

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 **Beton SCC (Self Compacting Concrete)**

Self Compacting Concrete atau yang umum disingkat dengan istilah SCC adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir karena berat sendirinya mengisi keseluruhan cetakan yang dikarenakan beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadatkan sendiri tanpa adanya bantuan alat penggetar untuk pemadatan. Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak terjadi segregasi, *blocking*, dan *bleeding*.

3.1.1 **Kelebihan *Self Compacting Concrete* (SCC)**

Kelebihan dari beton SCC diantaranya :

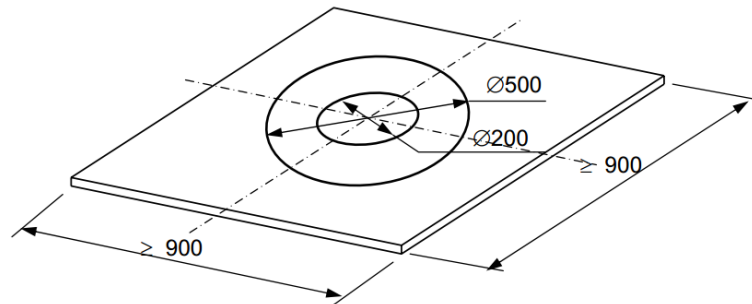
- a) Sangat encer, bahkan dengan bahan aditif tertentu bisa menahan slump tinggi dalam jangka waktu lama (*slump keeping admixture*).
- b) Tidak memerlukan pemadatan manual.
- c) Lebih homogen dan stabil.
- d) Kuat tekan beton bisa dibuat untuk mutu tinggi atau sangat tinggi.
- e) Lebih kedap, porositas lebih kecil.
- f) Susut lebih rendah.
- g) Dalam jangka panjang struktur lebih awet (*durable*).

- h) Tampilan permukaan beton lebih baik dan halus karena agregatnya biasanya berukuran kecil sehingga nilai estetis bangunan menjadi lebih tinggi.
- i) Karena tidak menggunakan penggetaran manual, lebih rendah polusi suara saat pelaksanaan pengecoran.
- j) Tenaga kerja yang dibutuhkan juga lebih sedikit karena beton dapat mengalir dengan sendirinya sehingga dapat menghemat biaya sekitar 50 % dari upah buruh.

3.1.2 Karakteristik Beton SCC

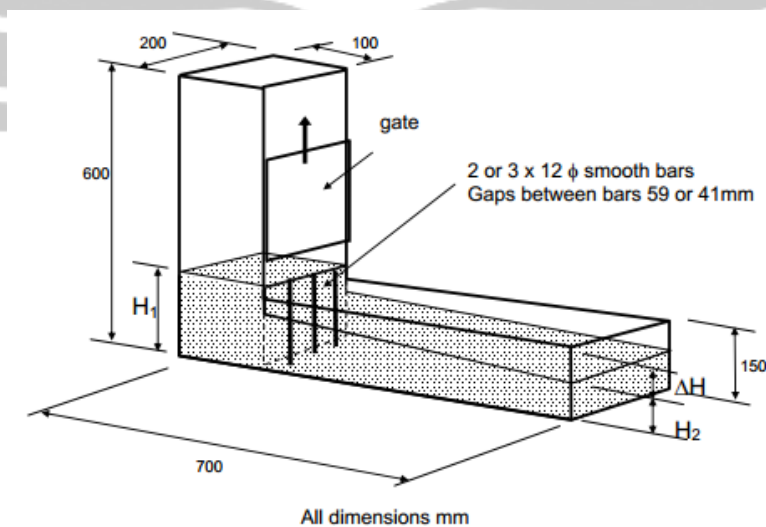
Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, workabilitas atau kelecakan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila memenuhi kriteria sebagai berikut, yaitu :

- a) *Filling ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Untuk menentukan “*filling ability*” dari beton SCC digunakan *Slump-flow Test* dengan menggunakan kerucut Abrams dapat diketahui kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60-75 cm. Pengujian *slump flow* dapat dilihat pada gambar 3.1.



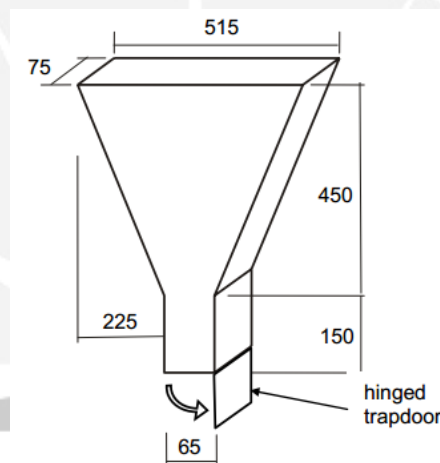
Gambar 3.1 Slump-Flow Test (Sumber : EFNARC Standard, 2005)

- b) *Passing ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau *blocking*. Untuk menentukan “*passing ability*” dari beton SCC, digunakan alat uji yaitu *L-Shape box*. Dengan *L-shape box test* akan didapatkan nilai *blocking ratio*, yaitu nilai yang didapat dari perbandingan H_2/H_1 . Semakin besar nilai *blocking ratio*, semakin baik beton segar mengalir dengan viskositas tertentu. Untuk kriteria beton SCC nilai *blocking ratio* berkisar antara 0,8 – 1,0. Pengujian *L-Shape Box* dilakukan seperti pada gambar 3.2



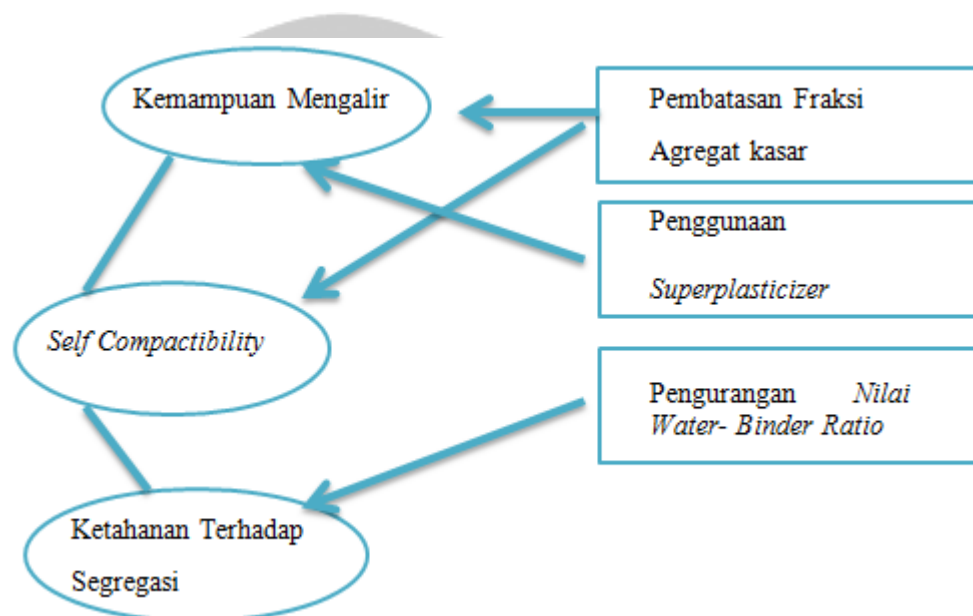
Gambar 3.2 L-Shape Box Test (Sumber : EFNARC Standard, 2005)

- c) *Segregation resistance*, adalah kemampuan beton SCC untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama waktu transportasi sampai pada pengecoran. *V-Funnel test* digunakan untuk mengukur viskositas beton SCC dan sekaligus mengetahui “*segregation resistance*”. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut diujung bawah alat ukur *V-funnel* diukur dengan besaran waktu antara 3 – 15 detik. Pengujian *V-funnel* dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 V-Funnel Test (Sumber : EFNARC Standard, 2005)

Konsep dasar yang diterapkan dalam proses produksi beton SCC ditunjukkan pada gambar 4.4 .



Gambar 4.4 Konsep Dasar Proses Produksi Beton SCC

Pada tahun 2003, Ouchi mencoba merangkum sifat-sifat mekanis dari sejumlah penelitian beton SCC yang telah dilakukan seperti tercantum pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sifat Mekanis SCC

Keterangan	Sifat SCC
Faktor air semen (%)	25 – 40
Rongga Udara (%)	4,5 - 6,0
Kuat tekan (28 hari)	40 – 80
Kuat tekan (91 hari)	55 – 100
Kuat tarik (28 hari)	2,4 - 4,8
Modulus Elastisitas (Gpa)	30 – 36
Susut Regangan ($\times 10^{-6}$)	600 – 800

Sumber : Ouchi, 2003

3.2 Material Penyusun Beton SCC

Dalam adukan beton SCC terdapat berbagai agregat penyusun dan bahan tambah, antara lain :

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan salah satu material yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk pembentuk beton dengan jumlah berkisar 75% dari volume beton. Berdasarkan ukuran butirnya, Agregat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a) Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pun pasir yang dihasilkan oleh pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4).

b) Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pun kerikil yang dihasilkan oleh pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 5 - 40 mm (tertahan pada saringan no. 4).

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pemeriksaan agregat sebelum digunakan dalam pembuatan benda uji antara lain seperti :

1. Pemeriksaan Gradasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ukuran butir (gradasi) agregat dengan menggunakan saringan. Menurut SK SNI M-09-F (1989) dari pemeriksaan gradasi agregat didapatkan nilai modulus halus butir (mhb).

Modulus halus butir adalah suatu nilai yang digunakan untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Modulus halus butir ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu susunan ayakan dan kemudian dibagi seratus. Makin besar nilai m_{hb} menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 2,3 sampai 3,3.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kandungan lumpur dalam pasir. Menurut SK SNI M-09-F (1989) untuk menghitung kandungan lumpur dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{100 - B}{100} \quad (3-1)$$

Keterangan :

B : berat setelah dikeluarkan dari oven

3. Kadar Air

Pemeriksaan kadar air digunakan untuk menentukan kandungan air yang terdapat pada agregat halus. Menurut SK SNI M-09-F (1989) untuk menghitung kadar air dapat menggunakan rumus:

$$\frac{\text{berat sebelum-berat sesudah di oven}}{\text{berat sesudah di oven}} \times 100\% \quad (3-2)$$

4. Pemeriksaan Kandungan Zat Organik

Pemeriksaan ini ditujukan untuk menentukan kandungan zat organik di dalam pasir untuk adukan beton. Menurut SK SNI M-09-F (1989) pada pemeriksaan ini sampel pasir dimasukan kedalam larutan NaOH selama 24 jam kemudian perubahan warna yang terjadi pada larutan tersebut dibandingkan dengan menggunakan *tintometer*. Kecocokan warna larutan dan *tintometer* merupakan tanda bahwa agregat bisa digunakan dalam penelitian. Jika tidak ada warna pada *tintometer* yang cocok dengan warna larutan, sebaiknya agregat dicuci untuk mengurangi kadar organik yang terkandung didalamnya.

5. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan digunakan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan agregat halus. Menurut SK SNI M-09-F (1989) Untuk menghitung berat jenis dan penyerapannya dapat menggunakan rumus :

Rumus Untuk Agregat Halus :

$$\text{Bulk Spesific Gravity} = \frac{A}{A-W} \quad (3-3)$$

$$\text{Bulk Spesific Gravity SSD} = \frac{500}{V-W} \quad (3-4)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{(V-W)-(500-A)} \quad (3-5)$$

$$\text{Absorption} = \frac{500-A}{A} \quad (3-6)$$

Keterangan:

A = Berat kering pasir (gram)

V = Berat awal pasir (gram)

W = Jumlah air (liter)

Pada umumnya agregat halus, normalnya memiliki nilai berat jenis 2,3 sampai 2,6, sedangkan untuk penyerapan disyaratkan maksimal 5%.

Rumus untuk agregat kasar :

$$\text{Bulk Spesific Gravity} = \frac{A}{B-C} \quad (3-7)$$

$$\text{Bulk Spesific Gravity SSD} = \frac{B}{B-C} \quad (3-8)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A-C} \quad (3-9)$$

$$\text{Absorption} = \frac{B-A}{A} \times 100 \% \quad (3-10)$$

Keterangan:

- A = Berat kering oven (gram)
- B = Berat SSD (gram)
- C = Berat agregat dalam air (gram)

6. Abrasi/Keausan

Pemeriksaan abrasi/keausan ditujukan untuk mengetahui seberapa kerasnya agregat kasar, dengan menggunakan mesin *Los Angeles* (SK SNI M-09-F, 1989). Pengujian ketahanan aus kerikil dengan cara ini memberikan gambaran yang berhubungan dengan kekerasan dan kekuatan kerikil, serta kemungkinan terjadinya pecah butir –butir kerikil selama penumpukan, pemindahan maupun selama pengangkutan.

3.2.2 Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI,1982). Fungsi semen

adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi massa yang kompak atau padat dan juga berfungsi mengisi rongga-rongga pada beton sebesar 10% dari volume beton.

3.2.3 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.

3.2.4 Fly Ash

Abu terbang (*fly ash*) diperoleh dari hasil residu PLTU. Material ini berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. Menurut *ACI Manual of Concrete Practice* (1993), *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

a) Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

1. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
2. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.

b) Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.

a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%.

b. Kadar CaO < 5%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.

c) Kelas N.

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz*, *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik (Kusumo, 2013).

Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah maupun sebagai substitusi semen pada beton :

a) Kelebihan

Pada beton segar :

1. Memperbaiki sifat pengerjaan.
2. Mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi.
3. Mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi
4. Mengurangi jumlah air campuran.

Pada beton keras :

1. Meningkatkan kerapatan pada beton.
2. Menambah daya tahan beton terhadap serangan agresif (sulfat).
3. Meningkatkan kekuatan beton pada jangka panjang

b) Kelemahan

1. Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi karena proses pengerasan dan penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadinya reaksi pozzoland.
2. Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada proses (suhu pembakaran) serta jenis abu batubaranya (Kusumo, 2013)

3.2.5 Superplasticizer Ligno P-100

Ligno P-100 merupakan cairan kimia garam *polymer* bebas klorin yang berfungsi sebagai aditif untuk beton, dan diformulasikan secara khusus untuk mengurangi air dalam jumlah besar dan menghasilkan beton mutu tinggi, sesuai dengan ASTM C 494M, (2004) *type F*. Adapun beberapa kelebihan dari Ligno P-100 adalah sebagai berikut :

- a) Menaikan kelecekan (*workability*) beton hingga mengalir (*flow*), memudahkan proses pengecoran dengan sedikit atau tanpa getaran.
- b) Efek superplasticizer sangat baik, kelecekan beton mengalir (*flow*) mampu mengisi celah sempit dalam cetakan berlekuk.
- c) Dipakai untuk produksi beton SCC (*Self Compacting Concrete*) mutu tinggi

- d) Mengurangi pemakaian air sampai 40%, meningkatkan kuat tekan beton umur 28 hari dengan signifikan.
- e) Mengurangi pori-pori dipermukaan beton, untuk memproduksi beton kedap air dan tahan sulfat jika dikombinasi dengan *silica fume*.
- f) Cocok untuk industri *Pre-cast*, *Pre-stressed*, dan pengecoran tulangan rapat

3.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menerima beban tiap satuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Pengujian nilai kuat desak beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan dilaboratorium sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3-11)$$

keterangan :

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

3.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan regangan suatu bahan. Nilai modulus elastisitas dapat diperoleh dari pengujian dengan menggunakan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3-12)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas beton (MPa)

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan (MPa)

Dalam penelitian ini nilai modulus elastisitas didapat dengan melakukan pengujian langsung dilaboratorium dengan *Comppresometer*. Nilai modulus elatisitas di atas diperoleh dengan cara membuat grafik tegangan-regangan sesuai data hasil pengujian. Setelah seluruh data awal diplotkan, dibuat garis persamaan (*trendline*) yang kemudian akan diperoleh persamaan garis *trendline*-nya. Setelah didapat persamaan garis *trendline*-nya, dihitung angka koreksinya untuk mendapatkan grafik tegangan-regangan terkoreksi. Angka koreksi dihitung dengan cara mencari nilai x pada persamaan garis *trendline*-nya.

3.5 Kuat Tarik Belah

Kuat Tarik Belah adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder, yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji

tekan (SK SNI 03- 2491, 2002). Untuk menghitung kuat tarik belah beton dapat menggunakan rumus :

$$f'_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3-13)$$

Keterangan :

f'_t = Kuat tarik belah beton umur 28 hari (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

D = Diameter silinder beton (mm)

L = Tinggi silinder beton (mm)

