BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

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

3.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat – alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Timbangan *digital*

   Timbangan *digital* dengan kapasitas 30 kg dan ketelitian 0,01 kg. Timbangan ini digunakan untuk mengetahui berat bahan material yang akan digunakan.

2. Oven

   Oven pada penelitian ini digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan kasar pada saat pengujian agregat. Oven tersebut memliki suhu maksimum 220ºC.

3. Ayakan

   Ayakan ini digunakan untuk menyaring agregat yang dibutuhkan. Ayakan yang digunakan saringan 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm; pan (untuk agregat halus) dan saringan 9,5 mm; 19 mm; pan (untuk agragat kasar).

4. Mesin *Los Angles*

   Mesin *Los Angles* digunakan untuk mengethui tingkat ketahanan aus agregat kasar pada saat pengujian agregat kasar

5. Kerucut *Abrams*

   Kerucut *Abrams* adalah cetakan yang terbuat dari bahan logam dengan ketebalan 1,15 mm dengan diameter dasar 200 mm, diameter atas 100 mm dan tinggi 300 mm. Alat ini digunakan untuk pengujian nilai *slump*.

6. *Mixer*

   Mixer dengan kapasitas 40 kg dapat digunakan untuk proses pencampuran beton segar. *Mixer* ini menggunakan tenaga listrik untuk mengoperasikannya.

7. Cetakan beton

   Cetakan beton ini berbentuk silinder yang terbuat dari baja. Cetakan ini memiliki dimensi dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

8. Alat uji tekan *Concrete Compression Tester Machine*

   Alat ini digunakan untuk pengujian kuat tekan beton. hasil yang didapat berupa data dan grafik nilai kuat tekan beton.

9. Alat – alat bantu dalam proses penelitian, antara lain :
   a. Kaliper dengan ketelitian 0,05 mm, alat ini berfungsi sebagai alat pengukur dimensi benda uji.
   b. Gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml ini digunakan untuk menakar air pada saat proses pencampuran adukan beton.
   c. Sendok semen atau cetok digunakan untuk mengambil material dan adukan beton segar.
   d. Alat penumbuk diguanakan untuk menumbuk adonan beton segar yang berada didalam kerucut *abrams*.
   e. Cawan digunakan sebagai tempat material dalam pengujian material.
   f. Ember digunakan sebagai tempat adukan beton segar.
   g. Penggaris atau meteran berfungsi sebagai alat pengukur nilai *slump*.

3.2.2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Air

   Dalam penelitian ini air yang digunakan adalah air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Semen

   Semen yang digunakan merupakan semen jenis *portland pozzolan* tipe 1 dengan merk Gresik.

3. Agregat halus

   Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berupa pasir progo yang berasal dari sungai progo, Kabupaten Kulon Progo.

4. Agragat kasar

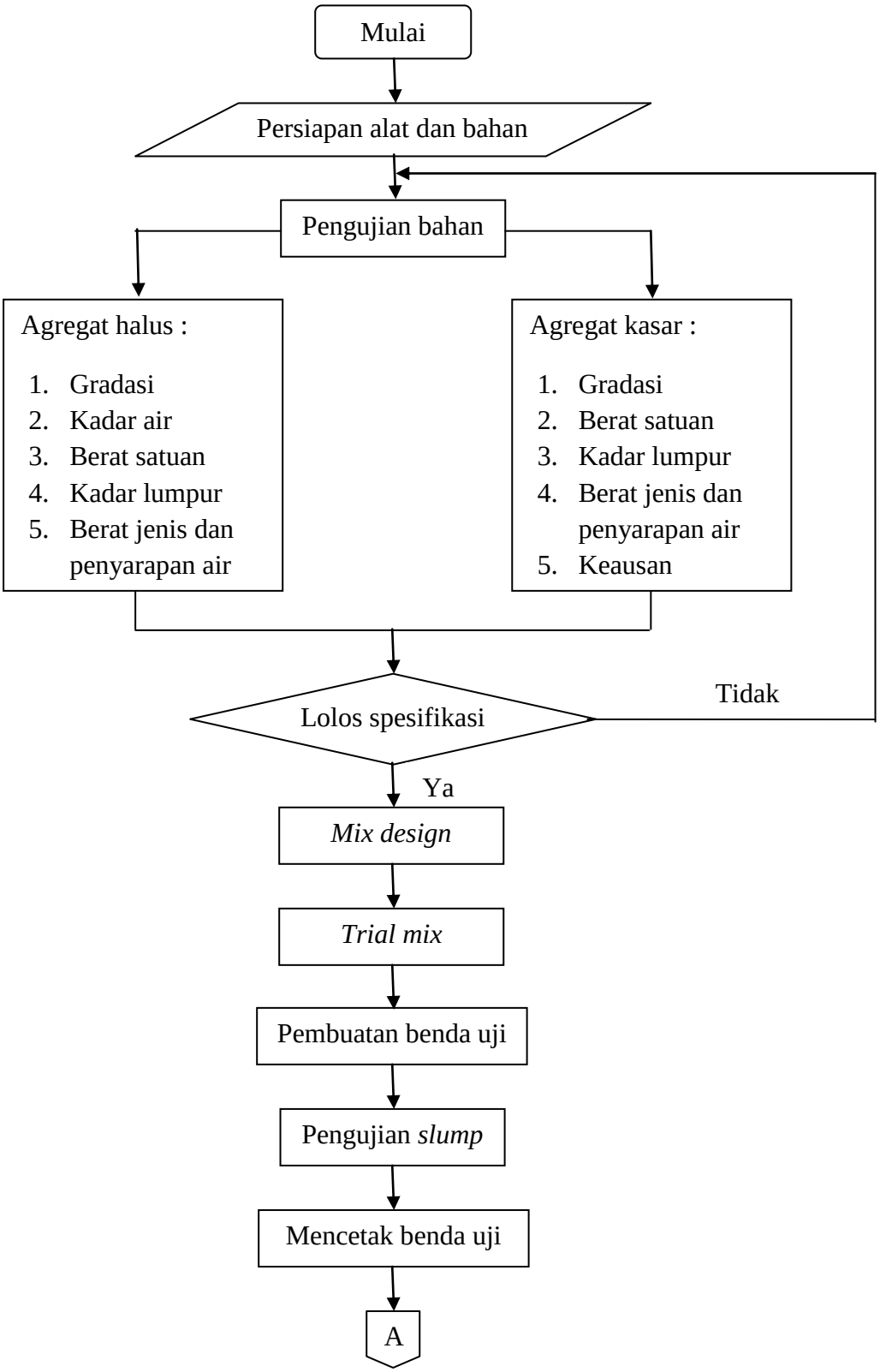
   Agrgat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berupa batu apung (*pumice*) ini digunakan untuk menggantikan agregat kasar pada umumnya yaitu kerikil atau *split*, dengan maksud untuk mengurangi berat jenis beton sehingga menjadi beton ringan yang ramah lingkungan. Batu apug (*pumice*) yang digunakan dalam penalitian ini berasal dari daerah Sumbawa Provinsi NTB.

5. Bahan tambah

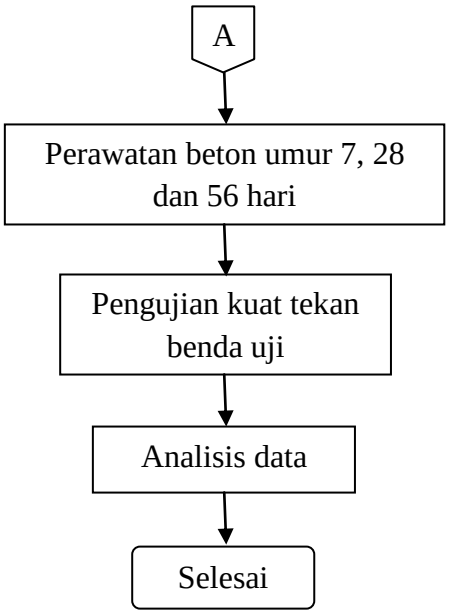
   Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *silica fume* dengan variasi 7%, 14% dan 21% terhadap total berat semen. Penambahan *silica fume* kedalam campuran beton dimaksudkan untuk meningkatkan nilai kuat tekan beton ringan tersebut.

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini pada Gambar 3.1. dimulai dari persiapan bahan material dan alat-alat yang dibutuhkan. Setelah itu dilakukan pengujian material seperti agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu apung). Pengujian material meliputi pengujian gradasi, pengujian kadar air agregat, pengujian berat satuan agregat, pengujian kadar lumpur agregat, pengujian keauasan agregat, pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat. Kemudian data-data yang didapat dari pengujian material digunakan untuk merancang campuran beton (*mix design*). Setelah *mix design* selesai, lalu dilanjutkan dengan pembuatan benda uji sebanyak 27 buah. Proses pengujian material dan pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian (lanjutan)

3.3.1 Pengujian Material

Berikut beberapa pengujian agregat halus (pasir) yang dilakukan, sebagai berikut :

1. Pengujian gradasi agregat halus

   Pemeriksaan gradasi pada agregat halus dilakukan untuk mengetahui distribusi butiran. Adapun langka-langkah dari pengujian gradasi agregat halus berdasarkan BSN (1990b), sebagai berikut :

   a. Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai beratnya tetap, lalu pasir tersebut diambil sebanyak ± 1000 gram.
   b. Saringan disusun secara berurutan mulai dari 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm; pan, kemudian masukkan pasir kedalam saringan tersebut.
   c. Lalu pasir diayak menggunakan saringan selama 15 menit.
   d. Kemudian langkah terakhir, pasir ditimbang untuk mencari berat tertahan di masing-masing saringan.

2. Pengujian kadar air agregat halus

   Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada pasir yang digunakan. Adapun langkah-langkah dari pengujian kadar air agregat halus berdasarkan BSN (1990d), sebagai berikut :

   a. Langkah pertama, pasir jenuh kering muka disiapkan sebanyak 1000 gram (B_1).
   b. Pasir dikeringkan dengan suhu (110 ± 5)ºC hingga beratnya tetap.
   c. Lalu pasir ditimbang beratnya (B_2).
   d. Kemudian menghitung kadar air yang terkandung dalam pasir.

3. Pengujian berat satuan agregat halus

   Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan dari pasir (agregat halus). Adapun langkah-langkah dari pengujian berat satuan agregat halus berdasarkan BSN (1998), sebagai berikut :

   a. Langkah pertama, bejana silinder dengan dimensi 15 x 30 cm disiapkan untuk pengujian.
   b. Lalu bejana silinder ditimbang beratnya (B_1).
   c. Kemudian pasir jenuh kering muka dimasukkan ke dalam bejana, lalu pasir yang ada di dalam bejana ditubuk sebanyak 25 kali setiap 1/3 volume bejana.
   d. Setelah bejana terisi penuh, bejana berisi pasir tersebut ditimbang beratnya (B_2).
   e. Langkah terakhir, menghitung berat satuan pasir.

4. Pengujian kadar lumpur agregat halus

   Pengujian ini dilakukan untuk megetahui seberapa banyak kandungan lumpur yang ada dalam pasir. Adapun langkah-langkah dari pengujian kadar lumpur agregat halus berdasarkan BSN (1990a), sebagai berikut :

   a. Langkah pertama pasir dan gelas ukur 1000 ml disiapkan untuk pengujian.
   b. Lalu pasir yang sudah disiapkan dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 1000 ml.
   c. Kemudian air dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi pasir.

d. Setelah itu gelas ukur yang berisi pasir dan air digoyangakan hingga tercampur. Lalu di diamkan selama 24 jam.
e. Setelah itu diukur tinggi lumpur yang mengendap diatas pasir.
f. Langkah terakhir menghitung kandungan lumpur yang berada di pasir.

5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada pasir. Adapun langkah-langkahnya berdasarkan BSN (2008), sebagai berikut :

a. Pasir dikeringkan ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai beratnya tetap.
b. Pasir dikeluarkan dari oven, lalu direndam selama ± 24 jam.
c. Setelah direndam, pasir tersebut dikeringkan dalam suhu kamar agar mencapai keadaan jenuh kering muka (SSD).
d. Lalu pasir dalam keadaan jenuh kering muka (SSD) diambil sebanyak 500 gram, lalu pasir dimasukkan ke dalam piknometer.
e. Kemudian piknometer diisi dengan air sebanyak 90% dari volume piknometer, lalu piknometer tersebut digocangkan sampai tidak ada lagi gelembung udara.
f. Setelah digoncangkan, pikometer tersebut ditambahkan air sampai penuh.
g. Piknometer yang berisi pasir dan air ditimbang untuk mengetahui beratnya (Bt).
h. Pasir dalam piknometer dikeluarkan, kemudian pasir tersebut dikeringkan dalam oven hingga beratnya tetap.
i. Pasir yang sudah kering tadi ditimbang beratnya (Bk).
j. Piknometer diisi dengan air hingga penuh lalu ditimbang beratnya (B).
k. Langakah terakhir menghitung berat jenis dan penyerapan air pada pasir tersebut.

Berikut beberapa pengujian agregat kasar (batu apung) yang dilakukan, sebagai berikut :

1. Pengujian kadar air agregat kasar

   Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada batu apung yang digunakan. Adapun langkah-langkah dari pengujian kadar air agregat kasar berdasarkan BSN (1990c), sebagai berikut :

   a. Agregat kasar dalam keadaan jenuh kering muka disiapkan sebanyak ± 1000 gram (B_1).
   b. Kemudian agregat kasar dimasukkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai beratnya tetap.
   c. Setelah itu agregat kasar dikeluarkan dari oven, lalu ditimbang beratnya (B_2).
   d. Langkah terakhir menghitung kadar air dari data yang sudah didapat tadi.

2. Pengujian berat satuan agregat kasar

   Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan dari batu apung sebagai agregat kasar. Adapun langkah-langkah dari pengujian berat satuan agregat kasar berdasarkan BSN (1998), sebagai berikut :

   a. Bejana silinder dengan dimensi 15 x 30 cm disiapkan untuk melakuakan penelitian.
   b. Bejana silinder ditimbang beratnya (B_1).
   c. Lau agregat kasar dalam keadaan jenuh kering muka dimasukkan ke dalam bejana, lalu tubuk sebanyak 25 kali setiap 1/3 volume bejana.
   d. Setelah bejana terisi penuh, bejana berisi agregat kasar ditimbang beratnya (B_2).
   e. Langkah terakhir mengitung berat satuan pasir.

3. Pengujian kadar lumpur agregat kasar

   Pengujian ini dilakukan untuk megetahui seberapa banyak kandungan lumpur yang ada dalam batu apung. Adapun langkah-langkah dari pengujian kadar lumpur agregat kasar berdasarkan BSN (1989-F), sebagai berikut :

   a. Agregat kasar dalam keadaan kering oven disiapkan sebanyak 500 gram (B_1).
   b. Kemudian agregat kasar dicuci di air yang mengalir sampai bersih.

c. Agregat kasar yang sudah dicuci dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai beratnya tetap.
d. Lalu keluarkan dan di diamkan dalam suhu kamar.
e. Setelah itu timbang beratnya (B_2).
f. Hitung kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar.

4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada batu apung. Adapun langkah-langkahnya berdasarkan BSN (1990c), sebagai berikut :

a. Agregat kasar yang sudah dicuci bersih disiapkan, kemudian dimasukkan kedalam oven (110 ± 5)ºC sampai beratnya tetap.
b. Setelah itu agragat kasar dikeluarkan dari oven, lalu diamkan dalam suhu kamar selama 1–3 jam.
c. Ambil agregat kasar yang sudah dingin tadi sebanyak ± 1000 gram (Bk), lalu direndam dalam air selama 24 ± 4 jam.
d. Setelah itu agregat kasar dikeluarkan dari dalam rendaman air, lalu agregat kasar dikeringan menggunakan kain yang dapat menyerap air sehingga didapatkan agregat kasar dalam keadaan jenuh kering muka.
e. Kemudian ditimbang beratnya (Bj).
f. Lalu masukkan agregat kasar ke dalam keranjang, kemudian ditimbang didalam air (Ba).
g. Langkah terakhir menhitung berat jenis dan penyerapan air dengan data-data yang sudah didapat tadi.

5. Pengujian keausan agregat kasar

Pengujian ini dilakukan menggunakan mesin *Los Angeles* untuk mengetahui ketahanan aus dari batu apung. Adapun langkah-langkahnya berdasarkan BSN (1991), sebagai berikut :

a. Agregat kasar yang lolos saringan 19 mm dan tertahan saringan 9,5 mm disiapkan sebagai bahan penelitian.
b. Agregat kasar dicuci menggunakan air mengalir sampai bersih, lalu agragat kasar dimasukkan ke dalam oven dengan suhu (110 ± 5)ºC sampai beratnya tetap.

c. Lalu agregat kasar diambil sebanyak ± 5000 gram (B_1).
d. Kemudian agregat kasar dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles* beserta bola baja sebnyak 11 buah
e. Mesin *Los Angeles* dinyalakan dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 500 putaran. Dan setelah mencapai 500 putaran mesin *Los Angeles* akan berhenti sendiri.
f. Agregat kasar diambil dari dalam mesin *Los Angeles*, lalu disaring menggunakan saringan ukuran 1,7 mm dan agregat kasar yang tertahan di saringan ukuruan 1,7 mm, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)^{o}C sampai beratnya tetap.
g. Setelah itu ditimbang beratnya (B_2).
h. Langkah terakhir menghitung keausan agregat kasar menggunakan data-data tadi.

3.3.2 Perencanaan Campuran Beton

Pada pengujian ini dilakukan perencanaan desain campuran untuk membuat benda uji. Adapun langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton berdasarkan BSN, (2000), sebagai berikut :

a. Langkah pertama memetukan nilai kuat tekan beton (f_c') yang direncakan.
b. Menetapkan nilai *margin* (m) yang dapat dilihat di tabel.
c. Lalu menghitung kuat tekan beton rata-rata.
d. Menentukan jenis semen yang akan digunakan dalam penelitain.
e. Menentukan agregat halus dan kasar yang akan digunakan dalam penelitian.
f. Menentukan faktor air semen (FAS) untuk benda uji silinder dengan cara melihat grafik hubungan antara nilai FAS dengan kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder.
g. Menentukan nilai *slump* berdasarkan tabel dari (BSN, 2000).
h. Menentukan ukuran agregat maksimum.
i. Setelah itu menentukan kadar air bebas. Perkiraan kadar air berdasarkan ukuran maksimum agregat, nilai *slump* dan jenis agregat yang digunakan.
j. Menghitung berat semen per meter kubik beton.

k. Menetapkan susunan besar butir agergat halus yang akan digunakan dalam penelitian.
l. Menentukan persentase agregat halus dengan cara melihat grafik hubungan antara farktor air semen dengan persen pasir terhadap agregat campuran. Setelah didapatkan persentase agregat halus, maka didapatkan persentase agregat kasar sesbesar selisih dari nilai persentase agregat halus.
m. Menentukan berat jenis ralatif untuk beton ringan.
n. Menentukan kadar silica fume dari masing-masing variasi.
o. Menghitung agregat gabungan yang dibutuhkan.
p. Menghitung berat agregat kasar dan halus yang dibutuhkan.
q. Menghitung kebutuhan air, semen, pasir, dan batu apung untuk benda uji silinder.
r. Setelah itu didapatkan hasil dari *mix design* yang disajikan pada Tabel 3.1. dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Hasil perhitungan *mix design*

Bahan	Satuan	Variasi *Silica Fume*		
		7%	14%	21%
Air	L	1,09	1,09	1,09
Semen	Kg	2,20	2,03	1,86
Pasir	Kg	2,19	2,19	2,19
Batu apung	Kg	2,75	2,75	2,75
Silica fume	Kg	0,16	0,33	0,50

Tabel 3.2. Hasil perhitungan *mix design* untuk 3 benda uji

Bahan	Satuan	Variasi *Silica Fume*		
		7%	14%	21%
Air	L	3,80	3,80	3,80
Semen	Kg	7,68	7,11	6,53
Pasir	Kg	7,65	7,65	7,65
Batu apung	Kg	8,25	8,25	8,25
Silica fume	Kg	0,58	1,16	1,73

3.3.3 Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji beton ringan ini bahan-bahan yang dibutuhkan yaitu air, semen, pasir progo, batu apung (*pumice*) dari daerah Sumbawa dan *silica fume* sebagai bahan tambah. Bahan-bahan tersebut sudah dilakukan pengujian dan lolo spesifikasi. Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan benda uji :

a. Alat dan bahan yang akan digunakan disiapkan untuk melakukan penelitian.
b. Lalu bahan yang dibutuhkan ditimbang sesuai perencanan campuran beton (*mix design*). Untuk batu apung, karena termasuk dari agragat yang ringan dan mempunyai berat jenis yang kecil maka pengambilan bahan dilakukan dengan cara penimbangan bahan menggunakan perbandingan berat volume dari kerikil.
c. Batu apung dan pasir dimasukkan ke dalam *mixer* terlebih dahulu lalu diaduk sampai merata. Setelah itu semen diamsukkan ke dalam *mixer* dan diaduk kembali, lalu *silica fume* sebagai bahan tambah dimaasukkan ke dalam *mixer* sesuai dengan variasi yang telah drencanakan lalu diaduk kembali hingga semua bahan material tercampur. Setelah itu air dimasukkan secara bertahap sampai merata dan didapatkan campuran yang homogen.
d. Setelah campuran merata dan homogen, lalu adukan beton segar dikeluarkan dari *mixer* dengan cara menuangkannya ke dalam ember.
e. Setelah itu menentukan nilai *slump* dengan cara adukan beton segar dimasukkan ke dalam kerucut *abrams* sebanyak 1/3 dari volume kerucut *abrams*, lalu ditusuk-tusuk menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali. Hal tersebut dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga sampai penuh. Setelah itu kerucut *abrams* diangkat dengan hati-hati tanpa gerakan lateral atau tosional. Kemudian penurunan beton segar diukur menggunakan penggaris atau meteran.
f. Setelah nilai *slump* didapatkan, lalu adukan beton segar dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengisisan beton segar dilakukan secara bertahap. Setiap 1/3 volume silinder, pengisian beton segar harus ditumbuk menggunaka tongkat penumbuk sebanyak 25 kali. Hal

tersebut dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga sampai penuh. Hal tersebut dilakukan agar beton dapat terisi dengan padat.

g. Kemudian cetakan yang sudah terisi penuh diberi tanda, seperti tanggal pengecoran, kode beton, dan umur beton.
h. Setelah 24 jam, benda uji dapat dilepas dari cetakan silinder.
i. Lalu benda uji ditimbang untuk mendapatkan berat dari masing-masing benda uji. Kemudian perawatan beton (*curring*) dilakuakan didalam bak yang berisi air.

3.3.4. Perawatan Benda Uji

Pada pengujian ini, perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam di dalam bak air yang tersedian di bagian luar Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Perendaman benda uji dilakukan setelah benda uji mengeras atau *final setting*. Perawatan benda uji dimaksudkan untuk mendapatkan kuat tekan beton yang tinggi, agar proses hidrasi selanjutnya tidak terganggu, dan untuk memperbaiki mutu.

3.3.5. Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat tekan beton ini berdasarkan pada (BSN, 2011). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan modulus elasisitas dari umur beton 7 hari, 28 hari dan 56 hari. Adapun langkah-langkah pengujian benda uji, yaitu :

a. Beton dikeluarkan dari dalam rendaman sehari sebelum pengujian kuat tekan beton.
b. Beton yang akan diuji diukur dimensinya menggunakan kaliper dengan ketelitian 0,05 mm.
c. Beton yang sudah diukur dimasukkan ke dalam mesin uji tekan *Concrete Compression Tester Machine*. Kemudian mesin tersebut dijalankan.
d. Pembebanan dihentikan ketika beton mengalami kerusakan, lalu beton dikeluarkan dari mesin uji tekan *Concrete Compression Tester Machine*.
e. Setelah itu didapatlah nilai kuat tekan beton.

3.4. Cara Melakukan Analisis

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan untuk mendapatkan hasil hubungan dari beberapa variabel yang digunakan. Metode eksperimental dapat dilakukan di dalam laboratorium maupun di lapangan. Untuk penelitian ini dilakukan di dalam laboratoium. Metode eksperimental ini menggunakan teknik pengumpulan data, dimana setiap benda uji dari berbagai kondisi berbeda akan di uji di laboratorium. Data yang akan digunakan adalah data sekunder dikarenakan menggunakan bahan material yang sama.

Pada penelitian ini terdapat 3 variabel yang dijadikan dasar dari pengumpulan data, yaitu :

1. Pengujian bahan campuran beton

   Pengujian ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai dari agregat halus dan kasar apakah memenuhi standar sebagai bahan pembuatan beton ringan.
2. Pengujian benda uji

   Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai slump dan nilai kuat tekan beton ringan dengan tambahan variasi silica fume. Pengujian slump dilakukan pada saat proses pembuatan beton menggunakan alat kerucut abrams. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan beton ringan dilakukan menggunakan alat uji tekan *Concrete Compression Tester Machine* yang berada di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Nilai yang didapat nantinya akan dianalisis apakah masuk dalam standar beton ringan atau tidak.
3. Umur beton

   Dalam penelitian beton ringan ini dilakukan perawatan beton dengan umur beton 7 hari, 28 hari dan 56 hari untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Perawatan beton dilakukan dengan cara direndam dalam air yang berada di bak laboratorium..