

BAB III.

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi

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

3.2. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- a. Cetakan silinder beton dapat dilihat pada Gambar 3.1.
- b. *Mixer* disajikan pada Gambar 3.2.
- c. Kerucut abram disajikan pada Gambar 3.3.
- d. Nampan baja disajikan pada Gambar 3.4.
- e. Batang besi penusuk/ pemadat beton segar disajikan pada Gambar 3.5.
- f. Tabung *erlenmeyer* disajikan pada Gambar 3.6.
- g. Gelas ukur 10 ml disajikan pada Gambar 3.7.
- h. Sekop kecil/ sendok pengaduk disajikan pada Gambar 3.8.
- i. Meteran disajikan pada Gambar 3.9.
- j. Mesin uji tekan beton merek Hung Ta disajikan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.1 Cetakan silinder beton



Gambar 3.2 *Mixer*



Gambar 3.3 Kerucut abram



Gambar 3.4 Nampan baja



Gambar 3.5 Batang besi penusuk/ pematat beton segar



Gambar 3.6 Tabung *Erlenmeyer*



Gambar 3.7 Gelas ukur 10 ml



Gambar 3.8 Sekop kecil/ sendok pengaduk



Gambar 3.9 Meteran



Gambar 3.10 Mesin uji tekan beton merek Hung Ta

3.3. Material dan Bahan

Adapun material dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini.

a. Agregat halus

1) Pasir

Pasir seperti pada gambar 3.11 merupakan pasir alam yang digunakan pada penelitian ini. Pasir pada penelitian ini berasal dari Sungai Progo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DIY dan berukuran 4,75 mm atau lolos saringan No. 4.



Gambar 3.11 Agregat halus (pasir)

2) Limbah abu batu *stone crusher*

Limbah abu batu yang digunakan lolos saringan No. 4 atau ukuran 4,75 mm disajikan pada gambar 3.12. Limbah abu batu berasal dari PT. Bumi Berkah Mandiri Kecamatan Kebasen, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 3.12 Limbah abu batu *stone crusher*

b. Agregat kasar

Agregat kasar seperti pada gambar 3.13 merupakan kerikil yang lolos saringan No. $\frac{3}{4}$ atau ukuran 19 mm. Kerikil yang digunakan pada penelitian ini dihasilkan dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta.



Gambar 3.13 Agregat kasar

c. Air

Air seperti gambar 3.14 merupakan air yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.14 Air

d. Semen

Semen seperti pada gambar 3.15 merupakan semen *portland* dengan tipe *powermax* merek Holcim. Adapun kandungan senyawa dalam semen disajikan pada tabel 3.1.



Gambar 3.15 Semen

Tabel 3.1 Kandungan senyawa-senyawa dalam semen (Samekto dan Ramadiyanto, 2001)

Mineral-mineral Klinker	Rumus Kimia	Rumus Singkatan	Kadar Rata-rata (%)
----------------------------	-------------	-----------------	---------------------

<i>Trikalsium silikat</i>	3 CaO. SiO ₂	C ₃ S	37-60
<i>Dikalsium silikat</i>	2 CaO. SiO ₂	C ₂ S	15-37
<i>Trikalsium alminat</i>	3 CaO. Al ₂ O ₃	C ₃ A	7-15
<i>Tetra kalsium</i>			
<i>Alumina ferit</i>	4 CaO. Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃ .	C ₄ AF	10-20
Kapur bebas	CaO	-	≤ 1
Batu tahu (gips)	CaCO ₄	-	≤ 3

e. *Fly ash*

Fly ash yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini berasal dari CV. Lestari seperti pada Gambar 3.16. Proporsi *fly ash* yang digunakan sebesar 40% mengikuti saran dari Sivasundaram dkk. (1990) yang menyatakan batas maksimum substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 40%. *Fly ash* yang digunakan berwarna kecoklatan seperti yang disajikan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.16 *Fly ash*



Gambar 3.17 *Fly ash*

f. *Admixture*

1) *Superplastisizer*

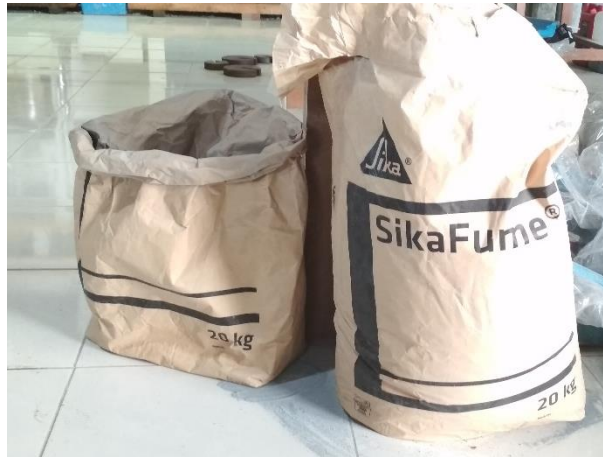
Superplastisizer yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis *viscocrete* dari merek Sika seperti yang disajikan pada Gambar 3.18. Penggunaan *superplastisizer* penelitian ini sebesar 0,5% berat semen. Persentase penggunaan *superplastisizer* mengacu pada penelitian Amran (2014) yang menunjukkan penggunaan *superplastisizer* sebesar 0,5% menghasilkan peningkatan kuat tekan sebesar 23,5% dari beton normal.



Gambar 3.18 *Superplastisizer*

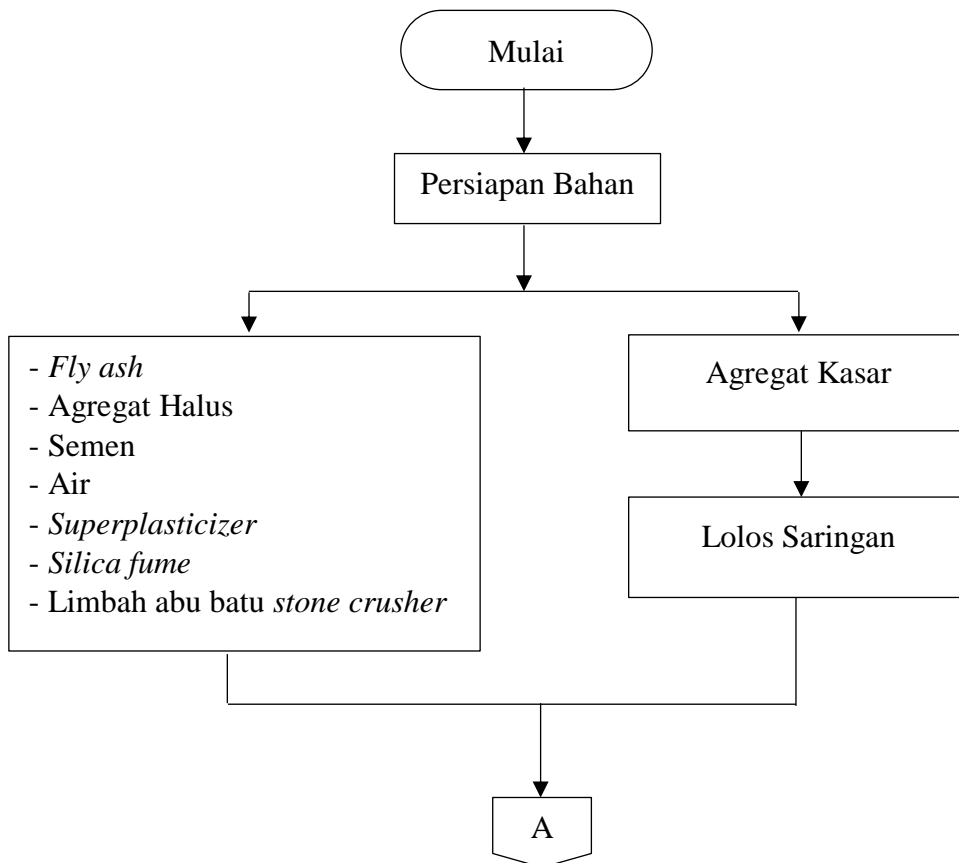
2) *Silica fume*

Silica fume yang digunakan seperti pada Gambar 3.19 berasal dari merek Sika dengan nama Sikafume. Penggunaan *silica fume* pada penelitian ini yaitu sebesar 15% dari berat semen. Persentase penggunaan *silica fume* mengacu pada penelitian Amran (2014) yang menunjukkan penggunaan *silica fume* sebesar 15% menghasilkan peningkatan kuat tekan beton sebesar 23,5% dari beton normal.

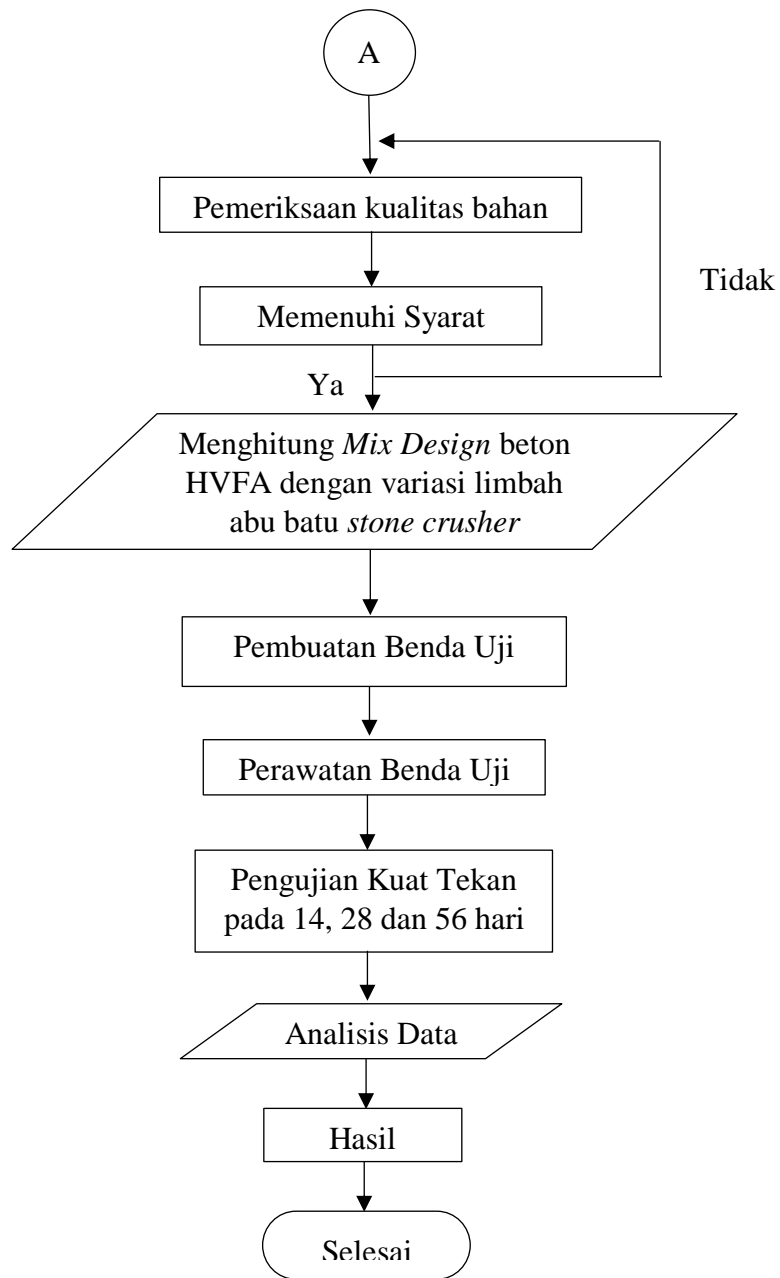


Gambar 3.19 *Silica fume*

3.4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.20 Bagan alir penelitian



Gambar 3.20 Bagan alir penelitian (lanjutan)

3.5. Prosedur Pengujian Material dan Bahan

a. Pengujian kadar air

Berdasarkan BSN (1990), langkah-langkah pengujian kadar air agregat adalah sebagai berikut ini.

- 1) Benda uji (agregat) disiapkan.

- 2) Berat cawan ditimbang.
- 3) Benda uji dimasukkan cawan dan ditimbang beratnya.
- 4) Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu 110 ± 5 °C sampai beratnya tetap.
- 5) Benda uji kering ditimbang.
- 6) Kadar air benda uji dapat dihitung menggunakan rumus yang ada.

b. Pengujian berat isi

Berdasarkan BSN (1998), langkah-langkah pengujian berat isi agregat halus adalah sebagai berikut ini.

- 1) Disiapkan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 2) Cetakan diisi benda uji sampai sepertiga volume penuh, kemudian lapisan tersebut ditusuk sampai 25 kali tusukan.
- 3) Langkah 2) dilakukan tiga kali sampai cetakan terisi penuh.
- 4) Berat cetakan dan agregat ditimbang.
- 5) Berat cetakan ditimbang.
- 6) Nilai berat isi dapat dihitung menggunakan rumus yang ada.

c. Pengujian berat isi

Berdasarkan BSN (1998) langkah-langkah pengujian berat isi adalah sebagai berikut ini.

- 1) Disiapkan cetakan silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 2) Cetakan silinder diisi dengan agregat sepertiga penuh, kemudian dipadatkan dengan cara ditusuk sebanyak 25 kali tusukan
- 3) Langkah 2) dilakukan 3 kali hingga cetakan terisi penuh
- 4) Berat cetakan berisi agregat ditimbang
- 5) Berat cetakan ditimbang tanpa agregat
- 6) Nilai berat isi dihitung

d. Pengujian analisis saringan

Berdasarkan BSN (2012b), langkah-langkah pengujian analisis saringan agregat halus adalah sebagai berikut ini.

- 1) Benda uji (agregat) disiapkan.
- 2) Benda uji dikeringkan pada suhu (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap.

- 3) Saringan disusun sesuai kebutuhan dari atas ke bawah dari ukuran 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,600 mm; 0,300 mm; 0,15 mm dan terakhir pan.
- 4) Benda uji dimasukkan ke dalam saringan. dilakukan pengayakan menggunakan *shieve shaker machine* selama ± 15 menit.
- 5) Setelah selesai pengayakan, benda uji yang tertahan pada masing-masing nomor saringan ditimbang.

e. Pengujian keausan

Berdasarkan BSN (2008c), langkah-langkah pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut ini.

- 1) Benda uji dicuci dan dikeringkan sampai beratnya tetap.
- 2) Benda uji diayak sesuai fraksi yang diinginkan (pada penelitian ini menggunakan agregat berukuran 19 mm atau lolos saringan No. $\frac{3}{4}$ dan 12,5 mm atau lolos saringan No. $\frac{1}{2}$).
- 3) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles.
- 4) Mesin Los Angeles diputar sesuai jenis gradasi yang ditentukan. Penelitian ini menggunakan Gradasi B sehingga dilakukan 500 kali putaran.
- 5) Agregat dikeluarkan dari mesin, kemudian disaring menggunakan saringan No. 12 (1,700 mm).
- 6) Berat benda uji yang tertahan saringan No. 12 ditimbang.
- 7) Nilai keausan dapat dihitung menggunakan rumus yang ada.

f. Pengujian kadar lumpur

- 1) Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Berdasarkan BSN (1998), langkah-langkah pengujian kadar lumpur agregat halus adalah sebagai berikut ini.

- a) Benda uji (pasir) dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- b) Ditambahkan air bersih sampai hampir penuh.
- c) Dilakukan pengguncangan pada campuran yang telah dilakukan pada langkah 1), lalu benda uji dibiarkan selama 24 jam.
- d) Tinggi pasir dan lumpur yang tampak diukur tingginya.
- e) Nilai kadar lumpur pasir dapat dihitung.

2) Pengujian kadar lumpur agregat kasar (kerikil)

Langkah-langkah pengujian agregat kasar (kerikil) menurut BSN (1996) adalah sebagai berikut ini.

- a) Benda uji (kerikil) disiapkan dalam kondisi kering oven sebanyak 5000 gram.
- b) Kerikil dicuci sampai bersih.
- c) Bagian yang keruh disaring menggunakan saringan No. 200.
- d) Kerikil dikeringkan kembali dalam oven.
- e) Berat kerikil kering oven ditimbang.
- f) Nilai kadar lumpur kerikil dihitung.

g. Pengujian berat jenis

1) Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Berdasarkan BSN (2008b), langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus adalah sebagai berikut ini.

- a) Disiapkan benda uji (pasir) sebesar 500 gram.
- b) Benda uji dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- c) Benda uji kering ditimbang.
- d) Pasir direndam selama 24 jam.
- e) Air rendaman dibuang dan jangan sampai ada agregat yang terbuang.
- f) Agregat dikeringkan sampai jenuh kering muka (SSD).
- g) Pasir dimasukkan ke dalam piknometer.
- h) Ditambahkan air suling hingga 90% penuh.
- i) Agar udara yang terperangkap keluar, perlu dilakukan gerakan memutar piknometer.
- j) Ditambahkan air sampai piknometer penuh, kemudian ditimbang beratnya.
- k) Piknometer berisi 100% air ditimbang.
- l) Pasir dalam piknometer dikeluarkan dan dipindahkan ke dalam cawan, kemudian dimasukkan dalam oven.
- m) Berat pasir kering ditimbang.

- n) Berat jenis dan penyerapan air dapat dihitung dengan rumus yang ada.
- 2) Pengujian berat jenis agregat kasar (kerikil)
- Langkah-langkah pengujian berat jenis agregat kasar (kerikil) berdasarkan BSN (2008a) adalah sebagai berikut ini.
- a) Benda uji (kerikil) disiapkan sebanyak 5000 gram.
 - b) Kerikil dikeringkan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
 - c) Kerikil dikeringkan sampai berat tetap.
 - d) Kerikil direndam dalam air selama 24 jam.
 - e) Kerikil dikeringkan menggunakan kain sampai keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) atau jenuh kering muka.
 - f) Berat kerikil jenuh kering muka ditimbang.
 - g) Kerikil dimasukkan ke dalam keranjang kawat
 - h) Keranjang digerakkan agar tidak ada udara terjebak di dalamnya, kemudian berat kerikil ditimbang di dalam air.
 - i) Berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus.

3.6. Prosedur Pengujian Beton Segar

3.6.1 Uji *slump flow*

Berdasarkan BSN (2008), langkah-langkah pengujian *slump flow* adalah sebagai berikut ini.

- a. Kerucut abram dibasahi kemudian diletakkan di atas permukaan yang datar, lembab, namun tidak menyerap air dan juga kaku. Cetakan ditahan secara kokoh dengan cara memegang pegangan dan menginjak pijakan kerucut abram selama pengisian.
- b. Setiap lapisan dipadatkan dengan 25 tusukan menggunakan batang besi pemadat. Pemadatan dilakukan secara merata pada permukaan setiap lapisan. Lapisan bawah dilakukan penusukan secara miring dan dibuat sekitar setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, kemudian dilanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan. Lapisan bawah dipadatkan seluruhnya

hingga ke bawah. Perlu dihindari ketika penusukan mengenai pelat dasar cetakan. Lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya dipadatkan hingga ke dalam, sehingga penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.

- c. Ketika pengisian dan pemadatan lapisan atas, adukan dilebihkan di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Apabila pemadatan menghasilkan penurunan pada beton di bawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas cetakan.
- d. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, segera ukur nilai *slump* dengan cara menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton. Apabila terdapat keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, perlu dibuat pengujian baru dengan porsi lain.

Sebagai catatan untuk poin a. Sepertiga dari volume cetakan kerucut abram diisi hingga ketebalan 67 mm, dua pertiga dari volume diisi hingga ketebalan 155 mm. Sebagai catatan pada poin d. Apabila dua pengujian secara berurutan pada satu contoh beton segar menunjukkan keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, kemungkinan adukan beton kurang plastis atau kurang kohesif untuk dilakukan pengujian *slump*.

3.6.2 Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan alat *Concrete Compression Tester Machines* (mesin uji kuat tekan beton) merek Hung Ta yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan silinder beton. Adapun langkah-langkah pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder menurut BSN (2011a) adalah sebagai berikut ini.

- a. Ukur dimensi (diameter dan tinggi) beton yang siap diuji menggunakan alat ukur (kaliper).
- b. Letakkan beton ke dalam alat uji. Biarkan alat bekerja dan hasil kuat tekan akan muncul pada monitor komputer.
- c. Untuk mengetahui nilai kuat tekan yang didapat, dilakukan perhitungan berdasarkan hasil data yang dihasilkan alat uji.

3.7. *Mix design* (proporsi campuran) beton

Mix design yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu menggunakan ACI 211 1-9 modifikasi setelah percobaan dan penyesuaian di lapangan. Modifikasi dilakukan dengan mengurangi jumlah air pada *mix design*. Alasan modifikasi ini karena material agregat yang digunakan dalam keadaan SSD (*saturated surface dry*) dan penggunaan substitusi agregat halus berupa limbah abu batu dinilai banyak menyerap air pada agregat. Adapun proporsi campuran per meter³ dapat dilihat pada tabel 3.1 dan proporsi campuran persilinder disajikan pada tabel 3.2. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 15.

Tabel 3.1 Proporsi campuran beton persilinder

Kode beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	<i>Fly ash</i> (kg)	Abu batu (kg)	0,5% SP (kg)	15% SF (kg)
LAB 0%	2,174	3,938	4,614	550	-	-	-	-
LAB 10%	0,979	3,544	4,614	350	0,869	0,394	0,0108	0,326
LAB 15%	0,979	3,347	4,614	450	0,869	0,591	0,0108	0,326
LAB 20%	0,979	3,150	4,614	550	0,869	0,788	0,0108	0,326

*SP=*superplastisizer*, SF=*silica fume*

Tabel 3.2 Proporsi campuran beton per meter kubik

Kode beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	<i>Fly ash</i> (kg)	Abu batu (kg)	0,5% SP (kg)	15% SF (kg)
LAB 0%	410	742,45	870	103703,71	-	-	-	-
LAB 10%	184,5	668,2	870	61279,47	164	74,25	2,05	61,5
LAB 15%	184,5	631,08	870	84848,49	164	111,37	2,05	61,5
LAB 20%	184,5	593,96	870	98989,9	164	148,49	2,05	61,5

*SP=*superplastisizer*, SF=*silica fume*

3.8. Prosedur Perawatan Beton

Prosedur perawatan beton penelitian ini mengacu pada BSN (2011b). Adapun beberapa prosedur perawatan beton yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

- Pembukaan cetakan benda uji dilakukan 24 jam \pm 8 jam setelah pencetakan.
- Lingkungan perawatan beton dilakukan pada temperatur 23 °C \pm 1,7 °C.
- Penyimpanan selama 48 jam pertama perawatan dilakukan pada lingkungan beban getaran.

- d. Benda uji diletakkan pada air yang tenang, tidak mengalir dan tidak menetes. Pada penelitian ini beton direndam dalam kolam *curing*.