

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian berlokasi di Laboratorium Teknologi Bahan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).

#### 3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut ini.

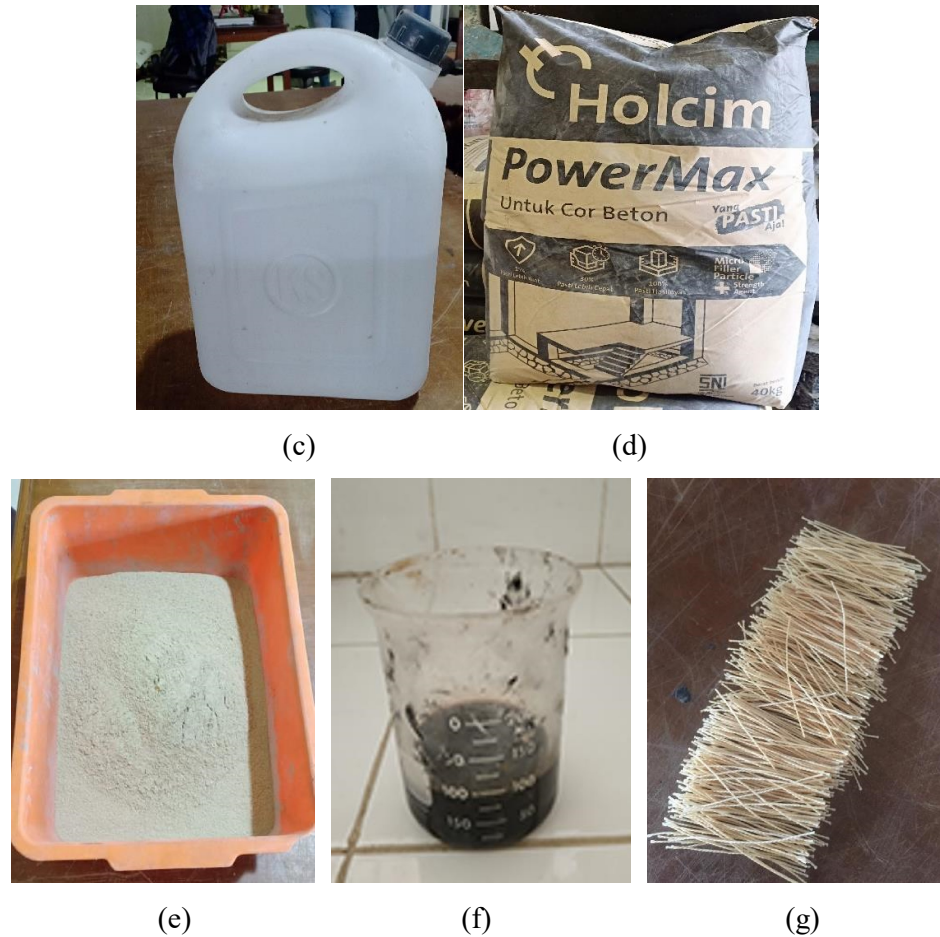
1. Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari kali Progo, Yogyakarta seperti pada Gambar 3.1 (a).
2. Agregat kasar (kerikil/*split*) yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta seperti pada Gambar 3.1 (b).
3. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan, Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta seperti pada Gambar 3.1 (c).
4. Semen yang digunakan yaitu semen *holcim powermax* berjenis *portland composite cement* (PCC) seperti pada Gambar 3.1(d).
5. Bahan tambah *pozzolan* yang digunakan yaitu *zeolite* yang berasal dari pabrik *zeolite*, Klaten seperti pada Gambar 3.1 (e).
6. Bahan tambah *superplasticizer* yang digunakan yaitu *sikament LN* yang berasal dari PT. Sika Indonesia seperti pada Gambar 3.1 (f).
7. Bahan tambah serat *nylon* yang digunakan berupa benang tukang dan kasur yang dipotong-potong setiap 50 mm seperti pada Gambar 3.1(g).



(a)

(b)

Gambar 3.1 Bahan-bahan penelitian: (a) Agregat halus dan (b) Agregat ka



Gambar 3.1 Bahan-bahan penelitian (lanjutan): (c) Air, (d) Semen, (e) Zeolite, (f) Superplasticizer, dan (g) Nylon

### 3.3. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan penelitian ini antara lain sebagai berikut ini.

#### 1. Meja Sebar (T50)

Meja sebar ini digunakan untuk pengujian T50 yang bertujuan untuk mengetahui *flowability* dari *self-compacting concrete*. Meja sebar memiliki dimensi dengan lingkaran berdiameter 500mm pada bagian tengah meja seperti pada Gambar 3.2 (a).

#### 2. Slump flow

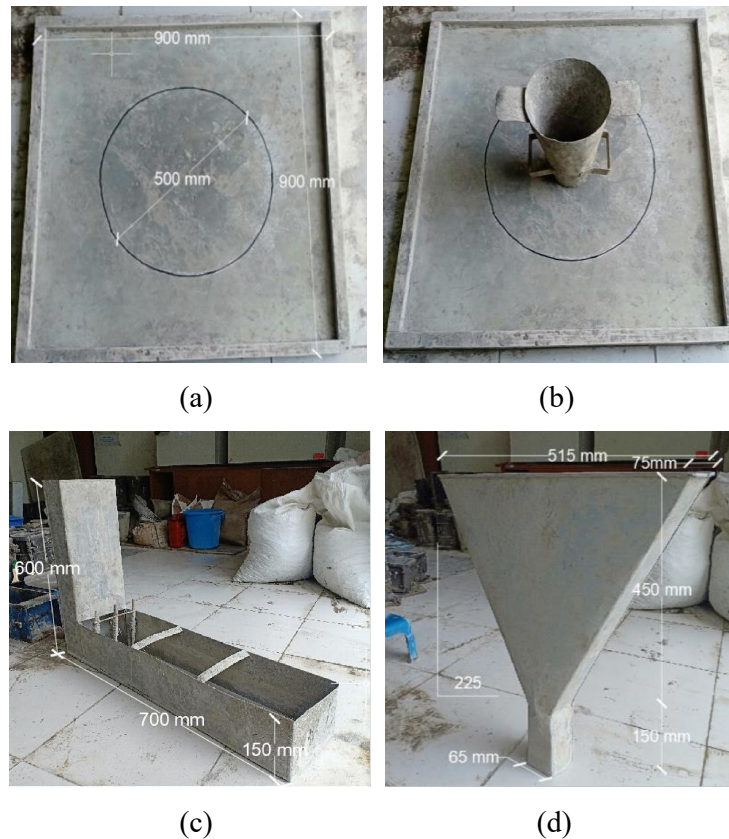
*Slump flow* digunakan untuk menentukan *flowability* serta kondisi *workability* dari campuran *self-compacting concrete*. Kerucut Abraham diletakkan pada meja sebar dengan dimensi kerucut bagian atas 100 mm dan bagian bawah 200 mm seperti pada Gambar 3.2 (b)

### 3. *L-Box*

*L-Box* digunakan untuk mengukur kemampuan *passing ability* dari *self-compacting concrete*. *L-box* menyerupai huruf L dan terdapat 2 (dua) atau 3 (tiga) buah tulangan vertikal pada pintu bukaan yang memiliki dimensi seperti pada Gambar 3.2 (c).

### 4. *V-Funnel*

*V-Funnel* digunakan untuk mengukur tingkat *viscosity* dan *flowability* dalam *self-compacting concrete*. Alat yang digunakan berbentuk V dengan bagian bawah yang memiliki pintu yang dapat dibuka dan ditutup yang memiliki dimensi seperti pada Gambar 3.2 (d).



Gambar 3.2 Alat pengujian *fresh properties*: (a) Meja sebar (T50), (b) *Slump flow*, (c) *L-Box*, (d) *V-Funnel*

### 5. Oven

Penelitian ini menggunakan oven untuk mengeringkan material dengan suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  dan mempunyai suhu maksimal sebesar  $220^{\circ}\text{C}$  seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Oven dengan suhu 105°C

6. *Mixer Concrete*

*Mixer* digunakan untuk pencampuran adukan beton, dengan kapasitas 40kg dan menggunakan tenaga listrik seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Mixer concrete*

7. *Mesin Los Angeles*

*Mesin Los Angeles* digunakan untuk menguji keausan agregat kasar seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Alat pengujian *Los Angeles*

### 8. *Compression Testing Machine*

Alat *compression testing machine* berfungsi untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik belah dengan memberikan pembebanan hingga mencapai beban maksimum seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Alat uji *Compression Testing Machine*

### 9. Alat-alat tambahan

Peralatan yang digunakan untuk membantu proses pengadukan beton dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a-h) yaitu sebagai berikut ini.

- a. Timbangan, digunakan untuk mengetahui berat bahan-bahan penyusun campuran beton
- b. Saringan, digunakan untuk memisahkan agregat yang terpakai dan tidak terpakai
- c. Gelas ukur, digunakan untuk menakar air dengan kapasitas 50 ml, 250 ml, dan 1000 ml
- d. Cetok dan sekop, digunakan untuk memasukkan campuran beton kedalam cetakan silinder
- e. Cetakan beton silinder, digunakan untuk mencetak beton dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
- f. Kerucut Abrams, digunakan untuk mengetahui flowability dan passing ability dengan pengujian slump flow dan meja sebar (T50).
- g. Kaliper, digunakan untuk mengukur dimensi benda uji dengan ketelitian 0,05 mm

- h. Wadah, digunakan untuk menampung beton segar dari *mixer* yang akan dipindahkan ke cetakan beton silinder



(e)

(f)

(g)



(a)



(b)



(e)



(f)



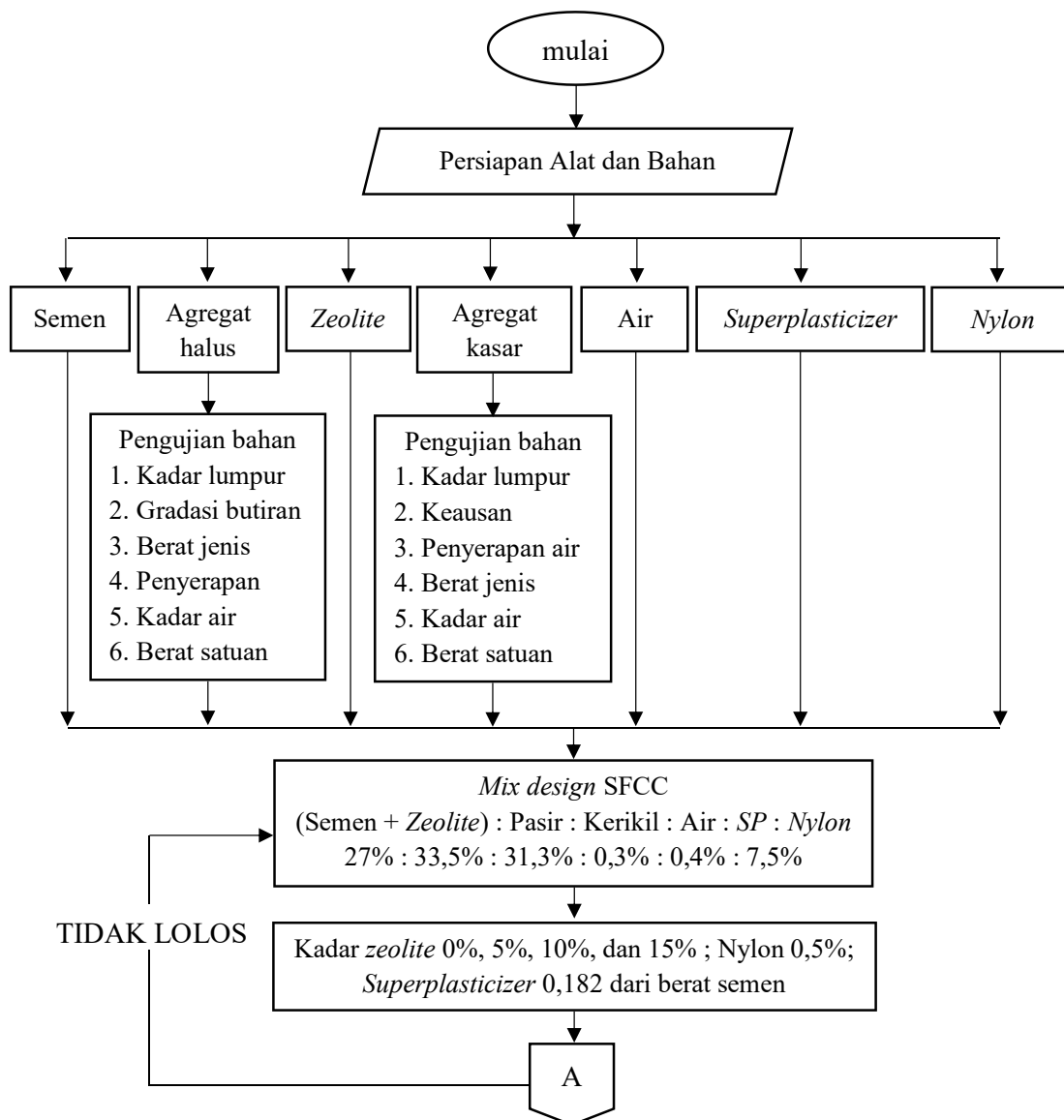
(g)

Gambar 3.7 Alat-alat tambahan: (a) Timbangan, (b) Saringan, (c) Gelas ukur, (d) Kaliper, (e) Wadah, (f) Cetok & Sekop, (g) Cetakan Silinder, (h) Kerucut *Abrahm*

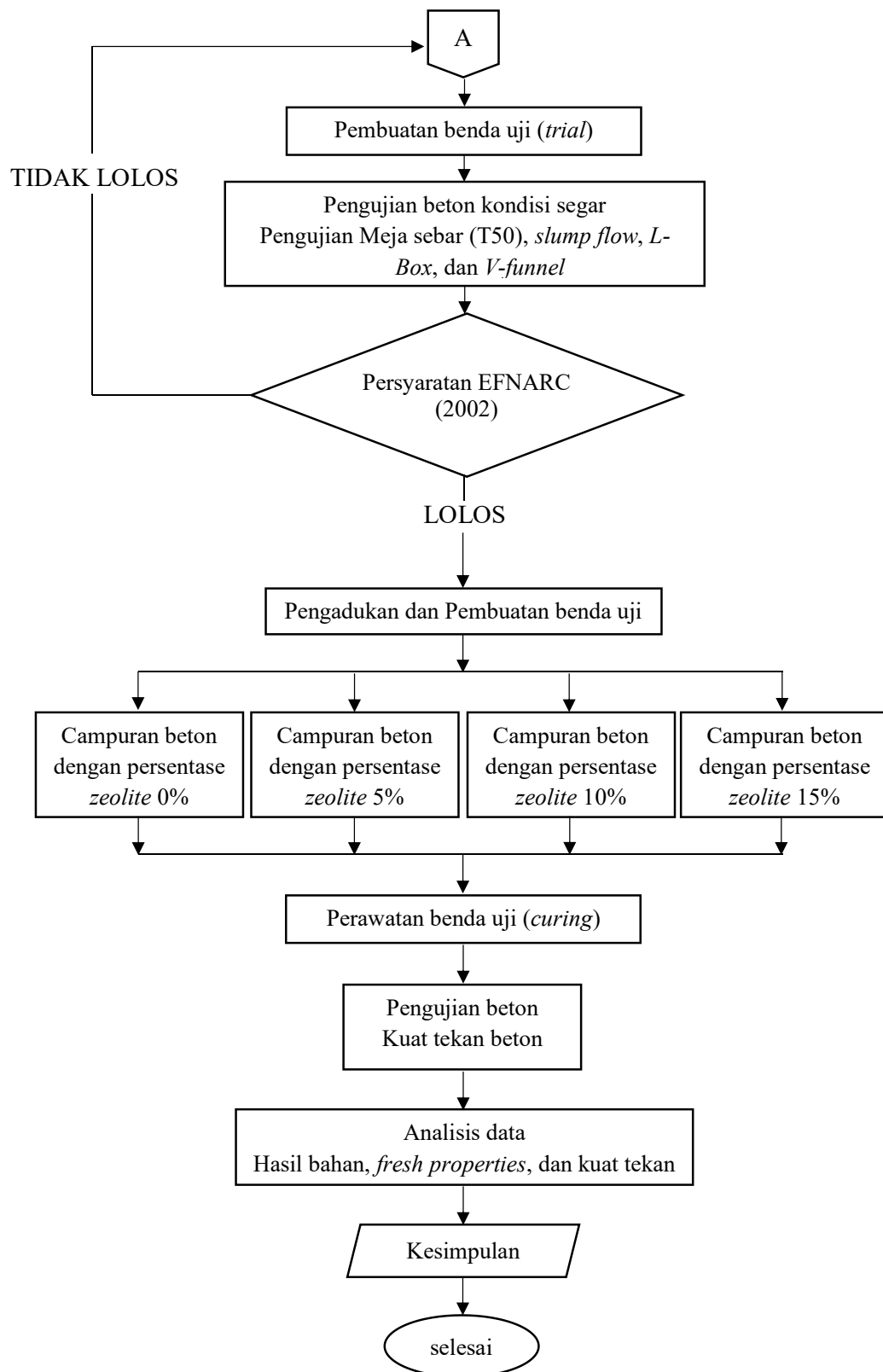
### 3.4. Alur Penelitian

#### 1. Bagan alir

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada studi literatur terdahulu dari beberapa jurnal internasional, untuk digunakan sebagai acuan pada pengujian dan standarisasi. Metode pada penelitian ini menggunakan metode ekperimental. Metode eksperimen umumnya dilakukan di laboratorium, untuk menemukan pengaruh satu variabel pada variabel lainnya. Metode ini menggunakan tahapan-tahapan atau bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Bagan alir penelitian



Gambar 3.8 Bagan alir penelitian (lanjutan)



## 2. *Mix Design*

*Mix design* beton yang digunakan pada penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Aggarwal dkk, (2008) dengan mutu rencana 30 MPa dan nilai Fas 0,28. Penelitian ini membuat benda uji sejumlah 27 buah beton dengan bahan tambah dan 9 buah beton normal. Keseluruhan benda uji akan digunakan untuk pengujian kuat tekan dengan variasi persentase *zeolite* 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen yang disajikan pada Tabel 3.1. *Mix design* dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.1 Benda uji dengan bahan tambah *nylon*, *superplasticizer* dan *zeolite*

Variasi <i>zeolite</i>	Dimensi (silinder) (cm)	Jenis Pengujian	Jumlah (buah)	Umur Pengujian (hari)
0%	D 15cm, T 30cm	Kuat tekan	2	7
			2	14
			2	28
5%	D 15cm, T 30cm	Kuat tekan	3	7
			3	14
			3	28
10%	D 15cm, T 30cm	Kuat tekan	3	7
			3	14
			3	28
15%	D 15cm, T 30cm	Kuat tekan	3	7
			3	14
			3	28

Tabel 3.2 *Mix design* per m<sup>3</sup>

<i>Zeolite</i> (%)	<i>Zeolite</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	Kerikil (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Superplasticier</i> (liter/m <sup>3</sup> )	<i>Nylon</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Air (liter/m <sup>3</sup> )
0	0	485	600	561	7,275	0	135
5	24,25	460,75	600	561	7,275	4,85	135
10	48,5	436,5	600	561	7,275	4,85	135
15	72,75	412,25	600	561	7,275	4,85	135

Tabel 3.3 *Mix design* per 3 benda uji dengan *factor safety* 0,5

<i>Zeolite</i> (%)	<i>Zeolite</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	Kerikil (kg/m <sup>3</sup> )	<i>Superplasticier</i> (liter/m <sup>3</sup> )	<i>Nylon</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Air (liter/m <sup>3</sup> )
0	0	12,14	11,02	14,04	0,182	0	3,378
5	0,61	11,53	11,02	14,04	0,182	0,121	3,378
10	1,21	10,92	11,02	14,04	0,182	0,121	3,378
15	1,82	10,32	11,02	14,04	0,182	0,121	3,378

### 3.5. Prosedur Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material

Pemeriksaan sifat fisik dan sifat mekanik material campuran beton dilakukan untuk memenuhi kelayakan bahan penyusun beton yang bertujuan sebagai standarisasi dalam pembuatan *mix design*. Pengujian material bahan penyusun beton meliputi agregat halus, agregat kasar, dan *zeolite*. Pemeriksaan dari masing-masing sifat fisik dan sifat mekanik adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Pengujian agregat halus

##### a. Pemeriksaan kadar lumpur (BSN, 2012)

- 1) Benda uji kering oven diambil seberat 500 gram ( $B_1$ ).
- 2) Benda uji tersebut dicuci hingga air pencucian bersih atau bahan halus yang lolos saringan nomor 200 (0,075) telah terpisah sempurna.
- 3) Benda uji kemudian dioven kembali pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 24 jam.
- 4) Benda uji setelah kering kemudian ditimbang kembali ( $B_2$ ).
- 5) Perhitungan untuk pengujian kadar lumpur sebagai berikut.

$$= \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots\dots\dots 3.1$$

##### b. Pemeriksaan gradasi agregat halus (ASTM, 1986)

- 1) Benda uji dikeringkan dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.
- 2) Saringan diatur menurut susunannya yaitu saringan dengan nomor 4, 8, 16, 30, 50, 100, dan pan.
- 3) Pasir disaring dengan ayakan yang telah disusun dengan menggunakan mesin penggerak ayakan selama 15 menit.
- 4) Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang.

##### c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (BSN, 2008a)

- 1) Agregat halus disiapkan 1 kg.
- 2) Agregat halus dikeringkan dalam pada temperatur  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ , lalu biarkan mendingin sampaur temperatur yang dapat dikerjakan.
- 3) Agregat halus direndam dalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam kemudian air perendaman dikeluarkan.

- 4) Agregat halus dikeringkan pada suhu ruangan hingga keadaan jenuh kering maa (SSD).
  - 5) Agregat halus dalam kondisi SSD dimasukkan ke dalam piknometer ( $500 \pm 10$ ) gram. Air destilasi ditambahkan sampai 90% penuh. Hilangkan gelembung udara yang terdapat didalam air dengan cara putar piknometer dan digunangkan dengan tangan.
  - 6) Agregat halus dikeluarkan dari dalam piknometer, dikeringkan dengan oven pada temperatur ( $110 \pm 10$ ) °C, dinginkan pada temperatur ruangan hingga berat tetap, lalu beratnya ditimbang.
  - 7) Piknometer berisi air ditimbang beratnya sampai batas pembacaan yang ditentukan pada ( $23 \pm 2$ ) °C.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat halus
- 1) Wadah ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_1$ ).
  - 2) Pasir dimasukkan kedalam wadah dan dicatat beratnya ( $W_2$ ).
  - 3) Benda uji dihitung beratnya ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
  - 4) Benda uji dimasukkan kedalam oven dengan suhu ( $110 \pm 5$ )°C sampai beratnya tetap.
  - 5) Timbang berat setelah dikeringkan didalam oven ( $W_4$ ).
  - 6) Berat benda uji kering dihitung ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).
- e. Pemeriksaan berat satuan agregat halus (BSN, 1998)
- 1) Sepertiga volume cetakan silinder beton diisi agregat halus.
  - 2) Lapisan pertama dipadatkan dengan cara ditusuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan batang penusuk yang terbuat dari baja yang berdiameter 16 mm dan panjang 610 mm.
  - 3) Silinder diisi lagi sepertiga hingga mencapai dua per tiga penuh kemudian dipadatkan, Silinder diisi lagi hingga penuh.
  - 4) Berat silinder beserta agregat halus dan berat silinder kosong ditimbang.
2. Pengujian agregat kasar
- a. Pemeriksaan kandungan lumpur (BSN, 1989)
- 1) Kerikil dikeringkan dengan suhu ( $110 \pm 5$ )°C kemudian ditimbang dan diambil sampelnya sebanyak 5000 gram ( $B_1$ ).

- 1) Kerikil dicuci sampai bersih, setelah itu kerikil dikeluarkan dari cawan dengan hato-hati agar tidak ada pengurangan berat.
  - 2) Kerikil di oven kembali dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam hingga beratnya tetap, kemudian timbang.(B<sub>2</sub>).
  - 3) Kadar lumpur diperoleh dari perhitungan dengan rumus 3.2.  

$$= \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$
- b. Pemeriksaan keausan agregat kasar (BSN, 2008b)
- 1) Kerikil dicuci dan dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
  - 2) Kerikil dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi *los angeles*.
  - 3) Putar mesin dengan kecepatan 30 rpm - 33 rpm dengan jumlah putaran sebanyak 500 kali.
  - 4) Setelah selesai pemutaran, keluarkan kerikil dari mesin kemudian saring dengan saringan no.12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci hingga bersih dan dikeringkan dalam oven pada temperatur  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (BSN, 2008c)
- 1) Kerikil dicuci hingga bersih.
  - 2) Kerikil dikeringkan didalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
  - 3) Kerikil dikeluarkan oven dan didinginkan pada suhu ruang kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
  - 4) Kerikil direndam dalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam.
  - 5) Kerikil dikeluarkan dari air rendaman dan keringkan hingga kondisi jenuh kering muka.
  - 6) Kerikil kondisi jenuh kering muka ditimbang beratnya.
  - 7) Kerikil ditempatkan didalam wadah lalu ditimbang beratnya dalam air.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat kasar
- 1) Wadah ditimbang beratnya (W<sub>1</sub>).
  - 2) Kerikil dimasukkan kedalam wadah kemudian ditimbang beratnya (W<sub>2</sub>).

- 3) Berat kerikil dihitung ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
  - 4) Kerikil dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.
  - 5) Keluarkan kerikil dari oven, lalu tunggu hingga beratnya tetap.
  - 6) Kerikil beserta nampan ditimbang beratnya ( $W_4$ ).
  - 7) Berat benda uji kering dihitung ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).
- e. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar (BSN, 1998)
- 1) Sepertiga volume cetakan silinder beton diisi agregat kasar.
  - 2) Lapisan pertama dipadatkan dengan cara ditusuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan batang penusuk yang terbuat dari baja yang berdiameter 16 mm dan panjang 610 mm.
  - 3) Silinder diisi lagi sepertiga hingga mencapai dua per tiga penuh kemudian dipadatkan seperti langkah pertama.
  - 4) Silinder diisi lagi hingga penuh dan dipadatkan hingga memenuhi permukaan.
  - 5) Berat silinder beserta agregat kasar dan berat silinder kosong ditimbang.

### 3. Zeolite

*Zeolite* yang digunakan berasal dari perusahaan dan pusat penggilingan *zeolite-dolomit-kalsir-betonik*, dll. Perusahaan ini memperoleh bahan *zeolite* alam dari daerah pegunungan kapur di Bayat, Klaten dan dari pegunungan Wonosari, Yogyakarta. Kadar senyawa penyusun *zeolite* dapat dilihat pada Tabel 3.4. (Riyani, Anisa., 2015)

Tabel 3.4 kadar senyawa penyusun zeolite (Riyani, Anisa., 2015)

Senyawa	Kadar (%)
SiO <sub>2</sub>	72,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,48
K <sub>2</sub> O	3,24
Na <sub>2</sub> O	1,91
CaO	2,04

### 3.6. Prosedur Pengujian Beton Segar

*Self-compacting concrete* merupakan beton yang harus melakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui beton SCC masuk dalam spesifikasi tidaknya. Beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian Meja sebar (T50), *Slump flow*, *V- Funnel*, *L-Box*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai *flowability*, *viscosity*, *passing ability*, *Segregation resistance*. Prosedur pengujian beton segar (*fresh properties*) memiliki langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Meja Sebar (T50)
  - a. Peralatan disiapkan untuk pengujian T50, seperti meja sebar (plat baja), *stopwatch*, dan kerucut *abrams*.
  - b. Kerucut *abrams* diletakkan diatas plat baja pada permukaan yang datar.
  - c. Kerucut *abrams* diletakkan pada posisi diameter 10 cm dibagian bawah dan diameter 20 cm diatas.
  - d. Kerucut *abrams* diisi dengan beton segar sampai penuh.
  - e. Kerucut *abrams* diangkat perlahan hingga campuran beton mengalir
  - f. Durasi waktu yang diperlukan beton segar untuk mencapai diameter 500 mm di catat dan mengukur diameter sebaran maksimum beton segar.
2. *Slump flow*
  - a. Peralatan disiapkan untuk pengujian meja sebar (plat baja), seperti kerucut *abrams*, dan penggaris.
  - b. Kerucut *abrams* diletakkan diatas plat baja pada permukaan yang datar.
  - c. Kerucut *abrams* diletakkan terbalik, diameter bagian bawah 10 mm dan bagian atas 20mm.
  - d. Kerucut *abrams* dimasukkan beton segar langsung dari mesin mixer hingga memenuhi kerucut.
  - e. Kerucut *abrams* diangkat keatas dengan sekali gerakan.
  - f. Diameter sebaran maksimum beton segar diukur menggunakan penggaris.
3. *V-Funnel*
  - a. Peralatan disiapkan untuk pengujian *V-Funnel*, seperti wadah, *stopwatch*, dan *v-funnel*.

- b. Bagian bawah *v-funnel* ditutup dan letakkan diatas wadah.
  - c. *V-funnel* diisi dengan beton segar sampai penuh.
  - d. Penutup *v-funnel* bawah dibuka dengan diringi perhitungan penurunan aliran menggunakan *stopwatch*
  - e. Durasi waktu penurunan aliran beton segar yang disyaratkan yaitu 6-12 detik.
4. *L-Box*
- a. Peralatan disiapkan untuk pengujian *L-Box*, seperti *l-box*, *stopwatch*, dan penggaris.
  - b. Penutup *l-box* bagian bawah ditutup terlebih dahulu.
  - c. *L-box* diisi dengan beton segar sampai penuh.
  - d. Penutup bagian bawah dibuka, dan amati penurunan beton segar.
  - e. Ketinggian beton segar *self-compacting concrete* diukur bagian depan (hulu) dan bagian belakang (hilir) pada *l-box*.
  - f. *Self-compacting concrete* (SCC) berdasarkan rasio ketinggian akhir ( $H2/H1$ ) yaitu  $\geq 0,8$ .

### 3.7. Prosedur Pencampuran Bahan

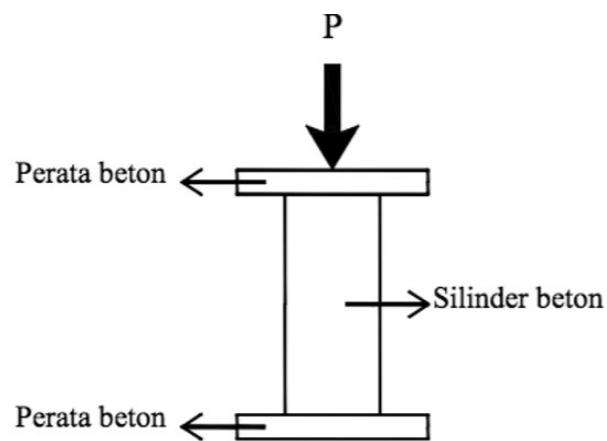
Tahapan pencampuran beton menggunakan acuan sebagaimana tercantum dalam (BSN, 2011) sebagai berikut ini.

1. Agregat halus, semen dan bahan tambah zeolite dimasukkan kedalam mixer tanpa penambahan air.
2. Mesin mixer diputar hingga bahan-bahan tercampur merata.
3. Agregat kasar ditambahkan kedalam mesin.
4. Mesin mixer diputar kembali hingga bahan-bahan tercampur merata.
5. Air dan superplasticizer ditambahkan kedalam campuran hingga campuran beton seragam.
6. Serat nylon ditambahkan sedikit demi sedikit. Setiap penambahan serat, mesin diputar 1 sampai 2 kali meratakan serat. Pemutaran yang berlebih menyebabkan serat menggumpal pada campuran.

### 3.8. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan membandingkan hasil kuat tekan dengan kuat tekan rencana. Pengujian kuat tekan

beton dilakukan setelah melalui proses pengecoran, pencetakan, dan perawatan (*curing*). Beton diuji pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari menggunakan *compression testing machine* yang dapat menghasilkan nilai kuat tekan secara akurat. Benda uji beton diukur dimensinya berupa diameter dan tinggi beton untuk menjadi acuan mesin. Benda uji diberikan beban maksimum hingga mencapai nilai tertinggi dan terjadi ratakan hingga hancur seperti pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10. Pengujian dilaksanakan di Labororium Teknologi Bahan Kontruksi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Nilai hasil uji kuat tekan dapat dipergunakan sebagai acuan.



Gambar 3.9 Skema pengujian kuat tekan beton



Gambar 3.10 Benda uji pada mesin *Compression Testing Machine*



Adapun hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton sebagai berikut ini.

1. Faktor air semen (FAS).
2. Jenis semen.
3. Sifat agregat.
4. Perawatan beton (*curing*).
5. Umur beton.

### **3.9. Analisis dan Hasil**

Setelah pengujian selesai, maka didapat data yang nantinya digunakan untuk pembahasan dan kesimpulan penelitian ini. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut ini.

1. Data pengujian sifat fisik dan mekanik material
  - a. Agregat halus.
  - b. Agregat kasar.
2. Data pengujian beton segar
  - a. Meja sebar (T50).
  - b. *Slump flow*
  - c. *V-Funnel*.
  - d. *L-Box*.
3. Hasil kuat tekan self-compacting concrete