

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Metodologi penelitian merupakan serangkaian tata cara yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan ilmiah atau ilmu. Penelitian ini juga bertujuan untuk menjawab pertanyaan dan memecahkan permasalahan yang ada. (Hardani, Auliya, Andriani, Fardani, Ustiawaty, Utami, Sukmana, dan Istiqomah, 2020).

Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen menekankan pada pemenuhan validitas internal dilaksanakan dengan cara mengontrol, mengendalikan, mengeliminir faktor-faktor di luar metode penelitian eksperimen umumnya bersifat laboratoris (Hardani, dkk., 2020).

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah membandingkan karakteristik dan kuat tekan beton rencana $f^c = 30$ MPa dengan beton yang diberi *superplasticizer* dan pasir silika sebagai bahan tambah, sehingga dapat disimpulkan pengaruh substitusi pasir silika sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi no. 277, Bandung, Jawa Barat.

3.3 Sampel Penelitian

Jumlah sampel yang diperlukan pada penelitian ini sebanyak 60 sampel untuk uji kuat tekan. Jumlah sampel ini dibuat berdasarkan substitusi volume pasir silika yang digunakan, yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat semen. Untuk memudahkan penamaan beton maka digunakan kode sebagai berikut :

SCCPS = *Self Compacting Concrete* Pasir Silika

Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Penelitian untuk Uji Tekan Beton

Klasifikasi	Jumlah Pengujian Kuat Tekan				Jumlah Sampel
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	56 Hari	
SCCPS 0%	3	3	3	3	12
Beton Eksperimen :					
SCCPS 2.5%	3	3	3	3	12
SCCPS 5%	3	3	3	3	12
SCCPS 7.5%	3	3	3	3	12
SCCPS 10%	3	3	3	3	12
Total					60

3.4 Instrumen Penelitian

Berikut adalah data bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini :

1. Semen

Semen portland yang digunakan adalah semen jenis PCC, yaitu semen Dynamix.

2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus yang digunakan adalah pasir beton dari daerah Galunggung.

Berikut adalah hasil pengujian agregat halus:

Tabel 3. 2 Hasil Uji Material Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air	5,03%
2	Berat isi	1564 kg/m ³
3	Modulus halus butir	2,83
4	Kadar lumpur	3,14%
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,8
6	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering	2,49
7	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD	2,6
8	Persentase absorpsi air	4,49%

3. Agregat Kasar (Batu pecah)

Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah. Berikut adalah hasil pengujian material agregat kasar:

Tabel 3. 3 Hasil Uji Material Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air	4,42%
2	Berat isi	1411 kg/m ³
3	Modulus halus butir	7,6
4	Nilai keausan	23,39%
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,69
6	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi kering	2,3
7	<i>Bulk specific gravity</i> kondisi SSD	2,44
8	Persentase absorpsi air	6,19%

4. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Material & Struktur, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia.

5. Pasir Silika

Pasir silika yang digunakan adalah serbuk pasir silika berukuran mesh 325 dengan spesifikasi yang tertera pada tabel 3. 4

Tabel 3. 4 Spesifikasi Serbuk Pasir Silika

No	Parameter	Hasil (%)
1	<i>Iron Trioxide</i> (Fe_2O_3)	0,24
2	<i>Aluminium Trioxide</i> (Al_2O_3)	0,18
3	<i>Calcium Oxide</i> (CaO)	0,10
4	<i>Magnesium Oxide</i> (MgO)	0,05
5	<i>Manganese Dioxide</i> (MnO_2)	<i>Less than 0,01</i>
6	<i>Chromium Trioxide</i> (Cr_2O_3)	0,02
7	<i>Sodium Oxide</i> (NaO_2)	0,02
8	<i>Potassium Dioxide</i> (K_2O)	0,03
9	<i>Silicon Dioxide</i> (SiO_2)	98,97
10	<i>Titanium Dioxide</i> (TiO_2)	0,05
11	<i>Loss On Ignition</i> (OI)	0,10

Sumber: (CV. Nagamas Prima Enterprise)

6. *Superplasticizer*

Superplasticizer yang digunakan adalah Sika Viscocrete-1003 dengan kadar 1,5% untuk setiap campuran.

Data alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan

Digunakan untuk menimbang berat material dan berat sampel beton.

2. Oven yang suhunya dapat diatur sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$

Digunakan untuk mengeringkan agregat dalam pengujian material.

3. Gelas ukur 1000cc

Digunakan untuk melakukan pengujian kadar lumpur agregat.

4. Takaran berbentuk silinder

Digunakan untuk pengujian berat volume agregat halus dan agregat kasar.

5. Cetakan beton silinder berdimensi diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

Digunakan untuk membuat sampel benda uji.

6. Satu set ayakan diatur dalam SNI ASTM C136:2012

Digunakan untuk uji gradasi agregat halus dan agregat kasar.

7. *Sieve Shaker*

Berfungsi sebagai alat getar pada pengujian gradasi agregat halus dan agregat kasar.

8. Piknometer kapasitas 500 ml

Berfungsi untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus.

9. Kerucut terpancung

Berfungsi untuk mengetahui keadaan jenuh permukaan (SSD) pada uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

10. Meteran

Berfungsi untuk mengukur lebar uji *slump*.

11. *Slump cone*

Digunakan dalam pengujian *slump* beton segar.

12. *V-funnel*

Digunakan dalam pengujian *segregation resistance* dan *filling ability*.

13. *L-box* yang dilengkapi besi tulangan diameter 12 sebanyak 3 buah

Digunakan dalam pengujian *passing ability*.

14. Pengaduk beton (*mixer*)

Berfungsi untuk mencampur agregat halus, agregat kasar, semen, air dan bahan tambah.

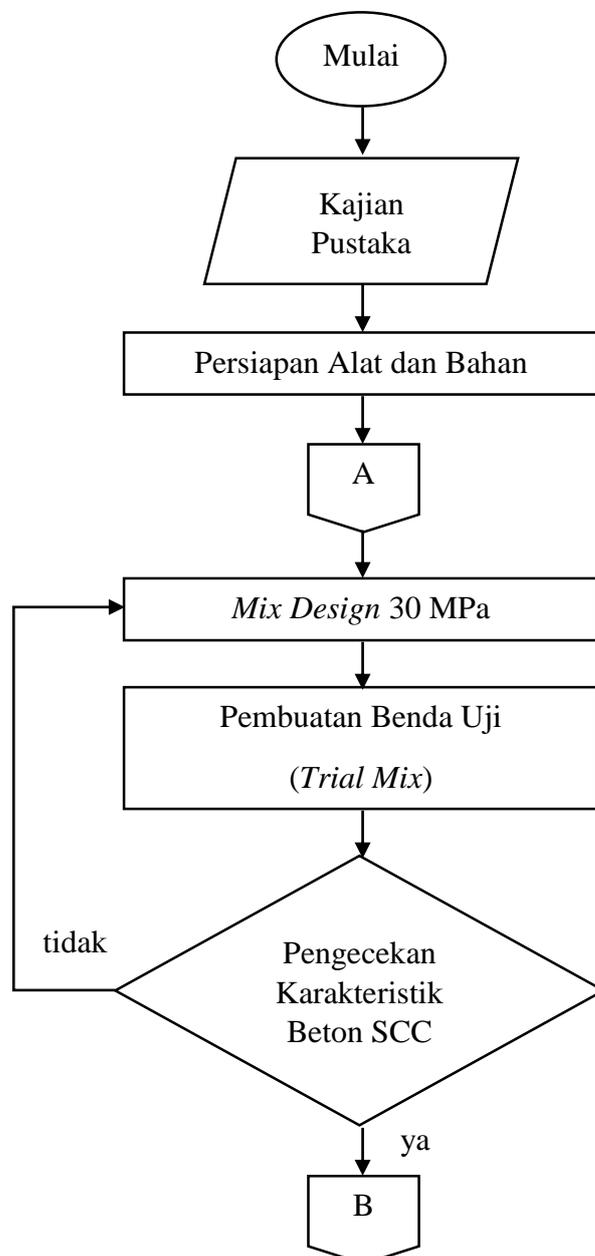
15. Mesin uji tekan

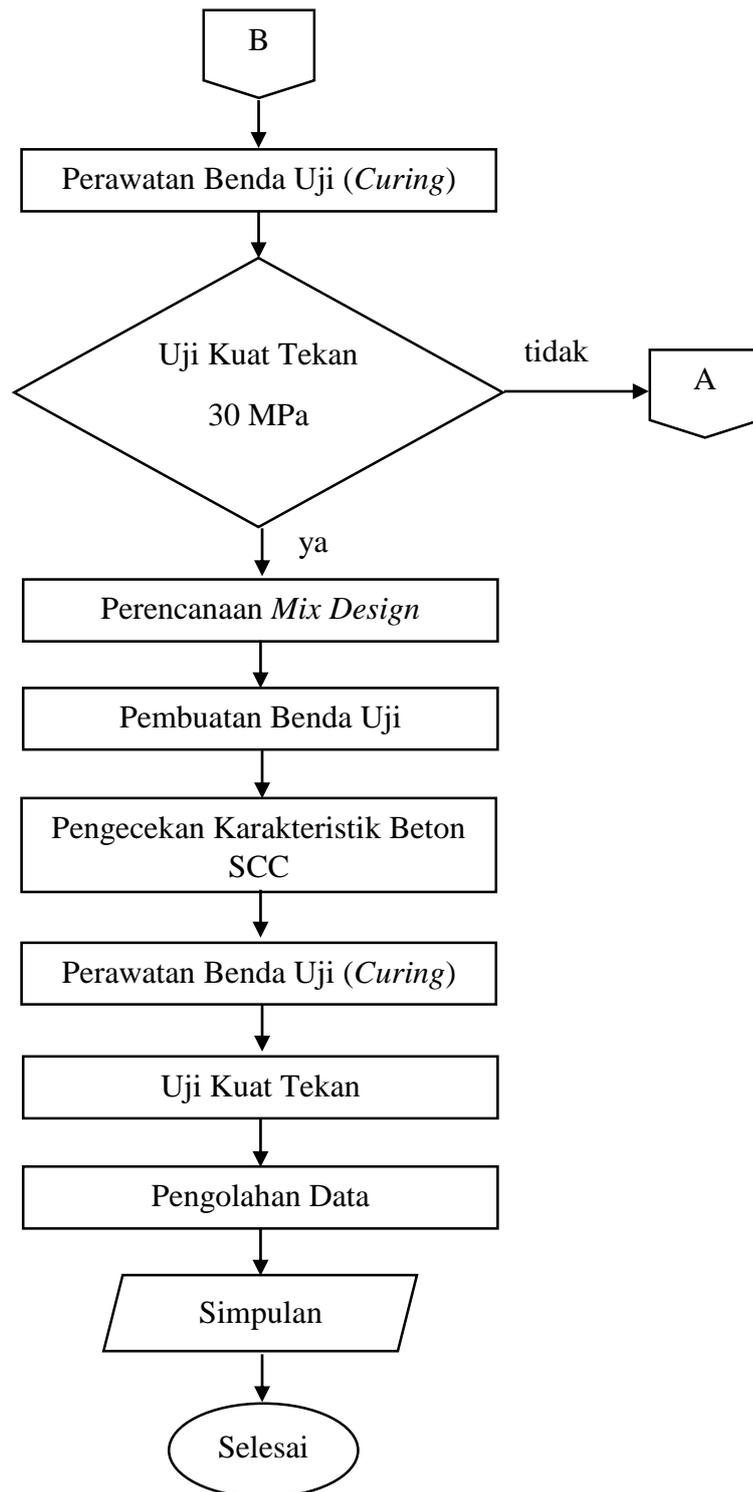
Digunakan untuk pengujian kuat tekan sampel benda uji.

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan membandingkan karakteristik dan kuat tekan beton rencana $f'_c = 30$ MPa sebagai kontrol dengan beton yang diberi *superplasticizer* dan pasir silika sebagai bahan tambah, sehingga dapat disimpulkan pengaruh substitusi pasir silika sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton.

Penelitian ini dilaksanakan dengan acuan informasi yang didapat dari peraturan diantaranya SNI, ASTM, ACI dan juga informasi dalam buku, jurnal penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilaksanakan di Laboratorium Material & Struktur, FPTK UPI. Persiapan alat dilakukan dengan cara mengecek kelengkapan dan kondisi alat yang akan digunakan pada proses uji material, pencampuran beton, pengecekan karakteristik beton dan pengujian kuat tekan beton. Persiapan bahan dilaksanakan dengan cara menyimpan bahan campuran beton (semen, pasir, kerikil, superplasticizer, dan pasir silika) di tempat yang terhindar dari cuaca langsung untuk menjaga kualitas material beton.

3.5.2 Uji Material

Uji material merupakan kegiatan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik material yang digunakan sebelum proses pencampuran beton dilaksanakan agar beton yang dihasilkan sesuai dengan kualitas beton rencana.

3.5.2.1 Uji Kadar Air

Uji kadar air mengacu pada SNI 1971:2011, pengujian ini dilaksanakan dengan cara menimbang agregat, mengeringkan agregat dengan menggunakan oven dan menimbang kembali agregat yang sudah kering. Setelah itu, kandungan air pada agregat dihitung sebagai persentase penurunan massa terhadap massa agregat kering oven. Hasil dari pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan campuran dan pengendalian mutu beton. Pengujian ini sangat penting untuk dilakukan karena terkadang material yang digunakan cenderung dalam kondisi basah sehingga diperlukan koreksi terhadap massa agregat dan massa air pada proses perencanaan dan berpotensi mengurangi kualitas mutu beton.

3.5.2.2 Uji Berat Isi

Uji berat isi dilaksanakan menggunakan wadah talam baja berbentuk silinder dengan pemegang di kedua sisinya dan batang penusuk berupa baja silinder ber diameter 16 mm. Pengujian berat isi bertujuan untuk menentukan berat isi agregat yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volume mengacu pada SNI 03-4804-1998.

3.5.2.3 Uji Analisis Saringan

Uji analisis saringan bertujuan untuk mengetahui gradasi butiran dari agregat halus, agregat kasar dan agregat campuran dengan cara menghitung persentase berat agregat yang lolos pada setiap saringan kemudian digambarkan pada grafik pembagian butir.

Pengujian ini dilaksanakan dengan cara menyiapkan contoh uji, menimbang, mengeringkan contoh uji dan penyaringan. Hasil pengujian dinyatakan dalam persentase berat agregat tertahan tiap saringan, persentase total material yang lolos tiap saringan, dan persentase total dari material yang tertahan pada setiap saringan, serta indeks modulus kehalusan yang ditentukan dari jumlah persen kumulatif material yang tertahan dari setiap saringan kemudian dibagi dengan 100. Pengujian ini mengacu pada SNI ASTM C136:2012.

3.5.2.4 Uji Kadar Lumpur

Lumpur pada agregat dapat mempengaruhi mutu beton. Kadar lumpur maksimal untuk agregat halus adalah 5%. Oleh karena itu, perlu dilaksanakan pemeriksaan kadar lumpur untuk mengetahui seberapa banyak kandungan lumpur dari agregat yang akan digunakan pada campuran beton. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4428-1997.

3.5.2.5 Uji Keausan (*Los Angeles*)

Uji keausan bertujuan untuk mengetahui nilai keausan agregat kasar. Nilai keausan didapat dengan membandingkan berat bahan yang hilang (akibat benturan bola-bola baja) terhadap berat awal. Pengujian keausan mengacu pada SNI 2417-2008. Menurut ASTM C 131-06 keausan maksimal untuk agregat kasar dengan ukuran nominal maksimal 19 mm adalah 10 - 45%.

3.5.2.6 Uji *Specific Gravity* dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan. Berat jenis dinyatakan dengan berat jenis kering, berat jenis curah (jenuh keirng permukaan) dan berat jenis semu (*apparent*).

Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) adalah perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air dalam rongga) terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama ditentukan saat penyerapan agregat sudah terpenuhi. Berat jenis curah kering didapat dari perbandingan antara berat dari satuan volume agregat dalam kondisi kering terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama. Berat jenis semu (*apparent*) adalah perbandingan berat dari satuan volume agregat impermeabel terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama. Pengujian ini mengacu pada SNI 1969:2008 dan SNI 1970:2008

3.5.3 Perancangan Campuran Beton $f'c$ 30 MPa

Beton yang berfungsi sebagai control ditentukan dengan kekuatan teka ($f'c$) sebesar 30 MPa. Perancangan beton menggunakan metode SNI 7656-2012 5. Hasil perancangan campuran beton $f'c$ 30 MPa adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Komposisi Akhir untuk Perencanaan Beton $f'c$ 30 MPa

Berat Campuran /m ³			
No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Semen	683,33	kg
2	Air	217,00	kg
3	Agregat Halus Kondisi SSD	577,98	kg
4	Agregat Kasar Kondisi SSD	883,95	kg

3.5.4 Pengecoran

Pengecoran merupakan proses pencampuran material penyusun beton dilaksanakan berdasarkan SNI 2493-2011. Untuk pencampuran *superplasticizer* mengacu dari pengaplikasian yang tertera pada lembar data produk.

3.5.5 Pengecekan Karakteristik Beton SCC

Pengecekan karakteristik beton SCC untuk mengetahui *filling ability*, *passing ability* dan *segregation resistance* dengan menggunakan *L-box test*, *V-funnel test*, dan *slump flow test* mengacu pada EFNARC 2005.

3.5.5.1 Slump Flow Test

Keleccakan, yaitu sifat kekentalan beton antara cair dan padat pada beton segar. Keleccakan beton ini adalah ukuran kemudahan beton segar untuk diaduk, diangkut ke tempat penuangan, dituang ke cetakan beton dan pemadatan beton segar. Secara umum, semakin encer campuran beton maka semakin mudah beton tersebut untuk dikerjakan (Tjokrodimuljo, 2007).

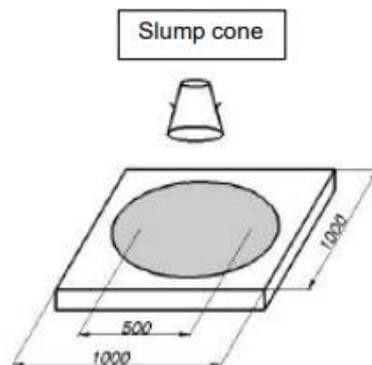
Uji *slump* adalah cara untuk mengukur keleccakan beton, semakin tinggi nilai *slump* maka keleccakan beton semakin tinggi dan beton segar semakin mudah dikerjakan. Berdasarkan SNI 7656:2012 (2012) nilai *slump* yang disyaratkan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 6 Nilai *Slump* yang dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

Sumber: (SNI 7656:2012)

Slump flow test berfungsi untuk mengetahui *filling ability* dan *flow rate* dari beton. *Filling ability* dapat dinilai dari seberapa besar diameter campuran beton yang mengalir pada *base plate* setelah kerucut abram diangkat, semakin besar nilainya maka semakin besar pula kemampuan beton untuk mengalir. Sedangkan, nilai *flow rate* (T_{500}) didapat dari waktu alir beton untuk mencapai diameter 500 mm, semakin kecil waktu yang diperlukan maka *filling ability* beton semakin besar.



Gambar 3. 2 *Slump Flow Test*

Sumber: (*Spesification & Guidelines for Self Compacting Concrete*, 2002)

Waktu alir yang disyaratkan pada uji T_{500} 3,5 – 6,0 s sedangkan kriteria *slump flow test* menurut EFNARC (2005) adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 7 Kriteria *Slump Flow Test* pada Beton SCC

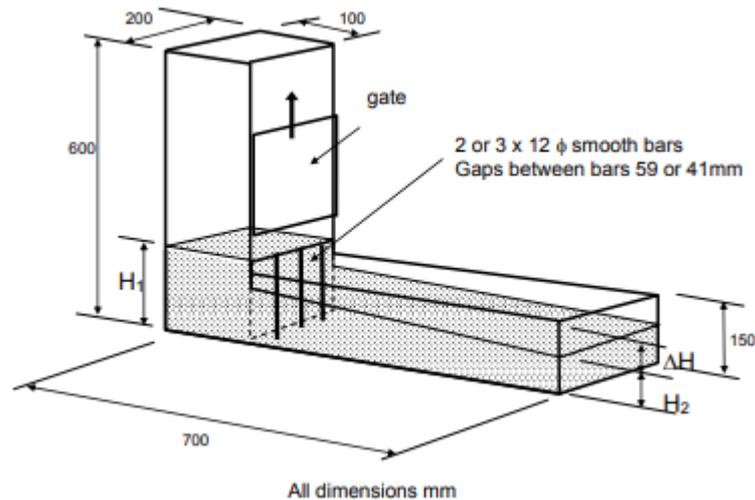
<i>Slump Flow Classes</i>	Karakteristik (mm)	
	Minimum	Maksimum
SF1, diaplikasikan pada struktur beton seperti pelat rumah, lapisan terowongan dan tiang pancang	550	650
SF2, digunakan secara umum pada struktur, seperti dinding dan kolom	660	750
SF3, diaplikasikan pada struktur vertikal kompleks dengan tulangan padat, diproduksi dengan ukuran agregat maksimum 16 mm	760	850

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

3.5.5.2 *L-Box Test*

L-box test merupakan instrumen untuk mengetahui *passing ability* pada beton SCC. *Passing ability* merupakan kemampuan campuran beton SCC untuk melewati rintangan (besi tulangan) tanpa mengalami segregasi. Terdapat 2 variasi pada

pengujian *L-box*, yaitu dengan 2 dan 3 besi tulangan. Penggunaan 3 tulangan memberikan simulasi pada rintangan yang lebih sulit (tulangan yang lebih rapat).



Gambar 3. 3 *L-Box Test*

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

Prinsip *L-box test* adalah perbandingan tinggi campuran beton yang mengalir secara horizontal dengan tinggi campuran beton yang tertahan pada saluran vertikal (EFNARC, 2005). Semakin besar nilai perbandingan antara H_2 dan H_1 maka kemampuan beton untuk melewati tulangan semakin tinggi. *Passing ability* disyaratkan pada tabel berikut:

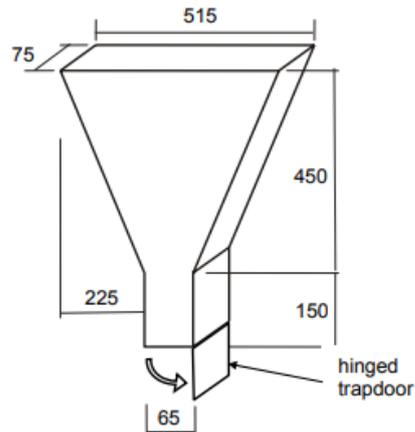
Tabel 3. 8 Kriteria *Passing Ability* pada Beton SCC

<i>Passing Ability Classes</i>	Karakteristik (H_2/H_1)	
	Minimum	Maksimum
PA1, struktur dengan jarak tulangan 80 – 100 mm (2 tulangan)	0,8	1,0
PA2, struktur dengan jarak tulangan 60 – 80 mm (3 tulangan)	0,8	1,0

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

3.5.5.3 V-Funnel Test

V-funnel test adalah metode tes untuk mengetahui viskositas dan *segregation resistance* beton SCC. Metode ini hanya dilaksanakan pada campuran beton dengan ukuran agregat maksimum 20 mm.



Gambar 3. 4 V-Funnel Test

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

Prinsip dari tes ini adalah dengan mengukur waktu yang diperlukan campuran beton untuk melewati *V-funnel* didefinisikan sebagai *V-funnel flow time* (EFNARC, 2005). Semakin cepat waktu yang alir yang diperlukan maka *segregation resistance* beton semakin besar. *V-funnel flow time* disyaratkan pada tabel berikut:

Tabel 3. 9 Kriteria *V-Funnel Flow Time* pada Beton SCC

<i>V-funnel Classes</i>	<i>Time Flow (s)</i>	
	Minimum	Maksimum
VF1, memiliki kemampuan pengisian baik, namun berpotensi terjadi <i>bleeding</i>	-	8
VF2, memiliki kecenderungan tahan terhadap segregasi	9	27

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

V-funnel test juga dapat dilakukan dengan cara mendiamkan benda uji dalam alat *V-funnel* selama 5 menit untuk mengetahui adanya segregasi atau tidak dengan syarat penambahan waktu maksimum dari *time flow* awal sebesar 3s.

3.5.6 Pembuatan dan Persiapan Benda Uji

Pembuatan dan persiapan sampel benda uji untuk uji kuat tekan mengacu pada SNI 2493-2011.

3.5.7 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan benda uji dilaksanakan untuk menjaga proses hidrasi beton, perawatan benda uji berdasarkan pada SNI 2493-2011.

3.5.8 Pengujian Berat Jenis Beton

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis benda uji. Pengujian berat jenis dilaksanakan dengan menimbang berat benda uji dan mengukur volume uji. Berat jenis didapat dengan membagi berat dan volume benda uji atau dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

Dimana,

γ : Berat jenis (kg/m³)

w : Berat benda uji (kg)

v : Volume benda uji (m³)

3.5.9 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan dilaksanakan berdasarkan SNI 1974:2011.