

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penggunaan Kaca Dalam Bidang Konstruksi

Menurut Dian, 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

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan 2.1 (Wibowo, 2013):



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.

## 2.2. Kandungan dalam Kaca

Menurut penggolongan jenis-jenis kaca yang ada memiliki beberapa kandungan kaca. Pada tabel 2.1 akan dijelaskan kandungan tersebut antara lain :

**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	71,5 - 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	0,509	3,37	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	0,43	12,0 - 13,0	-

Beberapa kandungan kimia serbuk kaca tersebut yaitu SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan CaO seperti yang ada pada tabel 2.2 :

**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%

### 2.3. Perkembangan Penelitian dengan Kaca

Penelitian yang dilakukan (Wibowo, 2013) dengan judul “Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan *Water Reducing High Range Admixtures* Terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton”. Pada hasil penelitian didapat kuat tekan yang cukup tinggi dengan penambahan serbuk kaca sebagai *filler* yaitu penambahan serbuk kaca presentase 3 % dan tambahan *Sikament LN* juga menunjukkan kuat tekan cukup tinggi. Hasil uji yang dilakukan pada umur beton 28 hari dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kaca Umur 28 Hari**  
(Sumber : Wibowo, 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

Keterangan: BN = beton normal  
BS 10%, 20%, 30% = substitusi 10%, 20%, 30% beton serbuk kaca

Pada penelitian yang dilakukan (Yulianti dan Rikardus 2013) dengan judul “Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton”. Karena komposisi serbuk kaca butirannya sangat

halus menyebabkan semakin tingginya presentase serbuk kaca yang digunakan membuat kuat tekan beton untuk lebih cenderung menurun. Butiran serbuk kaca yang halus tersebut lebih cocok digunakan sebagai bahan *filler*. Dan hasil uji kuat tekan beton dengan kadar serbuk kaca yang sesuai dapat dilihat di tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Hasil uji kuat tekan beton dengan serbuk kaca**  
(Sumber : Yulianti dan Rikardus, 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

Keterangan: BN = beton normal  
BK 3%, 5%, 7% – substitusi 3%, 5%, 7% beton serbuk kaca  
BN + *Sikament LN* – beton normal dengan tambahan *Sikament LN*

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan (Suwignyo, 2014) dengan judul “Pengaruh Substitusi Sebagian Agregat Halus dengan Serbuk Kaca Terhadap Sifat Mekanik Beton ” Kuat tekan beton pada hasil penelitian dengan penambahan serbuk kaca mengalami peningkatan. Nilai kuat tertinggi pada penambahan serbuk kaca pada presentase 10% yaitu 25,84 MPa. Serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus memerlukan kadar yang sesuai supaya tidak menimbulkan rongga yang dapat mengurangi nilai kuat tekan beton tersebut. Hasil pengujian kuat tekan beton dari penelitian ada pada tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Hasil uji kuat tekan beton dengan bubuk kaca**  
(Sumber : Suwignyo, 2014)

Kode	Kuat Tekan (MPa)
BN	23,88
BS 10%	25,84
BS 20%	20,40
BS 30%	22,01
BS 40%	22,33

Keterangan: BN = beton normal

BS 10%, 20%, 30%,40% = substitusi 10%, 20%, 30%, 40%  
beton serbuk kaca

#### 2.4. Water Reducing High Range

*Water reducing, high range and admixtures* adalah bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. 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 naphthalin 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, 2005).

*Sikament LN* adalah suatu zat pengurang air cakupan tinggi yang sangat efektif dan *superplasticizer* untuk mempercepat pematangan 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<sub>3</sub> 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).

## 2.5. 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. Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun beton yang dibutuhkan. Selain itu, adukan beton diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi pemisahan kerikil dari adukan (*segregation*) maupun pemisahan air dan semen dari adukan beton (*bleeding*). Hal ini karena segregasi dan *bleeding* mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek (Tjokrodinuljo, 1992).

Nilai kuat tekan 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).

## 2.6. Bahan Penyusun Beton

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).

### 2.6.1. Semen

Menurut Susanti 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.

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 (Suwignyo, 2014).

Tipe-tipe semen portland dan penggunaannya dapat dilihat pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6. Tipe-tipe semen *portland* dan penggunaannya**  
(Sumber : Suwignyo, 2014)

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

### **2.6.2. Air**

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. (Tjokrodimuljo, 1992).

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.

### **2.6.3. Agregat halus**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Walau hanya bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton (Tjokrodimuljo, 1992).

Menurut Mulyono (2005) Agregat halus adalah agregat dengan ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. 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 agregrat kasar. Batas-batas gradasi agregrat halus dapat dilihat pada table 2.7. di bawah ini:

**Tabel 2.7 Batas-batas Gradasi Agregat Halus**  
(Sumber : Mulyono, 2005)

Lubang ayakan (mm)	Persentase Lolos			
	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

#### 2.6.4 Agregrat kasar

Menurut Mulyono (2005) agregrat kasar adalah batuan yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,8 mm. Agregrat 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 agregrat kasar dibagi menjadi 3 golongan yaitu gradasi agregrat dengan butir maksimum 40 mm, 20 mm, dan 10 mm. Ukuran maksimal agregrat dapat diketahui melalui analisa saringan terhadap agregrat kasar. Batasan-batasan gradasi agregrat kasar dapat dilihat pada tabel 2.8 di bawah ini :

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

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

## 2.7. Workability

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

*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, 1992).

#### 2.8. 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.

### 2.9. 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.

### 2.10. 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: Tjokrodimuljo, 1992)

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, kaisan, dan struktur 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

### 2.11. 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 (Tjokrodinuljo, 1992).

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: Tjokrodinuljo, 1992)

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