

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### A. Beton

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, atau jenis agregat lain), dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu (Wuryati S. & Candra R. 2001:35)

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen *portland* atau semen hidrolis yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambah (*additive*) yang bersifat kimia ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air.

Membuat beton sebenarnya tidaklah sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimanasering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana. Tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik dan menghasilkan beton keras yang baik pula. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1992:2). Di dalam pembuatan beton ada yang dinamakan uji *slump* yaitu salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut *abram* (SNI 03-1972-1990) tentang *water* bahan-bahan penyusun beton

## B. Bahan-bahan Beton

Bahan-bahan penyusun beton

### 1. Semen

*Pozolan* adalah bahan yang mengandung *silica amorf*. Semen *Portland-pozolan* adalah campuran semen Portland dengan *pozolan* antara 15% - 14% berat total campuran dan kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam *pozolan* minimum 70%. (SNI 03-2834-2000). Semen *Portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985 semen *Portland* didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan mengguling *kliner* yang terdiri dari kalsium *silikat* hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium *sulfat* sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Indonesia [spesifikasi bahan bangunan bukan logam, (SK SNI S-04-1989-F)] semen *Portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut:

- a. Jenis I, yaitu semen *Portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II, yaitu semen *Portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen *Portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV, yaitu semen *Portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen *Portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan tahan terhadap sulfat.

#### 1) Sifat-sifat Semen

Bahan dasar penyusun semen (Tabel 3.1) terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika dan oksidasi besi. Maka bahan-bahan itu menjadi unsur-unsur pokok semen.

Tabel 3.1 Susunan unsur-unsur semen

Oksidasi	Persen (%)
<i>Kapur (CaO)</i>	60 – 65
<i>Silika (SiO<sub>2</sub>)</i>	17 – 25
<i>Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>	3 – 8
<i>Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</i>	0,5 – 6
<i>Magnesia (MgO)</i>	0,5 – 4
<i>Sulfur (SO<sub>3</sub>)</i>	1 – 2
<i>Potash (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)</i>	0,5 - 1

Sumber: Teknologi Beton, Kardiyono, 1996

## 2. Air

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampur antara semen dan agregat. Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam basa, dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan busuk harus benar-benar dihindari karena dapat mengganggu pengikatan semen. Sebenarnya air minum juga memenuhi syarat untuk air membuat beton, kecuali air minum yang banyak mengandung senyawa kimia seperti sulfat.

Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Kotoran secara umum dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan
- b. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
- c. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan
- d. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
- e. Bercak-bercak pada permukaan beton

## 3. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat langsung dari alam yang berupa butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075-5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5%, (PUBI 1982:17). Pasir atau agregat halus dengan ukuran butir melewati saringan no.4 (butir  $\leq$  5 mm) berfungsi sebagai bahan pengisi dalam pembuatan bata beton. Kekuatan beton dipengaruhi oleh kualitas pasir yang digunakan,

sehingga pasir yang digunakan harus memenuhi syarat yang telah disebut dalam (PUBI 1982 – 17) sebagai berikut:

- a. Pasir harus bersih, bila dicuci memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang terlihat dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan lebih besar atau tidak boleh kurang dari 70%.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih besar dari 5% berat
- c. Angka kehalusan finesses modulus terletak antara 2,2 – 3,2 bila diuji memakai ayakan rangkaian dengan ukuran berturut-turut 0,16 – 0,315, 0,63 – 1,25, 5,00 -10 dengan fraksi yang lewat 0,3 mm minimal 15% berat
- d. Pasir tidak boleh mengandung zat organik yang dapat mengurangi mutu. Untuk itu direndam dalam larutan 3% NaOH cairan di atas endapan tidak lebih gelap dari larutan pembanding.

1) Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Analisa gradasi ini dilakukan untuk memenuhi distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan. Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI: 03-1968-1990.

Tabel 3.2 Batas-batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-1992)

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

2) Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI: 03-1970-2008.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

3) Pengujian penyerapan agregat halus (pasir)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase penyerapan air pada agregat halus (pasir). Berdasarkan SNI 03-1970-1990.

$$\text{Penyerapan air} = \left( \frac{S-A}{A} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

S = berat benda uji kondis jenuh kering permukaan (gram)

4) Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berdasarkan SK SNI S-04-1989-F. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan:

B1 = pasir jenuh kering muka (gram)

B2 = pasir setelah keluar oven (gram)

5) Pengujian berat satuan agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus (pasir)

$$\text{Berat satuan} = \frac{W3}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan:

W3 = berat benda uji (kg)

V = volume mould (m<sup>3</sup>)

#### 4. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm. agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butiran yang keras, permukaan yang kasar, dan kekal. Agregat harus memenuhi syarat kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1% dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton.

Dalam pelaksanaannya agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 1996) yaitu:

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- b. Kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm
- c. Pasir, untuk besar butiran antara 0.15 mm dan 5 mm.

Persyaratan pengujian agregat kasar selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Persyaratan pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Acuan	Nilai
1	Berat jenis dan penyerapan air	Tjokrodimuljo, 2007	2,5-2,7
2	Berat satuan, gr/cm <sup>3</sup>	Tjokrodimuljo, 2007	1,50 – 1,80
3	Kandungan lumpur, %	SK SNI S-04-1989-F	< 1
4	Keausan agregat, %	Tjokrodimuljo, 2007	< 40

Tahapan pengujian agregat kasar antara lain sebagai berikut ini:

##### 1) Pengujian berat jenis agregat kasar (*split*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh agregat kasar.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

2) Pengujian penyerapan air agregat kasar (*split*)

Pengujian ini untuk mengetahui persentase penyerapan air pada agregat kasar.

$$\text{Penyerapan air} = \left[ \frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kondisi kering permukaan di udara (gram)

3) Pengujian modulus halus butir (MHB)

Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai modulus halus butir (MHB) suatu agregat maka semakin besar butiran agregatnya. Kehalusan dan kekasaran agregat dapat mempengaruhi kelecakan dari mortar beton. Modulus halus butir (MHB) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (38; 19; 6; 4; 1; 2; 0,6; 0,3; 0,15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley, 1942:232). Umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir (MHB) sekitar 1,50 – 3,8 dan kerikil mempunyai modulus halus butir (MHB) 5 – 8. Nilai ini juga dapat dipakai sebagai dasar mencari perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campuran nilai modulus halus butir (MHB) yang bisa dipakai berkisar 5,0 – 5,0. Hubungan ketiga nilai modulus halus butir (MHB) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W = \frac{(K-C)}{(C-P)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dengan:

W = persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat agregat kasar (kerikil/batu pecah)

K = modulus halus butir agregat kasar

P = modulus halus butir agregat halus

C = modulus halus butir agregat campuran

4) Pengujian berat satuan agregat kasar (*split*)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat kasar (*split*)

$$\text{Berat satuan} = \frac{W_3}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dengan:

W3 = berat benda uji (kg)

V = volume *mould* (m<sup>3</sup>)

5) Pengujian kadar lumpur agregat kasar (*split*)

Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar berdasarkan SK SNI S-04-1989-F. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar (*split*).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.9)$$

Dengan:

B1 = pasir jenuh kering muka (gram)

B2 = pasir setelah keluar oven (gram)

### C. Abu Sekam Padi (*rice husk ash*)

Abu sekam padi (*rice husk ash*) adalah sisa pembakaran sekam padi yang diperoleh dari tanaman padi. Abu sekam padi merupakan salah satu bahan *pozzolan* yang cukup potensial digunakan untuk keperluan konstruksi karena sifat *pozzolanik* yang tinggi dari kandungan silikanya, sekam padi menghasilkan abu lebih banyak dibandingkan dari sisa pembakaran lain. Sekam yang dihasilkan oleh tanaman padi setelah panen berkisar 18 – 12%. Pada umumnya, sekam padi mengandung 40 – 45% *cellulose*, 25 – 30% *lignin*, 15 – 20% abu, 8 – 15% air. Abu yang dihasilkan oleh sekam padi berasal dari opaline yang memiliki struktur seluler dan mengandung 90% *silica* (Muntohar, 2014: 55).

Tabel 3.4 Sifat fisik abu sekam padi (Ilham. A, 2005)

Bahan	Abu Sekam Padi
Jari-jari pori rata-rata, mm	0,56
Berat jenis	2,00
Distribusi butiran median, mm	28,78
Luas permukaan spesifik, m <sup>2</sup> /g	183,8
Volume kumulatif, m <sup>3</sup> /g	1263,3



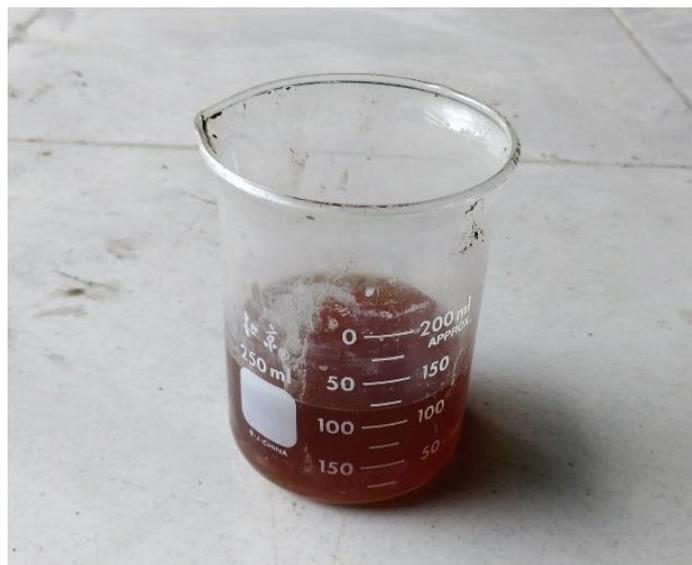
Gambar 3.1 Abu sekam padi

#### D. Bahan Tambah *Superplasticizer*

Bahan tambah ialah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambah kedala adukan cairan beton selama pengadukan dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambah untuk Beton, Standar SK SNI S-18-1990- 3). *Superplasticizer (high range water reduder admixture)* yaitu bahan kimi yang berfungsi mengurangi air sampai 12% atau bahkan lebih (ASTM C494-82).

Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikat, waktu pengerasan, dan maksud lainnya (Spesifikasi Bahan Bangunan A, bahan bangunan bukan logam, (SK SNI S-04-1989-F).

Untuk membuat beton *Self-Compacting Concrete*, dibutuhkan suatu zat *additive* berupa *superplastiscizer*. Pada penelitian ini, *superplastiscizer* yang digunakan adalah *Viscocrete* (Gambar 3.2). *Viscocrete* merupakan *superplastiscizer* dari sika tipe 1003 dengan kemampuan mengalir yang baik dengan kohesi yang optimal juga penguranga air sehingga nilai kuat tekannya mengikat dengan *workability* yang baik.



Gambar 3.2 *Superplasticizer (Viscocrete 1003)* merk Sika

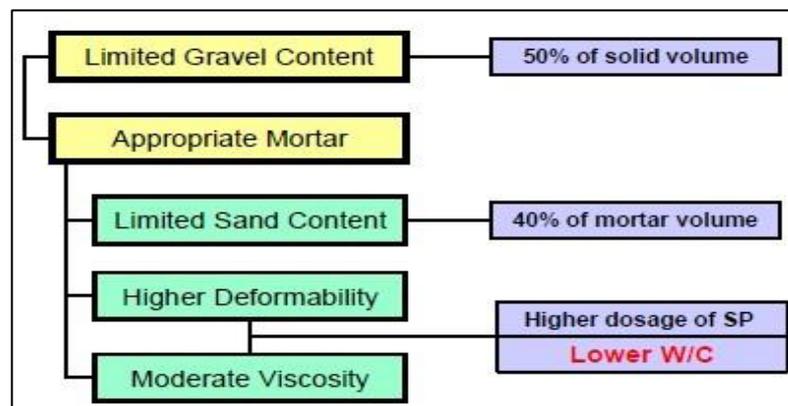
#### E. *Self-Compacting Concrete (SCC)*

*Self-Compacting Concrete (SCC)* adalah beton yang mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pematik sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini dicampur memanfaatkan pengaturan agregat, porsi agregat dan *van admixture superplasticizer* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkan mengalir sendiri tanpa bantuan alat pematik. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip grafitasi, termasuk pada pengecoran beon dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton Ludwing, H.M., Weise, F., Hemrich, W. and Ehrlich, N. (2001).

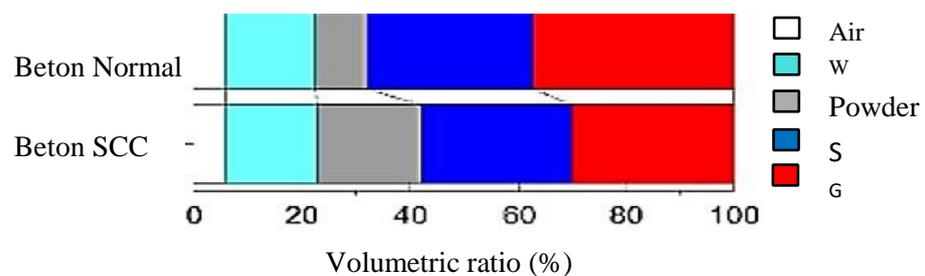
Terdapat banyak kelebihan ataupun keuntungan dari penggunaan *Self-Compacting Concrete (SCC)*, yaitu tentunya tidak memerlukan pemadatan manual maupun mekanik, lebih cepat mengeras karena menggunakan admixture, terhadap lingkungan lebih rendah polusi suara saat pelaksanaan pengecoran, lebih ekonomis karena beton dapat mengalir dan memadat dengan sendirinya sehingga dapat menghemat biaya upah tenaga kerja, kuat tekan beton bisa dibuat untuk mutu tinggi atau sangat tinggi, dan masih banyak lainnya.

#### 1. Material penyusun beton *Self-Compacting Concrete*

Bahan material penyusun dalam pembuatan beton *Self-Compacting Concrete (SCC)* adalah semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan ada atau tidak bahan tambah yang tidak mengurangi dari mutu beton. Komposisi agregat kasar pada beton konvensional menempati 70-75 % dari total volume beton. Okamura dan Ouchi (2003) membandingkan beton konvensional dengan *Self-Compacting Concrete* dari sisi proporsi pencampurannya, yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Bahan campuran beton SCC (Okamura dan Ouchi, 2003)



Gambar 3.4 Perbandingan bahan campuran pada SCC dan beton konvensional (Okamura dan Ouchi, 2003)

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada volume yang sama, komposisi material yang diperlukan *Self-Compacting Concrete* dan beton konvensional adalah berbeda. Komposisi *powder* pada *Self-Compacting Concrete* lebih banyak dibandingkan komposisi semen pada beton konvensional, *powder* pada *Self-Compacting Concrete* dapat berupa semen ataupun berupa *binder* (bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi). Sedangkan komposisi kerikil *Self-Compacting Concrete* lebih sedikit dibandingkan komposisi kerikil pada beton konvensional.

## 2. Sifat *Self-Compacting Concrete*

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

### a. Sifat Beton Segar *Self-Compacting Concrete*

#### 1) Kemampuan mengisi ruangan (*filling ability*)

Kemampuan campuran beton segar mengisi ruangan atau cetakan dengan beratnya sendiri, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan *filling* maka beton segar diuji menggunakan alat *slump cone*, dengan waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm ( $SF_{50}$ ) 3 – 15 detik dan diameter maksimum yang dicapai aliran beton ( $SF_{max}$ ) 65 – 75 cm. (*Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete, 2007*). Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *filling ability* antara lain sebagai berikut:

- a) ukuran agregat kasar maksimal 20 mm,
- b) agregat kasar yang digunakan adalah 50% volume total, agar mortar dapat melewati sela-sela dari agregat kasar yang kurang rapat tersebut,
- c) penggunaan *superplastiziser* yang memadai dengan sangat ketat mengatur komposisi agregat pada campuran,
- d) rasio air-semen (*w/c-ratio*) yang rendah dengan mengendalikan volume agregat yang dikombinasikan dengan agregat pengisi berukuran sekitar 0,125 mm menyebabkan campuran beton ini tidak mudah mengalami segregasi, dan

e) Pemakaian butir batuan yang bulat dapat mempermudah pengerjaan adukan.

2) Pengaliran (*flowability*)

*Flowability* pada *Self-Compacting Concrete* dapat menunjukkan bahwa beton tersebut mempunyai pengaliran yang baik atau tidak. Pada *Self-Compacting Concrete flowability* dapat diuji menggunakan uji *Flow table* dan *V-Funnel*. Pengujian *Flow Table* disyaratkan waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter sebaran sebesar 500 mm ( $t_{500}$ ) adalah 2-5 detik dan syarat diameter sebaran adalah 700 mm, sedangkan pada pengujian *V-Funnel* tanpa seras waktu yang diperlukan beton untuk melewati celah hingga habis adalah 6-12 detik (Siddique, 2001).

3) Kemampuan melewati tulangan (*passing ability*)

Kemampuan campuran beton segar untuk melewati celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *J-Ring flow table*, *L-Box* dan *Box Type*, dengan perbedaan tinggi yang diperlukan aliran beton arah horizontal ( $H_2/H_1$ ) lebih besar dari 0,8. (*The European Guidelines for Self Compacting Concrete*, 2005)

4) *Segregation Resistance*

*Segregation* merupakan kecenderungan dari butir-butir kerikil untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton. Campuran beton yang kelebihan air semakin memperbesar terjadinya segregasi, dimana material yang berat mengendap ke dasar beton segar dan material yang lebih ringan akan menuju ke permukaan. Hal ini dapat mengakibatkan adanya lubang-lubang pada beton, beton menjadi tidak homogen, permeabilitas berkurang, dan juga kurang awet. Dengan penggunaan *superplasticizer* maka *water/binder* dapat diperkecil, dalam takaran tertentu segregasi dapat dihilangkan yaitu dengan *trial mix design*. Ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi, untuk mengetahui beton

memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat *V-Funnel*, dengan waktu yang diperlukan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* antara 7 – 13 detik. (*Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete*, 2007)

5) Kemudahan pengerjaan (*workability*)

*Workability* merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan dan juga sifat bahan mempengaruhi kemudahan pengerjaan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan antara lain sebagai berikut ini.

- a) Jumlah air yang dipakai dalam adukan, semakin banyak air yang dipakai makin mudah beton segar dikerjakan.
- b) Penambahan semen dalam adukan akan diikuti penambahan air campuran untuk memperoleh nilai FAS tetap.
- c) Gradasi campuran agregat halus dan agregat kasar.
- d) Pemakaian butir batuan yang bulat dapat mempermudah pengerjaan adukan.
- e) Pemakaian butir maksimum agregat kasar.

### **E. Metode Pemeriksaan *Self-Compacting Concrete* (SCC)**

Dalam pembuatan *Self-Compacting Concrete* (SCC), syarat sifat-sifat beton segar *Self-Compacting Concrete* (SCC) tersaji pada Tabel 3.5 dan komposisi agregat kasar dan halus sangat diperhatikan. Banyaknya agregat halus berbanding lurus dengan daya alir beton segar. Berbeda dengan beton konvensional yang memiliki komposisi agregat kasar lebih banyak dibandingkan agregat halus. Ada beberapa pengujian *fresh properties* pada *Self-Compacting Concrete* (SCC) seperti yang diuraikan berikut ini.

1. Meja sebar T50

Test ini digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan alir) dan stabilitas SCC. Peralatan terdiri dari sebuah lingkaran berdiameter 500 mm yang digambar pada sebuah tatakan datar. Alat uji kerucut slump diisi

dengan adukan beton segar kemudian diangkat ke atas. Catat waktu ketika lingkaran mencapai diameter 500 mm (T50). Saat campuran berhenti mengalir, ukur diameter akhirnya dan amati segregasi pada ujung yang terjadi. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) durasi yang dibutuhkan oleh beton segar mencapai diameter 500 mm 2 – 5 detik. Alat pengujian meja sebar dapat dilihat pada Gambar 3.5 (a)

2. *V-Funnel test*

*V-Funnel test* digunakan untuk mengukur *filling ability* dan stabilitas dari beton segar. Peralatan terdiri dari corong berbentuk V dan dibagian bawah terdapat pintu yang dapat dibuka tutup. Di bawah corong disediakan ember untuk menampung beton segar yang nantinya akan dialirkan. Campuran beton segar diisi secara penuh kedalam corong, kemudian diamkan selama satu menit dan pintu di bawah corong dibuka. Catat waktu total hingga seluruh campuran beton segar habis mengalir. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) durasi yang dibutuhkan oleh beton segar mengisi ruang berkisar 6 – 12 detik. Alat yang digunakan adalah *V-Funnel* Gambar 3.5 (b).

3. *L-Box test*

*L-Box test* digunakan untuk mengamati karakteristik material terhadap *flowability blocking* dan segregasi dalam melewati tulangan diuji dengan *L-Box test*. Menurut *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) *L-Box test* digunakan dengan perbandingan  $h_2/h_1 \geq 0,8$ . Bentuk alat pengujian *L-Box* dapat terlihat pada Gambar 3.5 (c).

4. *J-Ring test*

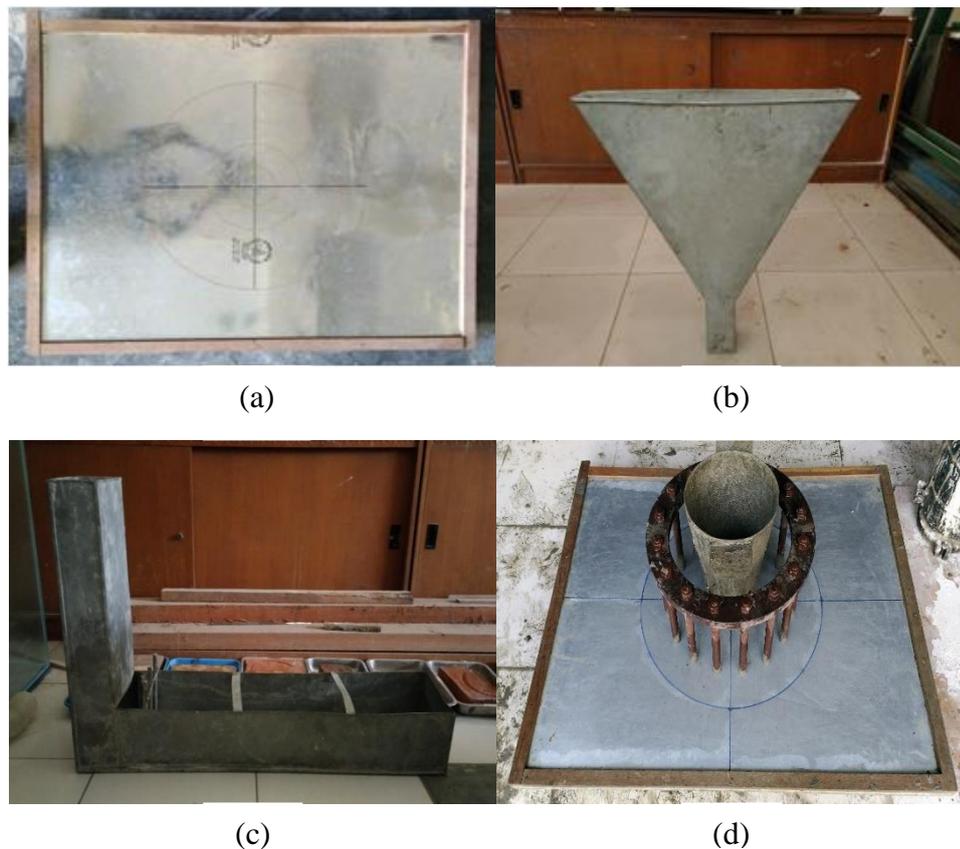
*J-Ring test* digunakan untuk menentukan *passing ability* beton segar. Peralatan uji terdiri dari lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Model ini dapat dianggap sebagai tulangan baja sesungguhnya. Diameter ukuran baja dan jarak antar tulangan dapat sesuai

dikondisikan dengan kondisi aktual yang ingin dimodelkan. Peralatan test ini dapat dikombinasikan dengan peralatan *slump flow test* sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur *filling ability* dan *passing ability*. *J-Ring* digunakan untuk mengukur luas aliran melewati hambatan, dimana luas aliran disarankan berdiameter 500 mm dalam rentang waktu 2 – 5 detik. Sementara diameter akhir pada pengujian *J-Ring*  $\pm 10$  mm. Bentuk alat pengujian *J-Ring* dapat terlihat pada Gambar 3.5 (d).

Tabel 3.5 Batas-batas sifat beton

Parameter	Kisaran
T <sub>50 cm</sub>	2 – 5 sec
<i>V-Funnel</i>	6 – 12 sec
<i>L-Box</i> , H <sub>2</sub> /H <sub>1</sub>	$\geq 0,8$
Diameter aliran <i>J-Ring</i> 50 cm	10 mm

Sumber: (EFNARC, 2002).



Gambar 3.5 Alat pada pengujian: (a) Meja Sebar (T50), (b) *V-Funnel*, (c) *L-Box*, dan (d) *J-Ring*

## G. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Metode dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian ini untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) dilaboratorium maupun di lapangan. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan prosedur yang benar.

Pengujian dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili campuran beton, bentuk benda uji berwujud silinder ataupun kubus (SNI 03-1974-1990). Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan berikut:

1. Perencanaan campuran beton
2. Pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembeconan

Di dalam kuat tekan beton ada acara perhitungan, perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \cdot \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots(3.10)$$

Dengan:

P = beban maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

Ada beberapa factor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu:

- a. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam satu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu:

- 1) Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- 2) Memberikan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*).

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0.4 dan maksimum 0.6 (Tri Mulyono, 2004).

b. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperhatikan seperti, penyerapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

c. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang akan digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

d. Bahan tambah

Bahan tambah (*additive*) ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah (*additive*) lebih banyak digunakan untuk penyemenan (*cementitious*), jadi digunakan untuk perbaikan kinerja. Menurut standar ASTM C 494/C 494M – 05a, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe, yaitu seperti yang berikut ini.

- 1) *Water reducing admixture*
- 2) *Retarding admixture*
- 3) *Accelerating admixture*
- 4) *Water reducing and retarding admixture*
- 5) *Water reducing and accelerating admixture*
- 6) *Water reducing and high range admixture*
- 7) *Water reducing, high range, and retarding admixture*