

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk masa padat (SNI-03-2847-2007). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia maksimal 28 hari.

Salah satu keunggulan dari beton yaitu mempunyai kekuatan yang besar, tetapi sebelum material-material beton tersebut mengeras, campuran beton merupakan campuran plastis yang sering disebut sebagai beton segar. Kemudian beton segar tersebut akan mengalami proses pengikatan hingga beton menjadi keras yang sering disebut sebagai *hardened concrete*. Sedangkan pada pekerjaan dan material beton kita sering mengenal istilah beton normal (*Plain Concrete*). Beton normal adalah beton yang hanya menggunakan bahan dasar agregat, semen dan air. Sedangkan beton yang menggunakan *admixture* diberi nama yang lebih spesifik sesuai dengan spesifikasinya, misalkan beton mutu tinggi, beton mengalir dan lain sebagainya.

#### **2.2 Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)**

Beton *self compacting concrete* (SCC) adalah beton SCC itu sendiri adalah campuran beton yang dapat memadat sendiri tanpa menggunakan alat pemadat (vibrator) untuk memperoleh konsolidasi yang baik, atau SCC adalah beton yang dapat berkonsolidasi dengan baik karena kondisi dan beratnya sendiri. Dengan kata lain beton *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan beton yang mampu mengalir dibawah beratnya sendiri, dan mampu memenuhi atau mengisi begisting (*formwork*) dan mencapai kepadatan tertingginya.

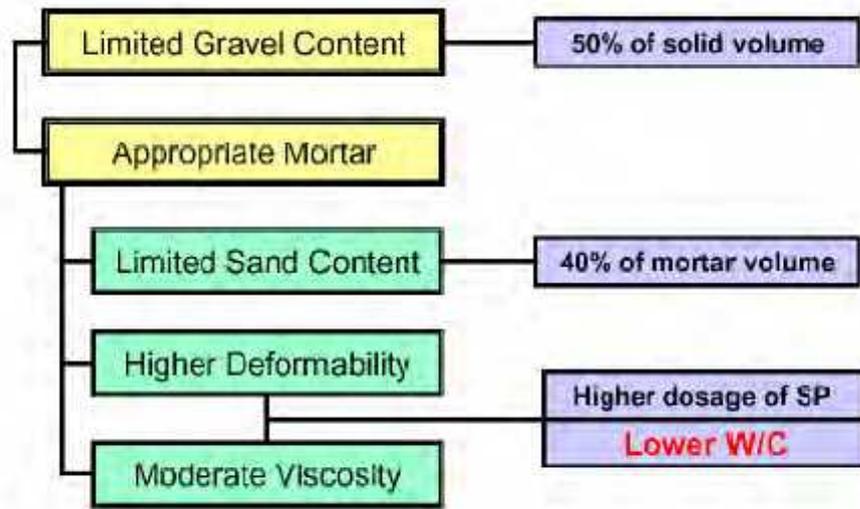
Beton memadat sendiri pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1990-an sebagai upaya untuk mengatasi persoalan pengecoran komponen gedung artistik dengan bentuk geometri tergolong rumit bila dilakukan pengecoran beton normal. Riset tentang beton memadat mandiri masih terus dilakukan hingga sekarang dengan banyak aspek kajian, misalnya ketahanan (*durability*), permeabilitas dan kuat tekan (*compressive strength*). Kekuatan tekan beton kering > 300 Mpa sudah dapat dicapai karena penggunaan admixture *superplastizer* yang memungkinkan penurunan rasio air-semen (w/c) hingga nilai w/c = 0,3 atau lebih kecil. (Juvas, 2004).

Beton dapat dikategorikan *Self Compacting Concrete* (SCC) apabila beton tersebut memiliki sifat-sifat tertentu. Diantaranya memiliki *slump* yang menunjukkan campuran atau pasta beton yang memiliki kuat geser dan lentur yang rendah sehingga dapat masuk dan mengalir dalam celah ruang dalam formwork dan tidak diizinkan memiliki segregasi akibat nilai slump yang tinggi. Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah memiliki nilai slump berkisar antara 500-700 mm (Nagataki dan Fujiwara 1995).

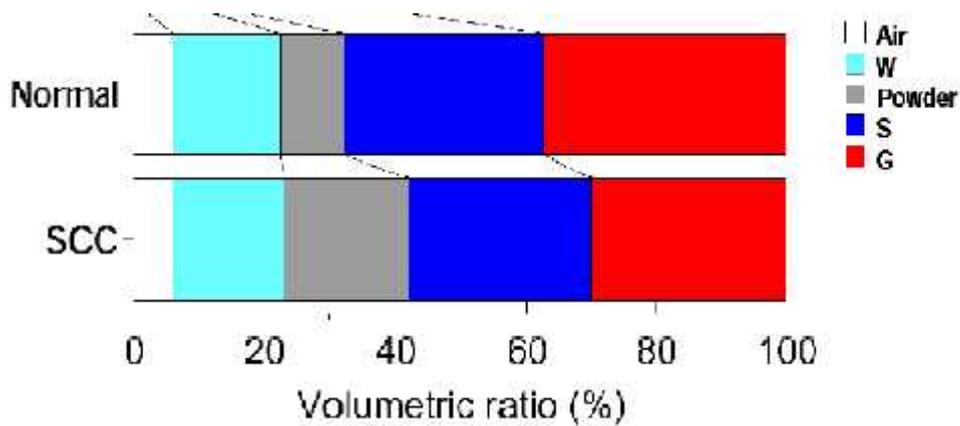
Kriteria *workability* dari campuran beton yang baik pada *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah mampu memenuhi kriteria berikut :

- *Fillingability*, kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.
- *Passingability*, kemampuan campuran beton untuk melewati struktur ruangan yang rapat.
- *Segregation resistance*, ketahanan campuran beton segar terhadap efek segregasi.

Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75 % dari total volume beton. Sedangkan dalam SCC agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50 % dari total volume beton sesuai pada Gambar 2.1. Pembatasan agregat ini bertujuan agar beton bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat pemadat (Okamura dan Ouchi 2003).



Gambar 2.1 Bahan Campuran Beton SCC (Okamura dan Ouchi 2003)



Gambar 2.2 Perbandingan Bahan Campuran Pada SCC dan Beton Konvensional (Okamura dan Ouchi 2003)

### 2.3 Matrial penyusun beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air. Jika diperlukan, bahan mineral pembantu (*Filer*) dan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan. Bahan mineral pembantu biasanya digunakan dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi *bleeding* atau menambah *workability* beton segar. Sedangkan bahan tambah biasanya digunakan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton, berikut adalah matrial pembentuk beton :

### 2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan utama pembentuk beton yang bersifat hidrolis, yaitu akan memiliki sifat adhesif dan kohesif apabila telah bereaksi dengan air dan berperilaku sebagai perekat bagi agregat-agregat beton. Semen juga merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik disektor konstruksi sipil. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Penggunaan semen sudah lama, hingga pada tahun 1824 diusulkan oleh Joseph Aspdin, nama semen portland karena campuran air, pasir dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali di olah di pulau Portland, Inggris (Cindika, FT UI, 2008).

Semen portland adalah semen yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Penggolongan manufacturing semen dibedakan menjadi 5 tipe umum. Penggolongan ini dimaksudkan agar penggunaan semen dapat lebih tepat guna dan spesifik. Penggolongan itu adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4Af	
I	Normal	50	24	11	8	330
II III	Modifikasi	42	33	5	13	250
IV	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	40	40	9	9	250

Sumber : (ASTM C.150)

- **Type I** Semen biasa yang sering digunakan untuk keperluan umum pada konstruksi . Type ini tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen ini digunakan pada bangunan beton yang tidak akan mengalami perubahan cuaca yang besar dan lingkungan yang *khorosif*.
- **Type II** Semen yang menghasilkan panas lebih rendah dan kecepatan ikat lebih rendah. Semen ini sedikit tahan terhadap sulfat. Semen ini merupakan semen yang dimodifikasi dengan menambah prosentase C2S dan mengurangi prosentase C3S dan C3A dari semen type I.
- **Type III** Semen dengan kecepatan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 7 hari semen ini bisa sebanding dengan kekuatan 28 hari semen type I. Kadar C3S dan C3A tinggi. Pada semen type III butiran semennya lebih halus dari semen type I guna mempercepat proses hidrasi yang diikuti dengan percepatan pengerasan dan percepatan kekuatan.

- **Type IV** Semen dengan suhu panas rendah dengan prosentase maksimum C<sub>3</sub>S 35% dan untuk C<sub>3</sub>A 7 % dan C<sub>2</sub>S minimum 40%. Baik untuk *mass concrete construction*.
- **Type V** Semen yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Reaksi antara C<sub>3</sub>A dan gips CaSO<sub>4</sub> menyebabkan terjadinya *kalsium sulfoaluminat*. Dengan cara yang sama dalam semen yang telah mengeras, hidrat dari C<sub>3</sub>A dapat bereaksi dengan garam-garam sulfat dari luar kemudian membentuk *kalsium sulfoaluminat* di dalam struktur semen yang telah terhidrasi tersebut.

### 2.3.2 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang terdiri dari 60% sampai 80% volume agregat pada beton normal, agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh masa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, *homogeny*, dan rapat, dimana agregat berukuran kecil mengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (Nawy, 2010)

Ada dua jenis agregat yaitu :

#### 1. Agregat kasar

Agregat disebut kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  inchi (6 mm). sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintergrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Nawy, 2010).

Tabel 2.2 Syarat Gardasi Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	% Kumulatif Lolos Ukuran Butir Nominal Saringan (mm)			
	37,5-4,75	25-4,74	19-4,75	12-4,75
37,5	95-100	100	-	-
25	-	95-100	100	-
19	35-70	-	90-100	100
12,5	-	25-60	-	90-100
9,5	30-6	-	20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-5	0-5

(sumber : ASTM)

## 2. Agregat halus

Definisi agregat halus adalah agregat yang butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,8 mm. Menurut British Standar (BS) yang juga dipakai di Indonesia saat ini. Kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 (empat) kelompok gradasi (zona), yaitu pasir yang halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Keempat gradasi tersebut disebut sebagai Daerah I (zona 1), Daerah II (zona 2), Daerah III (zona 3), Daerah IV (zona 4).

Tabel 2.3 Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir

Lubang ayakan (mm)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
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	5-20	8-30	12-40	15-50
1,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber ; SKSNI T-15-1990-03)

### 3. Sifat-Sifat Agregat

Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh agregat agar dapat digunakan sebagai bahan pembentuk beton (yunita, FT UI 2008) :

#### a. Penyerapan air dalam agregat

Karena adanya udara yang terperangkap dalam suatu butiran agregat ketika pembentukannya, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil dalam agregat yang disebut pori-pori. Pori-pori dalam agregat memiliki ukuran yang bervariasi cukup besar, dari ukuran besar yang dapat dilihat oleh mata telanjang sampai pori yang sangat kecil yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Pori tersebut tersebar merata di seluruh bagian butiran. Beberapa merupakan pori tertutup, dan yang lainnya berupa pori terbuka terhadap permukaan butiran. Persentase berat air yang mampu diserap oleh agregat, jika agregate direndam dalam air sampai jenuh, disebut serapan air atau daya serap air pada agregat.

#### b. Kadar air dalam agregat penjelasan pada penyerapan agregat, keadaan air dalam agregat dapat dibedakan atas beberapa hal berikut :

- Keadaan kering tungku atau kering oven, yaitu agregat yang benar-benar dalam keadaan kering atau tidak mengandung air. Keadaan ini menyebabkan agregat dapat secara penuh menyerap air.
- Kering udara, permukaan butir-butir dalam keadaan kering tetapi dalam butiran masih mengandung air. Pada kondisi ini agregat masih dapat menyerap sedikit air.
- Jenuh kering muka, (*Saturated and surface-dry/SSD*). Pada keadaan ini permukaan agregat kering (tidak ada air), tetapi butiran-butiran agregat jenuh dengan air. Dengan demikian butiran-butiran agregat pada keadaan kering muka tidak menyerap air dan tidak menambah jumlah air bila

dipakai dalam campuran beton.

- Basah, pada keadaan ini butir-butir agregat mengandung banyak air, baik dalam butiran maupun pada permukaan agregat.

c. Ketahanan terhadap cuaca

Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan, yang diakibatkan oleh adanya perubahan pada kondisi lingkungan. Suatu agregat dikatakan kekal jika dengan adanya perubahan tersebut tidak mengakibatkan memburuknya sifat beton yang dibuat dari agregat tersebut.

d. Susunan besar butir

Gradasi agregat sangat berpengaruh terhadap beberapa sifat beton, antara lain :

- Terhadap beton segar, gradasi dapat mempengaruhi kelecakan, jumlah air pencampur, jumlah semen yang diperlukan, pengecoran, pemadatan, control terhadap segregasi, dan bleeding.
- Terhadap beton keras, banyaknya rongga, sehingga akan berpengaruh juga terhadap kekuatan dan keawetan beton.

### 2.3.3 Air

Air sangat diperlukan pada pembuatan beton guna memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan, menurunkan kualitas beton dan merusak sifat-sifat beton yang dihasilkan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia

antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang berlebih akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari dan 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling.

#### 2.3.4 Bahan tambah (*Admixture*) *Superplasticizer*

Kegunaan *superplasticizer* (HRWRA) ataupun *plasticizer* (WRA) pada beton dapat mengurangi penggunaan air, tanpa harus kehilangan kelecakannya. Tetapi penggunaan HRWRA dan WRA ini harus hati-hati, baik dari segi dosis maupun dari segi waktu. Karena akibat penggunaan HRWRA/WRA campuran beton sangat dipengaruhi oleh variable waktu. *Superplasticizer* dapat mengatasi dampak buruk dari bentuk agregat yang buruk dan juga gradasi agregat yang buruk. Penggunaan *superplasticizer* pada SCC sangat lazim digunakan. (yunita, FT UI 2008) Bahan dan jenis *superplasticizer* beragam sesuai dengan penelitian dan *manufacturing* dari industri pembuatnya. Adapun keuntungan dari penggunaan *superplasticizer* ini antara lain :

- Menambah kekuatan tekan (*compressive Strength*)
- Menambah kekuatan *flexural*
- Modulus elastisitas tinggi
- Permeabilitas yang rendah
- Meningkatkan *durability*
- Meningkatkan *workability* beton segar

Ada empat macam atau kelompok *superplasticizer* yaitu :

- a. *Sulfonated melamine formaldehyde condensates* (MSF)
- b. *Sulfonated naphthalene formaldehyde condensates* (NSF)
- c. *Modified Lignosulfates*
- d. *Carboxyl acrylic ester copolymer*

Cara kerja *superplasticizer* untuk meningkatkan *workability* adalah dengan menurunkan *yield-value fresh concrete* dan plastisitas. Akibatnya beton segar sulit menahan beratnya sendiri. Pada kondisi ini kita akan mendapatkan nilai slump yang tinggi. Ada empat macam atau kelompok *superplasticizer* yaitu :

1. *Sulfonated melamine formaldehyde condensates* (MSF)
2. *Sulfonated naphthalene formaldehyde condensates* (NSF)
3. *Modified Lignosulfates*
4. *Carboxyl acrylic ester copolymer*

### **2.3.5 Efek Penggunaan *Superplasticizer* pada *Workabilitas* Beton**

Pada beton SCC bahan *admixture superplasticizer* lazim digunakan untuk mendapatkan efek plastis karena perbandingan air-semen yang rendah. Agar terjadi konsolidasi yang baik maka pada beton SCC diusahakan terjadi *drop slump* yang besar atau memiliki penurunan slump (*Slump flow*) yang besar pada batas tertentu. Penggunaan *superplasticizer* pada beton SCC akan mempengaruhi *Slump flow*. Dengan rasio air-semen yang rendah maka diperlukan dosis yang efektif untuk mencapai *Slump flow* yang efektif juga, sehingga diperoleh *workabilitas* beton SCC yang baik.

## **2.4 Dasar Teori**

### **2.4.1 *Workability***

Kata *Workability* dipakai untuk menggambarkan kemudahan beton untuk dapat dikerjakan, pembentukan beton, pemadatan dan

mobilisasi. Rumusan *workability* sekurang - kurangnya harus memiliki tiga sifat-sifat berikut

1. *Kompaktibility*

Kemudahan beton untuk dapat dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat dihilangkan.

2. Stabilitas

Kemampuan beton untuk tetap sebagai masa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan tanpa terjadi segregasi.

3. Mobilitas

Kemudahan dimana beton dapat mudah mengalir ke dalam cetakan disekitar tulangan.

Pengetesan-pengetesan yang dilakukan dalam mengukur *workability* antara lain *Slump Test*, *Compacting Test*, *Remolding Test* dan lain-lain. Dari pengujian-pengujian tersebut yang paling sering digunakan di Indonesia adalah *Slump Test*.

*Workability* beton dipengaruhi oleh banyak hal, yaitu :

- Komposisi beton
- Konsistensi normal semen
- *Admixture* yang digunakan
- Penyebaran saat kondisi beton segar
- Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan
- Jumlah air yang digunakan dalam campuran beton
- Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus

Dalam pengukuran *workability* sesuai dengan beberapa standar yang digunakan. Standar yang sering dipakai untuk nilai *slump* yaitu pada ketentuan SNI campuran beton.

#### 2.4.2 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat

tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (**Tri Mulyono**, 2003). Perbandingan f.a.s dengan kondisi lingkungan terdapat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan

	<b>Kondisi Lingkungan</b>		
	<b>Kondisi Normal</b>	<b>Basah kering berganti-ganti</b>	<b>Dibawah pengaruh sulfat/air laut</b>
Koreksi langsing atau yang hanya mempunyai penutup tulangan kurang dari 25 mm.	0,53	0,49	0,40
Struktur dinding penahan tanah, pilar, balok, abutmen.	*	0,53	0,44
Beton yang tertanam dalam pilar, balok, kolom	-	0,44	0,44
Struktur lantai beton di atas tanah	*	-	-
Beton yang terlindung dari perubahan udara (konstruksi interior bangunan).	*	-	-

Sumber : (*Tim Penyusun Struktur Beton, 1999*)

\* Rasio air semen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan tekan rencana.

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus **Duff Abrams** (1919) sebagai berikut

$$f'c = \frac{A}{E^{1.5} \cdot X} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :  $f'c$  = Kuat tekan beton (Mpa)

$X$  = Faktor air semen

$A, B$  = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat tekan betonnya, walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat tekan beton, tetapi nilai  $f'c$  yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai  $f'c$  minimal dan cukup untuk memberikan *workability* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang baik.

### 2.4.3 *Slump*

*Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertical yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas yield stress yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. Nilai dapat menggambarkan tingkat kelecakan dari beton tersebut. Beton segar seiring dengan pertambahan waktu akan mengalami kehilangan *slump* dan akan berakhir pada nilai *slump* nol secara otomatis juga kehilangan kelecakannya (*loss workability*). Nilai *slump* ini dapat hilang karena pertambahan waktu pada selang waktu tertentu. Hilangnya *slump*

disebabkan karena terjadinya proses pengikatan pada beton yang semakin kuat.

#### **2.4.4 Kuat tekan beton**

Nilai kuat tekan beton didapat setelah melakukan pengujian dengan menggunakan mesin uji kuat tekan beton (*compressing strength*) nilai kuat tekan beton yang besar biasanya dimiliki oleh beton bermutu sangat tinggi, tetapi untuk penelitian sering digunakan beton mutu tinggi saja nilai untuk beton mutu tinggi sekitar 300 kg/cm<sup>2</sup> - 500 kg/cm<sup>2</sup>, factor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton tergantung pada jenis bahan yang digunakan misalnya sifat-sifat semen, jenis agregat, kepadatan beton, perbandingan campuran adukan beton, dan lain-lain.

Hasil dari pengujian nilai kuat tekan beton ini sendiri sangat penting untuk penggunaan beton tersebut nantinya, sebab nilai kuat tekan beton untuk setiap konstruksi bangunan berbeda-beda sesuai dengan fungsi dari beton tersebut nantinya.