

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1) Meja Sebar (T_{50})

Meja sebar digunakan untuk pengujian *slump flow* dan T_{50} yang bertujuan mengetahui *flowability* dari beton *Self-Compacting Concrete* (SCC). Meja sebar berbentuk papan datar dengan lingkaran berdiameter 500 mm pada bagian tengah meja seperti pada Gambar 3.1 (a).

2) *V-funnel*

V-funnel digunakan untuk mengetahui kemampuan beton dalam mengisi ruangan atau *fillingability*. *V-funnel* merupakan sebuah corong berbentuk V dengan bukaan kecil pada bagian bawah seperti pada Gambar 3.1 (b).

3) *L-box*

L-box digunakan untuk mengetahui kemampuan beton melewati tulangan (*blocking*) tanpa terjadi segregasi atau disebut *flowability blocking*. Alat *L-box* berupa dua buah balok vertikal dan horizontal yang tersusun menyerupai huruf L, dan terdapat 3 (tiga) buah tulangan vertikal pada bagian pintu bukaan seperti pada Gambar 3.1 (c).

4) Kerucut abrams

Kerucut abrams digunakan untuk pengujian *slump flow* dan T_{500} . Kerucut abram digunakan untuk menampung campuran beton dan menyebarkannya diatas meja sebar. Kerucut abram memiliki diameter kecil 10 cm dan diameter besar 20 cm, tinggi kerucut 30 cm seperti yang ada pada Gambar 3.1 (d).

5) *Mixer*

Mixer digunakan untuk mencampur bahan-bahan dalam pembuatan beton *Self-Compacting Concrete (SCC)*. *Mixer* ini digerakkan oleh mesin yang bergerak dengan bantuan energi listrik seperti pada Gambar 3.1 (e).

6) Mesin Uji Tarik Belah

Mesin yang digunakan untuk uji tarik belah sama dengan mesin yang digunakan untuk uji tekan yaitu menggunakan *Universal Compression Tester Machine* yang terhubung dengan computer seperti pada Gambar 3.1 (f).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3.1 Peralatan penelitian: (a) meja sebar; (b) *v-funnel*; (c) *l-box*; (d) kerucut abrams; (e) *mixer*; dan (f) *compression tester machine*

3.3 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain sebagai berikut ini.

1) Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir dari Kali Progo, Kabupaten Kulonprogo seperti pada Gambar 3.2 (a).

2) Agregat kasar (kerikil/split)

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa split dari Clereng, Kabupaten Kulonprogo. Split yang digunakan memiliki bentuk yang tajam (tidak bulat/lonjong) agar antar agregat bisa saling mengunci dan berdiameter maksimum 20 mm seperti pada Gambar 3.2 (b).

3) Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah merk *Holcim Powermax* seperti pada Gambar 3.2 (c). Semen ini khusus digunakan dalam pengecoran beton seperti cor kolom, balok, dan pelat lantai.

4) Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta seperti pada Gambar 3.2 (d).

5) *Silica Fume*

Silica Fume yang digunakan adalah produk *Sika Fume* dari PT. Sika Indonesia seperti pada Gambar 3.2 (e).

6) *Superplasticizer*

Superplasticizer digunakan untuk mengurangi pemakaian air. Pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* berupa *Sikament LN* yang dapat mereduksi air dan mempercepat pengerasan. Produk ini diproduksi oleh PT. Sika Indonesia seperti pada Gambar 3.2 (f).

7) Serat *Nylon*

Serat *nylon* yang digunakan berupa benang tukang dan kasur yang dipotong per 5 cm seperti pada Gambar 3.2 (g).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 3.2 Bahan-bahan penelitian: (a) pasir; (b) kerikil; (c) semen; (d) air; (e) *silica fume*; (f) *superplasticizer*; dan (g) serat *nylon*

3.4 Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Material

Pemeriksaan sifat fisis dan mekanis dari material yang digunakan bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari material penyusun campuran beton. Prosedur pengujian sifat fisis dan mekanis material sebagai berikut ini.

3.4.1 Pengujian Agregat Halus

- a. Pemeriksaan gradasi agregat halus (ASTM, 2014)
 - 1) Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ dan diambil sampel sebanyak 1000 gram.
 - 2) Saringan disusun dengan urutan nomor saringan 4, 8, 16, 30, 50, 100, dan pan
 - 3) Benda uji dimasukkan kedalam saringan lalu diayak menggunakan mesin *sieve shaker* selama 15 menit.
 - 4) Butiran yang tertahan pada tiap saringan ditimbang untuk memperoleh nilai modulus halus butiran.
- b. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (BSN, 2012)
 - 1) Benda uji kering oven disiapkan sebanyak 500 gram (B1).
 - 2) Saringan no. 200 dalam keadaan kosong ditimbang.
 - 3) Benda uji dimasukkan kedalam saringan lalu dicuci hingga air bekas cucian jernih.
 - 4) Benda uji dikeringkan dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
 - 5) Benda uji kering oven ditimbang kembali sehingga diperoleh berat benda uji setelah dicuci (B2).
 - 6) Persentase kadar lumpur dihitung menggunakan Persamaan (3.1) berikut ini.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.1)$$
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (BSN, 2008)
 - 1) Benda uji disiapkan dalam keadaan jenuh kering permukaan.
 - 2) Piknometer dalam keadaan kosong ditimbang.
 - 3) Benda uji dalam keadaan jenuh kering permukaan dimasukkan kedalam piknometer sebanyak (500 ± 10) gram.

- 4) Piknometer berisi benda uji diisi air sebanyak 90 % penuh dan diguncangkan untuk menghilangkan udara yang terperangkap diantara butiran.
 - 5) Piknometer berisi benda uji diisi air hingga penuh dan ditimbang.
 - 6) Air didalam piknometer dibuang dan benda uji dipindahkan kedalam wadah untuk selanjutnya dikeringkan dalam oven selama 24 jam.
 - 7) Piknometer kosong diisi air hingga penuh dan ditimbang.
 - 8) Benda uji kering oven bersama wadah ditimbang kembali.
 - 9) Wadah kosong ditimbang dan diperoleh berat benda uji kering oven.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat halus (BSN, 2011).
- 1) Benda uji disiapkan seberat 500 gram (W_1).
 - 2) Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
 - 3) Benda uji kering oven ditimbang kembali (W_2).
 - 4) Kadar air agregat halus dihitung dengan Persamaan (3.2) berikut ini.

$$\text{Kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.2)$$
- e. Pemeriksaan berat satuan agregat halus (BSN, 1998).
- 1) Silinder diisi benda uji sebanyak sepertiga dari total volume silinder.
 - 2) Benda uji dipadatkan dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
 - 3) Silinder diisi kembali hingga dua per tiga penuh dan dipadatkan seperti langkah nomor 2 (dua).
 - 4) Silinder diisi hingga berlebih dan ditusuk kembali.
 - 5) Permukaan agregat diratakan dan ditimbang silinder yang berisi benda uji.
 - 6) Silinder kosong ditimbang untuk memperoleh berat kosong.

3.4.2 Pengujian Agregat Kasar

- a. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar (BSN, 2012).
- 1) Benda uji kering oven disiapkan sebanyak 2500 gram (B1).
 - 2) Saringan no. 200 dalam keadaan kosong ditimbang.

- 3) Benda uji dimasukkan kedalam saringan lalu dicuci hingga air bekas cucian jernih.
 - 4) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
 - 5) Benda uji kering oven ditimbang kembali sehingga diperoleh berat benda uji setelah dicuci (B2).
 - 6) Persentase kadar lumpur dihitung menggunakan Persamaan (3.1) diatas.
- b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (BSN, 2008)
- 1) Benda uji kering oven disiapkan dan direndam selama 24 jam.
 - 2) Air rendaman dibuang dan benda uji dikeringkan dengan cara digulingkan pada kain yang dapat menyerap air hingga mencapai kondisi jenuh kering permukaan.
 - 3) Benda uji ditimbang sebanyak 3000 gram.dan dimasukkan kedalam keranjang kawat yang sudah terhubung dengan timbangan.
 - 4) Keranjang kawat diturunkan hingga seluruh agregat terendam air dan diguncangkan untuk menghilangkan udara yang terperangkap.
 - 5) Keranjang berisi benda uji ditimbang didalam air.
 - 6) Benda uji diangkat dan dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
 - 7) Benda uji kering oven ditimbang kembali.
- c. Pemeriksaan keausan agregat kasar (BSN, 2008).
- 1) Benda uji dikeringkan dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
 - 2) Benda uji berukuran $\frac{3}{4}$ sampai $\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{3}{8}$ ditimbang masing-masing 2500 gram, lalu benda uji digabungkan.
 - 3) Benda uji dimasukkan kedalam mesin abrasi bersama 11 buah bola baja.
 - 4) Mesin abrasi diputar dengan kecepatan 30 – 33 rpm sebanyak 500 putaran.
 - 5) Benda uji dikeluarkan dari mesin abrasi dan disaring menggunakan saringan nomor 12.

- 6) Benda uji yang tertahan di saringan dicuci dan dikeringkan dalam oven.
- 7) Benda uji kering oven ditimbang kembali, keausan agregat dapat dihitung dengan Persamaan (3.3) berikut ini.

$$\text{Keausan} = \frac{X-Y}{X} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.3)$$

d. Pemeriksaan kadar air agregat kasar (BSN, 2011).

- 1) Benda uji disiapkan seberat 3000 gram (W_1).
- 2) Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- 3) Benda uji kering oven ditimbang kembali (W_2).
- 4) Kadar air agregat halus dihitung sama dengan Persamaan (3.2).

e. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar (BSN, 1998).

- 1) Silinder diisi benda uji sebanyak sepertiga dari total volume silinder.
- 2) Benda uji dipadatkan dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
- 3) Silinder diisi kembali hingga dua per tiga penuh dan dipadatkan seperti langkah nomor 2 (dua).
- 4) Silinder diisi hingga berlebih dan ditusuk kembali.
- 5) Permukaan agregat diratakan dan ditimbang silinder yang berisi benda uji.
- 6) Silinder kosong ditimbang untuk memperoleh berat kosong.

3.5 Pengujian Beton Segar

Untuk mengetahui karakteristik beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) perlu dilakukan pemeriksaan *fresh properties* untuk memperoleh nilai *filling ability*, *passing ability*, dan *flowability*. Prosedur pengujian dapat diuraikan sebagai berikut ini.

3.5.1. Meja Sebar (T_{500})

- 1) Meja sebar diletakkan pada area yang datar.
- 2) Kerucut *abrams* diletakkan diatas meja dengan posisi terbalik yaitu diameter kecil berada dibawah, dan diameter besar berada diatas.
- 3) Kerucut *abrams* diisi beton hingga penuh tanpa pemadatan.

- 4) Kerucut *abrams* diangkat keatas tegak lurus secara perlahan sehingga campuran beton menyebar diatas meja.
- 5) Waktu diukur saat campuran beton mencapai diameter 500 mm untuk memperoleh hasil uji T_{500} .

3.5.2. *L-box*

- 1) *L-box* diletakkan pada area yang datar dan pintu bukaan dipastikan dapat terbuka dengan lancar lalu pintu ditutup rapat.
- 2) Beton segar dituang kedalam *L-box* hingga penuh.
- 3) Pintu bukaan dibuka sehingga campuran beton mengalir pada *L-box*.
- 4) Beda tinggi campuran yang mengalir diukur pada bagian hulu dan hilir *L-box* (H_2/H_1) $\geq 0,8$.

3.5.3. *V-funnel*

- 1) *V-funnel* disiapkan bersama dengan papan penutup dan *stopwatch*.
- 2) Lubang *v-funnel* bagian bawah ditutup dengan papan.
- 3) *V-funnel* diisi dengan campuran beton segar sampai penuh.
- 4) Papan penutup pada bagian bawah dibuka bersamaan dengan dimulainya waktu pengukuran.
- 5) Waktu pengukuran dari campuran beton mengalir kebawah hingga habis yaitu 6 – 12 detik.

3.5.4. *Slump Flow*

- 1) Meja sebar diletakkan pada area yang datar.
- 2) Kerucut *abrams* diletakkan diatas meja sebar dengan diameter kecil berada dibawah, dan diameter besar berada diatas.
- 3) Kerucut *abrams* diisi beton hingga penuh tanpa pemadatan.
- 4) Kerucut *abrams* diangkat keatas tegak lurus secara perlahan sehingga campuran beton menyebar diatas meja.
- 5) Campuran beton ditunggu hingga berhenti mengalir
- 6) Diameter akhir diukur dari sebaran beton yang terpanjang dan diambil nilai rata-rata pada rentang 650 - 800 mm.

3.6 Mix Design

Mix design yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana 30 MPa dengan nilai f_{as} 0,23 dan mengacu pada penelitian Aggarwal dkk, (2008). Persentase *silica fume* yang digunakan yaitu 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 % dengan persentase serat *nylon* 1 %. Tabel 3.1 menyajikan *mix design* beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) per m³.

Tabel 3.1 *Mix design* per m³

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

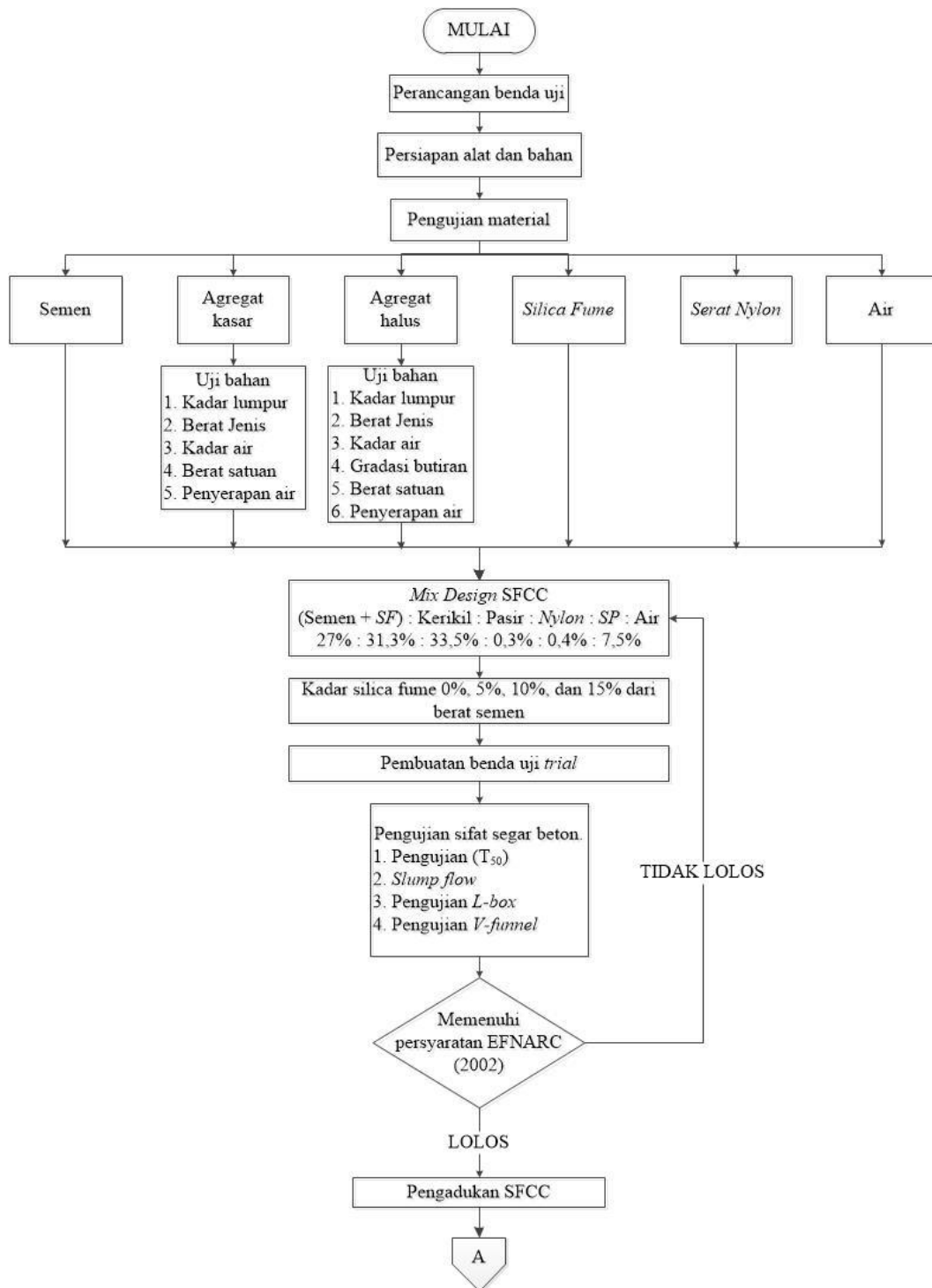
Mix design untuk adukan dengan kebutuhan sebanyak 3,5 benda uji ada pada Tabel 3.2. Kebutuhan *mix design* yang digunakan untuk 3,5 benda uji sebagai berikut ini.

Tabel 3.2 *Mix design* untuk 3,5 benda uji

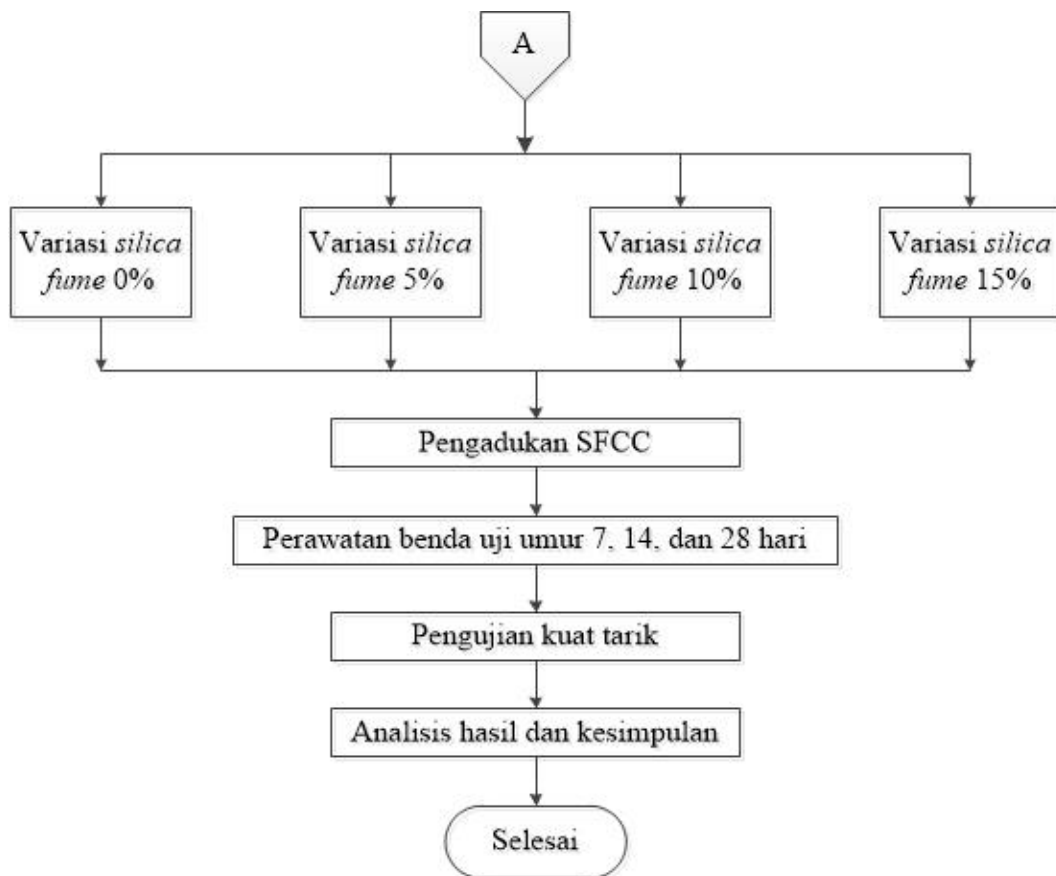
	Persentase <i>Silica Fume</i>			
	0 %	5 %	10 %	15 %
Semen (kg)	12,137	11,530	10,923	10,317
Pasir (kg)	15,015	15,015	15,015	15,015
Kerikil (kg)	14,039	14,039	14,039	14,039
Air (liter)	3,378	3,378	3,378	3,378
<i>Silica Fume</i> (kg)	-	0,607	1,214	1,821
Serat <i>Nylon</i> (kg)	-	0,121	0,121	0,121
<i>Superplasticizer</i> (liter)	0,182	0,182	0,182	0,182

3.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir pada penelitian ini terdapat pada Gambar 3.3 sebagai berikut ini.



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian (lanjutan)

3.8 Prosedur Pencampuran Bahan

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

- 1) Agregat halus, semen, dan bahan tambah berupa *silica fume* dimasukkan kedalam mesin pengaduk tanpa penambahan air.
- 2) Mesin diputar hingga bahan-bahan tercampur merata.
- 3) Agregat kasar ditambahkan kedalam mesin dan mesin diputar hingga campuran merata.
- 4) Air dan *superplasticizer* ditambahkan kedalam campuran hingga campuran beton seragam.
- 5) Serat *nylon* ditambahkan sedikit demi sedikit. Setiap penambahan serat, mesin diputar 1 sampai 2 kali meratakan serat. Pemutaran yang terlalu lama menyebabkan serat menggumpal pada campuran.