

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Kajian pustaka ini dibagi menjadi tiga pokok bahasan yang bertujuan untuk mendukung judul yang diangkat pada penelitian ini, yaitu :

1. Bahasan mengenai Beton Metode *Self Compacting Concrete* (SCC).
2. Bahasan tentang material untuk Beton Metode SCC, di antaranya semen portland, agregrat, *fly ash* sebagai bahan tambahan, air dll.
3. Bahasan performa kuat tekan beton *fly ash* dengan metode SCC.

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

SCC sebagai bahan alternatif campuran beton yang memiliki pori-pori kecil, membutuhkan material yang memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dari beton konvensional. Di samping agregrat kasar yang digunakan memiliki ukuran yang relatif lebih kecil, pada SCC dipergunakan bahan pengganti (*binder*) sebagai pengganti sebagian semen. Selain itu juga digunakan *chemical admixture* berjenis *High Range Water Reduce* (HRWR) yang memiliki sifat viscositas yang tinggi.

##### 2.2.1 Definisi

SCC merupakan inovasi dari pembuatan beton yang dapat memadat sendiri, tanpa ada penggetaran pada beton. Sifat beton SCC ini adalah *formwork*, mengisi ke sudut-sudut bekisting, *self leveling*, dapat mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata, dan dapat mencapai kepadatan. Beton SCC mengalir mengandalkan berat sendiri, mengisi ruang bekisting dan mencapai pemadatan dalam keadaan tulangan rapat. Oleh karena itu, Beton SCC mempermudah pekerjaan di lapangan, karena mempunyai sifat *workability* yang tinggi (Okamura, Ouchi, 2003). Beberapa cara untuk memperoleh sifat beton yang *self-compactibility* adalah membatasi kandungan agregrat, rasio *waterpowder* yang rendah dan penggunaan bahan *additive* seperti *superplasticizer*.

##### 2.2.2 Sifat-sifat beton metode SCC

Berdasarkan (Muntu & Gunawan, 2003) suatu campuran beton dikatakan SCC jika memiliki sifat-sifat berikut :

a) Pada Beton Segar (*Fresh Concrete*)

SCC dalam keadaan segar harus memiliki tingkat *workability* yang baik, yaitu :

- *Filling ability* adalah kemampuan campuran beton segar untuk mengisi ruangan.
- *Passing ability* adalah kemampuan campuran beton segar yang melewati tulangan.
- *Segregation resistance* adalah ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi.

b) Pada Beton Keras (*Hardened Concrete*)

- Memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah.
- Mempunyai tingkat durabilitas yang tinggi.
- Mampu membentuk campuran beton yang homogen.

### 2.2.3 Kelebihan dan kekurangan beton metode SCC

Kelebihan – kelebihan penggunaan metode SCC:

a) Keuntungan bagi kontraktor

- Tidak memerlukan pemadatan dengan penggunaan *vibrator*.
- Mengurangi penyakit “*White Finger Syndrome*”, yaitu kurang lancarnya peredaran darah yang terjadi pada pekerja – pekerja pemadat adukan beton.
- Tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit.
- Pemakaian alat – alat berat, misalnya *crane* lebih sedikit.
- Waktu pengerjaan pengecoran menjadi lebih singkat.
- Pengecoran pada bagian bagian struktur yang sulit dipadatkan dengan *vibrator* menjadi lebih mudah.
- Pekerjaan *finishing* menjadi berkurang karena permukaan beton yang dihasilkan homogen, khusus pada elemen pelat.

b) Keuntungan bagi produsen *ready-mix*.

- Peningkatan kapasitas produksi karena singkatnya waktu pengiriman dan pengecoran.
- Beton yang direncanakan dengan metode SCC mudah dipompakan.

- c) Keuntungan bagi pemilik proyek (*owner*).
- Waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat.
  - Struktur bangunan dapat dibuat lebih ekonomis, memungkinkan pembuatan elemen struktur tipis.
  - Memungkinkan pembangunan bermacam – macam bentuk arsitektural karena SCC dapat mengisi ke semua bagian *formwork* struktur.
  - Pekerjaan *finishing* lantai menjadi lebih mudah karena pelat lantai yang dihasilkan sangat halus.
  - Meningkatkan durabilitas struktur.

Berdasarkan (Muntu & Gunawan, 2003) kekurangan dalam penggunaan SCC :

- a) Dari segi biaya metode SCC lebih mahal daripada beton konvensional.
- b) Pembuatan bekisting cetakan beton harus diperhatikan karena mudah terjadi kebocoran akibat sangat encer campurannya yang dihasilkan.

#### 2.2.4 Campuran beton metode SCC

Campuran SCC adalah campuran yang bersifat *fluida*, yang mudah mengalir saat dituangkan baik pada keadaan penulangan yang rapat maupun lokasi yang sulit tanpa diperlukan adanya proses pemadatan.

Secara prinsip, campuran SCC harus :

- a) Cukup plastis sehingga dapat memadat tanpa adanya proses pemadatan.
- b) Tetap homogen selama proses pengangkutan, penuangan, dan setelah pengecoran.
- c) Mengalir dengan mudah menembus penulangan yang rapat.

Perbedaan teknologi SCC dibandingkan dengan beton normal adalah adanya penambahan bahan halus seperti *fly ash*, bahan slag dan *silica fume* tanpa menentukan kadar air dimana proses ini akan merubah sifat reologi beton. Umumnya SCC harus memiliki sifat mudah mengalir dengan *viskositas* yang cukup, sehingga agregat dapat terbungkus dan mengapung di dalam mortar tanpa mengalami segregasi. Untuk mencapai keadaan yang seimbang antara kemudahan mengalir dan adukan yang stabil, jumlah bahan halus ( $< 150 \mu\text{m}$ ) harus lebih banyak, biasanya berkisar antara 520-560 kg/m<sup>3</sup>.

SCC sangat sensitif terhadap fluktuasi kadar air yang dipakai, sehingga perlu digunakan bahan untuk menstabilkan adukan. Bahan yang biasa dipakai adalah *poly sakarida*.

## 2.3 Material

### 2.3.1 Agregrat

Umumnya agregrat menempati 60 – 70 % dari total volume beton dan mempunyai pengaruh penting terhadap properti beton. Agregrat merupakan bahan kasar yang dihasilkan dari batuan alam, yang diolah ukurannya sesuai dengan yang dibutuhkan dilapangan. Agregrat yang dipakai dalam campuran beton dapat berupa agregrat alam atau agregrat buatan (*artificial*). Umumnya agregrat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregrat kasar dan agregrat halus. Batasan ukuran agregrat halus menurut BS (*British Standard*) 4.80 mm atau 4.75 mm menurut ASTM (*American Standard Testing of Material*). Agregrat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya > 4.80 mm (> 4.75 mm). Agregrat kasar dibagi lagi menjadi dua, diameter 4.80 mm – 40 mm disebut kerikil beton dan ukuran > 40 mm disebut kerikil kasar. Agregrat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran < 40 mm, sedangkan ukuran diatas 4 cm digunakan pada pekerjaan sipil lainnya, seperti pekerjaan jalan, pondasi, bendungan, dinding penahan tanah dan lain sebagainya. Agregrat halus dinamakan pasir dan agregrat kasar disebut split, kerikil, batu pecah atau ricak. Karena pengaruh agregrat yang sangat besar, maka perlu memahami sifat agregrat secara menyeluruh, sehingga beton dapat dikerjakan, bersifat kuat, tahan lama, dan ekonomis. Beberapa sifat agregrat yang berpengaruh pada sifat beton dapat dilihat pada table 2.3 berikut ini. Penggunaan agregrat pada campuran beton diatur oleh beberapa peraturan seperti SII 0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregrat Beton” dan PBI 89 mengacu pada ASTM C 33 “*Standard Specification for Concrete Agregrat*”.

**Tabel 2.1** Pengaruh sifat agregrat pada sifat beton

Sifat Agregrat	Pengaruhnya pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton cair	Kelecekan, pengikatan, dan pengerasan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (durability)

Kontribusi agregrat pada sifat beton adalah *stabilitas* volume, ketahanan abrasi dan keawetan, bahkan sifat fisik beton tergantung pada sifat fisik agregrat, seperti kepadatan agregrat, gradasi agregrat, bentuk, berat jenis dan kekerasan agregrat. Sifat fisik agregrat menentukan berat isi, modulus elastisitas, dan kestabilan beton, dimana ketiga

karakteristik ini berpengaruh pada kekuatan beton yang mengeras. Terhadap *porositas*, bentuk dan tekstur agregat juga mempengaruhi kekuatan beton. Umumnya batuan alam, yang berbentuk bulat dengan tekstur yang halus. Sedang batu pecah mempunyai tekstur permukaan yang kasar, yang akan mempengaruhi sifat fisik beton.

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan beton, semakin besar ukuran agregat maksimum, maka akan terjadi penurunan kekuatan, serta meningkatnya kesulitan dalam pengerjaan. Ukuran dan bentuk agregat telah diatur oleh ASTM, BS, dan SNI atau SII. Selain itu penentuan ukuran butir maksimum dari agregat cenderung tergantung pada kondisi cetakan dan penulangan. Batasan ukuran menurut SK.SNI T-15-1991-03 diameter maksimum adalah 40 mm, untuk dasar perencanaan campuran beton besar butir maksimum agregat (ACI 318,1989: 2-1) dan (PB,1989: 9) membatasi sebagai berikut:

- 1/5 dari jarak terkecil antara bidang samping cetakan
- 1/3 dari tebal pelat
- 3/4 dari jarak bersih minimum diantara batang-batang tulangan dan berkas tulangan.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir agregat, yang biasanya ditunjukkan oleh susunan butir yang terjadi dari ukuran terkecil sampai terbesar yang dipakai. Untuk mengetahui gradasi suatu sampel batuan dilakukan pengujian analisa saringan sesuai standar BS 812, ASTM C-33, C-136, AASHTO T.127. Dari analisa ayak ini akan didapat distribusi agregat yang ada, dan dibandingkan dengan standar gradasi yang dipakai. Gradasi agregat dibagi menjadi tiga, berdasarkan ukuran butir yang menyebar, yaitu gradasi sela (*gap gradation*), gradasi seragam (*uniform gradasi*), dan gradasi menerus (*continuous gradation*). Dari ketiga jenis gradasi ini, gradasi menerus yang memberikan hasil beton yang mempunyai pori sedikit, kepadatan yang tinggi, sifat penguncian yang baik antar ukuran agregat dan setiap ukuran terdistribusi dengan baik. Berikut ini beberapa gradasi standar untuk pasir menurut British Standard dan ASTM.

**Tabel 2.2** Batasan gradasi agregat halus menurut BS 882

Ø Ayakan (mm)	% Lolos saringan Gradasi I	% Lolos Saringan Gradasi II	% Lolos Saringan Gradasi III	% Lolos Saringan Gradasi IV
10	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
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- Daerah gradasi I adalah pasir kasar
- Daerah gradasi II adalah pasir agak halus
- Daerah gradasi III adalah pasir halus
- Daerah gradasi VI adalah pasir agak halus

**Tabel 2.3** Standart gradasi agregat halus menurut ASTM C-33-95

Ø Ayakan (mm)	% Lolos Saringan Gradasi II
9.5	100
4.75	95-100
2.36	80-100
1.18	50-85
0.6	25-60
0.3	10-30
0.15	2-10

Agregat normal yang dipakai dalam campuran beton, sesuai dengan ASTM, berat isi tidak boleh kurang dari  $1200 \text{ kg/m}^3$ . Agregat halus harus memenuhi aturan ini:

1. Modulus halus butir 2,3-3,1
2. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau No.200) dalam persen berat maksimum,
  - Untuk beton yang mengalami abrasi 3%
  - Untuk beton jenis lainnya sebesar 5%
3. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang sudah dirapikan maksimum 3%
4. Kandungan arang dan lignit
  - Jika diperlukan tampilan beton, maka maksimum kadarnya 0,5%
  - Beton jenis lain, maksimum 1%
5. Kadar zat organik yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan Natrium Sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ) 3%, tidak menghasilkan warna yang lebih tua dibandingkan warna standar, jika warna lebih tua maka penggunaan pasir ditolak, kecuali warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenis,

ketika diuji perbandingan kuat tekan beton, dibuat dengan pasir standar silica hasilnya menunjukkan nilai  $> 95\%$ , uji kuat tekan sesuai ASTM C.87

6. Tidak boleh bersifat reaktif, jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6%

Penentuan kebutuhan agregat (kasar dan halus) pada campuran SCC tidak jauh berbeda dengan beton normal, hanya komposisi dari keduanya yang membedakan, seperti yang dibahas sebelumnya bahwa campuran SCC menggunakan bahan halus lebih banyak dari campuran beton konvensional. Berdasarkan penelitian terdahulu, penggunaan ukuran agregat maksimum pada campuran SCC, direkomendasikan  $\frac{3}{4}$ " (19,0 mm), untuk yang berbeda ditentukan oleh aplikasi dari beton tersebut. Untuk itu beberapa standar gradasi yang ada dapat dipakai untuk campuran SCC.

### 2.3.2 Air

Air merupakan salah satu bagian yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan sebagai pembuat pasta semen serta menjadi menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Namun jumlah air yang dipakai tidak boleh terlalu banyak, karena akan menyebabkan kekuatan beton menurun dan beton menjadi porus. Demikian juga jumlah air tidak boleh terlalu sedikit, sehingga beton menjadi sulit dikerjakan. Untuk pencampur beton haruslah air tawar yang mempunyai pH (derajat keasaman) antara 6 sampai 8. Jumlah air yang dipakai di dalam beton dinyatakan dalam fas (faktor air semen), yang menyatakan berat air semen dengan semen dalam campuran beton.

### 2.3.3 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak Semen Portland, terutama terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidraulis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kristal senyawa kalsium sulfat serta boleh ditambah bahan lain.

Semen adalah bahan perekat beton yang penggunaannya secara luas diseluruh dunia. Alasan penggunaannya karena tersedianya bahan ini dan karena sifat rekat serta ekonomis, tidak perlu perawatan selama masa penggunaan. Beton adalah bahan yang

unik diantara material bangunan yang mudah dibuat untuk berbagai proyek bangunan dengan bahan yang tersedia. Beton merupakan bahan komposit yang tersusun dari beberapa matrik bahan, agregat kasar dan halus yang melekat pada semen sebagai pengikatnya . Campuran SCC menggunakan bahan semen lebih banyak dibandingkan beton normal untuk mencapai kemudahan mengalir yang cukup. Hal ini akan meningkatkan biaya material, panas hidrasi dan menaikkan penyusutan. Semua jenis semen dapat dipakai untuk SCC penambahan aditif sangat dipengaruhi sifat semen.

Banyak sekali jenis semen yang dapat digunakan untuk bahan bangunan, dengan berbagai komposisi kimia yang dimiliki. Secara luas untuk penggunaan pada beton adalah jenis semen Portland. Produksi semen menggunakan bahan mentah seperti batu kapur, pasir silica, tanah liat pasir besi dan bahan lain yang dioksidasi pada suhu  $\pm 850^{\circ}\text{C}$ , selanjutnya bahan ini dibakar didalam tungku pembakaran dengan suhu yang lebih tinggi  $1400 - 1600^{\circ}\text{C}$  ( $2550 - 2900^{\circ}\text{F}$ ) yang menghasilkan senyawa kimia kalsium silikat. Untuk menghasilkan semen dengan kualitas tinggi diperlukan bahan mentah yang komposisinya seragam serta lebih murni. Jumlah batu kapur (kalsium karbonat) pada bahan semen menempati sekitar 50-70% dari total bahan semen, dimana adanya perubahan jumlah kapur, akan merubah pula susunan senyawa kimia semen. Skematik berikut akan menjelaskan, bagaimana proses produksi batu kapur untuk bahan semen mengalami perubahan dari kapur alam dioksidasi menjadi kapur yang mutunya lebih.

Produksi dan pengolahan kapur :

Pembakaran kapur : menguraikan kapur



(oksidasi)  $\rightarrow$  (batu kapur) + (gas)

Pemadaman Kapur :



Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan semen Portland adalah :

- Batu kapur sebagai unsur yang mengandung CaO.
- Tanah liat sebagai sumber kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
- Bahan tambahan yang mengandung kalsium sulfat, misalnya *gypsum*.

Bila perlu, diberi tambahan berupa :

- Pasir kuarsa atau batu silika bila kandungan  $\text{SiO}_2$  kurang.
- Pasir atau biji besi bila kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  kurang.

Senyawa utama yang terbentuk pada semen Portland, yaitu :



Menurut ASTM C 618-86, terdapat dua jenis abu terbang, yaitu kelas F dan kelas C. Kelas F dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *antrasit* dan *bituminous*, sedangkan kelas C batu bara terdiri dari jenis *lignit* dan *subbituminous*. Kelas C mengandung kadar kapur lebih tinggi dibandingkan dengan kelas F. Abu terbang dapat dibedakan menjadi 3 jenis (*ACI manual of Concrete Practice 1993 parts I 226.3R-3*), yaitu:

1. Kelas C, abu terbang yang mengandung CaO diatas 10%, yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda), dengan komposisi (i) kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 50 % dan (ii) kadar CaO sampai 10 %, untuk campuran beton digunakan sebanyak 15 – 35 % dari total semen.
2. Kelas F, *fly ash* yang mengandung CaO lebih kecil dari 10 %, dihasilkan dari pembakaran anthracite atau batu bara dengan komposisi (i) kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70 %, (ii) kadar CaO < 5 %. Pada campuran beton hanya digunakan sebanyak 15 - 25 % dari total berat semen, terlihat pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Fly ash tipe F

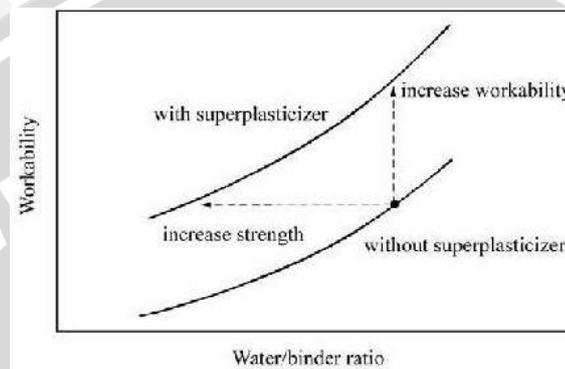
Sumber : <http://www.caer.uky.edu/kyasheucation/glossary.shtml>

3. Kelas N, pozollan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *shales*, batuan tuff dan abu vulkanik yang biasa didapat dari proses pembakaran ataupun tidak.

### 2.3.5. Viscocrete

*Viscocrete* adalah *chemical admixture* berjenis *High Range Water Reducer* (HRWR) berbasis *polycarboxylate* yang berfungsi untuk menyebarkan partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel-partikel halus sehingga reaksi pembentukan kalsium silikat hidrat (CSH) menjadi merata dan aktif. Daya alir pasta semen akan meningkat sehingga menyebabkan beton segar menjadi dapat mengalir dan

memadat dengan mengandalkan berat sendiri. Adapun keuntungan apabila kita menggunakan *viscocrete* pada beton segar yaitu dapat meningkatkan *workability* dan homogenitas beton,. Sedangkan pada beton keras, *viscocrete* dapat meningkatkan densitas, kuat tekan, dan durabilitas beton serta mengurangi terjadinya susut dan retak, dan juga mengurangi terjadinya karat pada besi tulangan. Dosis batas pemakaian dari *viscocrete* Sika Nusa Pratama yang nantinya akan digunakan (sesuai anjuran pemakaian) adalah sekitar 0,6%-1,8%.



**Gambar 2.3** Efek Penggunaan Admixture

Sumber : A.K.H. Kwan, *Use of Condensed Silica Fume for Making High Strength, Self Consolidating Concrete*, *Can J. Civ. Eng.*, 2000, p. 621

#### 2.4 Kriteria mix desain metode SCC

Seperti halnya beton pada umumnya *job mix formula* SCC sangat tergantung pada karakteristik materialnya (semen, pasir, kerikil, air dan *admixture*) yang akan digunakan *mix design* SCC harus memenuhi tiga kriteria kunci (Ouchi dkk, 2003) sebagai berikut :

1. Mempunyai kemampuan untuk mengalir dan mengisi semua ruang bekesting secara baik karena berat sendiri campuran SCC.
2. Mempunyai kemampuan untuk mengalirkan dan melalui tulangan yang rapat karena berat sendirinya.
3. Campuran SCC mempunyai ketahanan tinggi terhadap segregasi agregat.

Dalam merancang campuran beton SCC ada beberapa hal yang harus diperhatikan pertama adalah penggunaan tipe bahan *cementitious (powder type)* yang akan digunakan dalam campuran SCC, seperti *silica fume*, *fly ash*, atau *copper slag*. Kedua adalah pemilihan dan penggunaan bahan aditif (*viscosity-modifying admixture*) yang tepat dalam campuran SCC baik tipe maupun jumlah yang akan digunakan. Ketiga adalah kombinasi dari kedua unsur di atas.

Belum adanya standart khusus formulasi mix design dari campuran SCC. Banyak perusahaan *ready-mixed*, *precast*, institusi, akademis dan kontraktor yang membuat *mix design* sendiri tentang campuran beton SCC (European Guide for SCC, 2005). Pada dasarnya material yang digunakan dalam campuran SCC meliputi semen, agregat, air, bahan tambahan, dan admixture (ASTM C 33, 2003)

## 2.5 Pengujian *setting time*

*Setting time* beton adalah perubahan secara bertahap dari beton cair menjadi beton keras. *Setting* awal memberi pengaruh pada performa beton, *setting* akhir memberi pengaruh terhadap tegangan dan regangan beton. Perubahan suhu juga mempengaruhi pada *setting time* beton dan dapat memprediksikan waktu *setting time*. Semakin panas udara lingkungan, akan semakin memperpendek waktu *setting* awalnya dibandingkan dengan pada temperatur normal. Kondisi semacam ini sangat mempengaruhi pekerjaan penuangan beton di lapangan. Secara umum metode yang digunakan untuk menentukan waktu *setting* awal dan akhir adalah alat ukur jarum vicat dan untuk metode tahanan penetrasi digunakan alat ukur penetrometer (ASTM C403, 1999). Alat vicat ditampilkan pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Vicat, alat uji *setting time*

## 2.6 Pengerjaan beton segar

Untuk pengujian beton harus dilakukan dua tahap, yaitu saat beton masih segar dan setelah beton mengeras. Akan tetapi untuk pengujian beton segar sangat berbeda metode yang dilakukan antara teknologi SCC dan teknologi konvensional.

Metode pengujian untuk SCC yang masih segar, meliputi :

- *Slump Flow Test* (European Guidelines, 2005)

*Slump flow* test untuk mengevaluasi *flowability* dari SCC yang menunjukkan kemampuan SCC dalam mengisi setiap rongga pada bekesting, sedangkan  $T_{500}$  test adalah kecepatan mengalir dari SCC untuk mencapai diameter 500 mm.

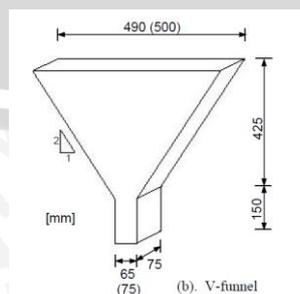


**Gambar 2.5** Pengujian *slump flow*

Sedangkan besaran lingkaran dalam pengujian *slump flow* untuk beton segar SCC dapat yang ditentukan oleh European Guidelines, 2005. Untuk metode SCC, campuran beton mencapai diameter 500 mm.

- *V-Funnel Test* (The European Guidelines, 2005)

*V-Funnel* test untuk mengvalusi segregation resistance dari SCC. Pengujian dengan *V-funnel* ini berguna untuk mengukur flowabilitas dari campuran beton, dimana kemampuan campuran beton untuk mengisi ruang dapat dilihat. Selain itu pengujian *V-funnel* juga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk menahan segregasi. Desain dari alat *V-funnel* ini sendiri dapat mengindikasikan campuran beton itu mengalami *blocking* atau tidak, sebagai contoh apabila terlalu banyak komposisi agregat kasar pada campuran beton maka waktu yang diperlukan campuran untuk mengalir lama.

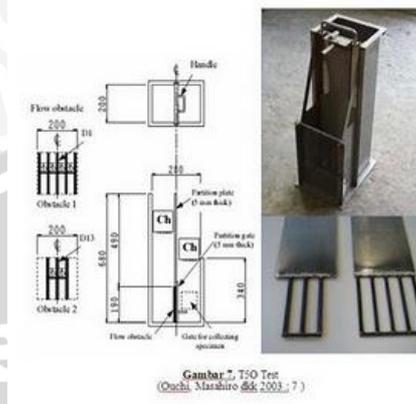


**Gambar 2.6** Alat penguji V-funnel

Sumber : *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (2005)

- *L-Shape Box* (European Guidelines, 2005)

*L-Shape Box* untuk mengevaluasi *flowability* SCC melalui rintangan pada campuran SCC yang mempunyai agregat kasar  $\leq 25$  mm.



**Gambar 2.7** Alat pengujian L-Shape Box

Sumber : *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (2005)

## 2.7 Pengujian beton keras

Pengujian beton yang sudah mengeras pada prinsipnya tidak ada perbedaan yang mendasar, yaitu uji tekan, uji tarik (belah), uji lentur, uji geser, dsb. Akan tetapi untuk pengujian beton segar sangat berbeda metode yang dilakukan antara teknologi SCC dengan teknologi konvensional. Untuk pengujian beton keras pada teknologi SCC tidak ada perbedaan secara prinsip.

Sebelum pengujian kuat tekan dilakukan, silinder beton di capping terlebih dahulu untuk memperoleh permukaan yang rata dan baik. Benda uji silinder dibebani tekan uniaxial hingga benda uji hancur (*failure*) dengan kecepatan pembebanan (*loading rate*) antara 0.14 sampai 0.34 Mpa/ detik. Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 hari. Metode pelaksanaan pengujian mengikuti ASTM C93. Pada umumnya campuran beton yang menggunakan teknologi SCC mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran beton yang konvensional.

Kuat tekan beton pada umur tertentu dapat dihitung dengan persamaan :

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :  $f_c'$  = kuat tekan beton pada umur tertentu (MPa)  
 P = beban tekan maksimum (N)  
 A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.8** Model pengujian kuat tekan beton

## 2.8. Penelitian terdahulu

Judul penelitian adalah penggunaan *fly ash* dan *viscocrete* pada *self compacting concrete*, diteliti oleh Handoko Sugiarto pada tahun 2001. Hasil penelitiannya adalah batas penggunaan *fly ash* sampai pada perbandingan binder 5:5. Penggunaan *fly ash* yang lebih banyak dari semen tidak dapat ditentukan komposisi bahan yang tepat karena tinjauan dari segi *workability* dan *flowability*. Komposisi binder 6:4 dan penggunaan dosis *viscocrete* 1.5% merupakan kondisi yang paling optimal baik ditinjau dari segi *workability*, *flow ability*, dan kuat tekan beton.

Judul penelitian adalah *self compacting concrete*, diteliti oleh Hajime Okumura dan Masahiro Ouchi pada tahun 2003. Hasil penelitiannya adalah Metode yang digunakan untuk mendapatkan sifat *self compactibility* antara lain :

- Pembatasan jumlah agregat
- Rasio air semen yang rendah
- Penggunaan superplasticizer

Pembatasan jumlah agregat kasar sekitar 50% untuk mengurangi interaksi antar agregat kasar. Pembatasan jumlah agregat halus sekitar 60%.

Judul penelitian adalah penelitian mengenai peningkatan awal beton pada *self compacting concrete*, diteliti oleh Muntu dan Gunawan pada tahun 2003. Hasil penelitiannya adalah Komposisi optimal adalah silca fume 2% glenium ace 80 2.5% Penggunaan silica fume sebagai filler dengan komposisi yang tepat dapat meningkatkan kekuatan beton rata-rata 10% pada setiap pengujian. Penggunaan silica fume dengan jumlah yang tidak terlalu banyak yaitu sekitar 5% atau kurang dari total binder tidak

memberikan pengaruh terhadap workability campuran beton Penggunaan Glenium Ace 80 dalam batas nilai tertentu sangat dominan pengaruhnya terhadap workability maupun kuat tekan beton. Hasil pengujian *V-funnel* saling mendukung dengan hasil pengujian *Slump cone*.

Judul penelitian adalah penelitian SCC dengan *fly ash* dan *silica fume* terhadap absorpsi dan kuat tekan, diteliti oleh Verawaty & Christina pada tahun 2004. Hasil penelitiannya adalah Dosis viscocrete optimal agar memenuhi syarat flowability adalah 1.5%. Komposisi untuk menghasilkan nilai absorpsi yang rendah adalah *fly ash* 20%, viscocrete 2% serta silicafume 5% dan viscocrete 2%. Komposisi optimal untuk menghasilkan kuat tekan yang tinggi adalah *fly ash* 30%, viscocrete 2%, serta silica fume 10% dan viscocrete 1.5%

