan kekuatan awal yang cukup tinggi.