

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set ayakan agregat kasar dan satu set ayakan agregat halus.
2. Mesin pengguncang.
3. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% berat benda uji.
4. Talam, kuas dan sendok bahan.
5. Satu set alat uji berat jenis dan penyerapan.
6. Satu set alat uji berat isi.
7. Alat uji slump (kerucut Abrahams) dan tongkat berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm.
8. Cetakan dari logam tebal berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
9. Molen (*Mini Mix*).
10. *Vibrator*
11. Alat uji tekan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Agregat kasar berupa batu *onyx* yang diambil berupa bongkahan kecil sisa industri kerajinan batu di Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung yang nantinya dipecah menjadi lebih kecil agar bisa menjadi pengganti agregat kasar pada beton.
2. Agregat kasar berupa batu pecah dari batu sungai yang dipecahkan
3. Agregat halus berupa pasir hitam.
4. Semen PPC.
5. Air PDAM kota Malang.

#### 3.2 Analisa Bahan yang Digunakan

##### 3.2.1 Agregat Kasar

- Analisa gradasi batu *onyx* dan batu pecah.
  - Peralatan Percobaan:
    - a. Timbangan dan neraca ketelitian 0,2% berat benda uji.

- b. Satu set saringan: 25,4 mm (1"); 19,10 mm (3/4"); 12,70 mm (1/2"); 9,52 mm (3/8"); 4,75 mm (4").
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan kapasitas  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- d. Talam dan kuas.

- Pelaksanaan Percobaan:

- a. Kerikil ditimbang untuk benda uji 10000 gr dan kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$ .
- b. Keluarkan bahan dari oven dan dinginkan.
- c. Bahan diayak dengan susunan ayakan : 25,4 mm ; 19,10 mm ; 12,70 mm ; 9,52 mm dan 4,75 mm dengan tangan maupun dengan mesin pengguncang saringan.
- d. Bahan yang tertinggal diatas masing-masing ayakan ditimbang.

- Analisa kadar air

- Peralatan Percobaan:

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Oven pengatur suhu dengan kapasitas  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- c. Talam logam anti karat.

- Pelaksanaan Percobaan:

- a. Timbang dan catat berat talam (W1).
- b. Masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W2. \quad (3-1)$$

- c. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W4. \quad (3-2)$$

- d. Menghitung berat benda uji kering

$$W5 = W4 - W1. \quad (3-3)$$

- e. Menghitung kadar air agregat.

$$((W3 - W5) / W5) \times 100 \%. \quad (3-4)$$

- Analisa berat jenis dan penyerapan
  - Peralatan Percobaan:
    - a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No.8) dengan kapasitas  $\pm 5$  kg.
    - b. Tempat pemeriksaan air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
    - c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
    - d. Oven pengatur suhu kapasitas  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
    - e. Alat pemisah contoh
    - f. Saringan No.4 (4,75 mm).
  - Pelaksanaan Percobaan :
    - a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu.
    - b. Keringkan benda uji dalam oven  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap. Keluarkan dari oven lalu ditimbang.
    - c. Dinginkan pada suhu kamar selama (1-3) jam, lalu ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk).
    - d. Rendam benda uji pada suhu kamar selama  $(24 \pm 4)$  jam.
    - e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap
    - f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
    - g. Letakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan untuk mengeluarkan udara dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), ukur suhu air sesuai suhu standar  $(25^\circ\text{C})$ 
      - ❖ Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)
 
$$\text{Bk}/(\text{Bj}-\text{Ba}) \quad (3-5)$$
      - ❖ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry*)
 
$$\text{Bj}/(\text{Bj}-\text{Ba}) \quad (3-6)$$
      - ❖ Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)
 
$$\text{Bk}/(\text{Bk}-\text{Ba}) \quad (3-7)$$
      - ❖ Penyerapan (%) (*Absorption*)
 
$$(\text{Bj}-\text{Bk})/\text{Bk} \times 100\% \quad (3-8)$$

- Analisa berat isi
  - Peralatan Percobaan:
    - a. Timbangan kapasitas  $\geq 1$  kg dengan ketelitian 0,1 gr.
    - b. Tongkat tusuk baja panjang  $\pm 600$  mm dan diameter  $\pm 16$  mm.
    - c. Kotak takar.
  - Pelaksanaan Percobaan:
    - a. Agregat SSD direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap.
    - b. Timbang kotak takar kosong.
    - c. Timbang kotak takar berisi air penuh.
    - d. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding.
    - e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar.
    - f. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.
    - g. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimasukkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih 2" diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveling.
    - h. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar.
    - i. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.
- Analisa keausan
  - Peralatan Percobaan:
    - a. Mesin Abrasi Los Angeles.
    - b. Saringan dengan ukuran 1,7 mm ; 19 mm dan 9,5 mm.
    - c. Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
    - d. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing-masing antara 400gram sampai 440 gram.
    - e. Oven pengatur suhu dengan kapasitas  $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
  - Pelaksanaan Percobaan:
    - a. Benda uji dan bola di masukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles. Dengan ketentuan bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran.
    - b. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm.

- c. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no 12 (1.7 mm), butiran yang tertahan di atas dicuci bersih. Selanjutnya di keringkan dalam oven sampai berat tetap.
- d. Timbang benda uji.

Beberapa analisa diatas telah dilaksanakan sebagai uji pendahuluan material berupa limbah batu *onyx* dan didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Hasil uji pendahuluan batu *onyx*

No.	Analisa	Hasil	
1	Kadar air	0,00901	%
2	Berat Jenis	2,632	
3	Penyerapan	0,864	%
4	Berat isi	1,538	gr/cc
5	Keausan	24	%

**Sumber:** Hasil pengujian dan perhitungan

Dari hasil uji pendahuluan di atas dapat dilihat bahwa batu *onyx* memiliki pori yang sangat kecil dibuktikan dengan analisa kadar air dan penyerapan yang menunjukkan angka sebesar 0.47% dan 0.73%. Sifat limbah pada agregat dapat terlihat dari angka keausan yang menunjukkan agregat mudah terabrasi, dikarenakan faktor dari kekuatan agregat yang sudah berkurang akibat perlakuan pada tempat industri seperti dipukul, dipotong, digilas dan lain-lain.

### 3.2.2 Agregat Halus

- Analisa gradasi pasir
  - Peralatan Percobaan :
    - a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% berat benda uji.
    - b. Satu set saringan: no.4 (4,75 mm); no.8 (2,36 mm); no.16 (1,18 mm); no.30 (0,60 mm); no.50 (0,30 mm); no.100 (0,15 mm); no.200 (0,075 mm); PAN.
    - c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan kapasitas (100 ± 5)°C.
    - d. Alat pemisah contoh.
    - e. Mesin pengguncang saringan.
    - f. Talam-talam dan kuas.
  - Pelaksanaan Percobaan :
    - a. Bahan pasir ditimbang seberat 1000 gr lalu dimasukkan oven dalam suhu 110°C sampai berat tetap.

- b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- c. Bahan kerikil ditimbang seberat 10000 gr, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110 °C sampai berat tetap.
- d. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

- Analisa kadar air

- Peralatan Percobaan :

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Oven pengatur suhu dengan kapasitas (100 ± 5) °C.
- c. Talam logam anti karat.

- Pelaksanaan Percobaan :

- a. Timbang dan catat berat talam (W1).
- b. Masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 110° C sampai berat tetap.

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W2. \quad (3-9)$$

- c. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W4. \quad (3-10)$$

- d. Menghitung berat benda uji kering

$$W5 = W4 - W1. \quad (3-11)$$

- e. Menghitung kadar air agregat.

$$((W3 - W5) / W5) \times 100 \%. \quad (3-12)$$

- Analisa berat jenis dan penyerapan

- Peralatan Percobaan :

- a. Timbangan kapasitas  $\geq 1$  kg dengan ketelitian 0,1 gr.
- b. Piknometer kapasitas 500 ml.
- c. Kerucut terpancung diameter atas (40,3) mm, diameter bawah (90,3) mm dan tinggi (75,3) mm yang dibuat dari logam tebal  $> 0,80$  mm.

- d. Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat  $(340 \pm 15)$  gram dan diameter  $(25,3)$  mm.
- e. Saringan No. 4  $(4,75)$  mm.
- f. Oven pengatur suhu kapasitas  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- g. Desikator

- Pelaksanaan Percobaan

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
- b. Dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama 24 jam.
- c. Buang air perendam lalu tebarkan agregat diatas talam dan dikeringkan dengan dibalik-balik sampai permukaan jenuh. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
- d. Periksa SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung setiap  $1/3$  bagian dan padatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut.
- e. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- f. Setelah kondisi SSD tercapai, masukkan 500 gr benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
- g. Rendam piknometer dalam air, dan ukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar  $25^\circ\text{C}$ .
- h. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- i. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai dengan ketelitian 1 gr (Bt).
- j. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator. Setelah dingin, lalu ditimbang (Bk).
- k. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar  $25^\circ\text{C}$  (B).

❖ Berat Jenis Curah (*Bulk Spesific Grafity*)

$$\text{Bk}/(\text{Bj}-\text{Ba}) \quad (3-13)$$

❖ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Bulk Spesific Grafity Saturated Surface Dry*)

$$\text{Bj}/(\text{Bj}-\text{Ba}) \quad (3-14)$$

- ❖ Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)  
 $B_k / (B_k - B_a)$  (3-15)
- ❖ Penyerapan (%) (*Absorption*)  
 $(B_j - B_k) / B_k \times 100\%$  (3-16)

- Analisa berat isi
  - Peralatan Percobaan :
    - a. Timbangan kapasitas  $\geq 1$  kg dengan ketelitian 0,1 gr.
    - b. Tongkat tusuk baja panjang  $\pm 600$  mm dan diameter  $\pm 16$  mm.
    - c. Kotak takar.
  - Pelaksanaan Percobaan :
    - a. Agregat SSD direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap.
    - b. Timbang kotak takar kosong.
    - c. Timbang kotak takar berisi air penuh.
    - d. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding.
    - e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar.
    - f. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.
    - g. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimasukkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih 2" diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveling.
    - h. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar.
    - i. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.

### 3.2.3 Air

Tidak dilakukan pengujian khusus terhadap air, karena air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM kota Malang.

### 3.2.4 Semen

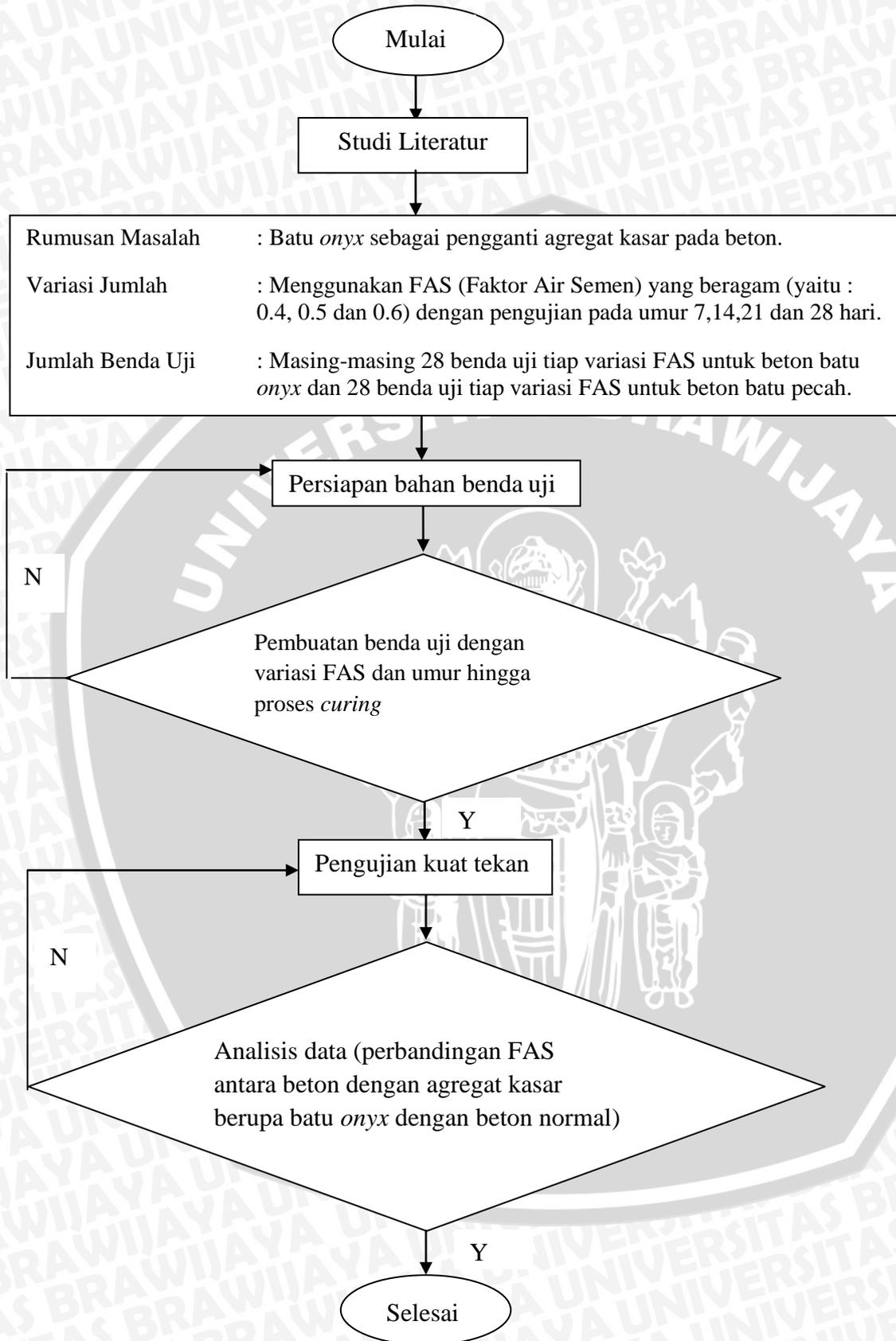
Tidak dilakukan pengujian khusus terhadap semen, karena semen yang digunakan adalah semen PPC.

## 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian : Laboratorium struktur dan bahan konstruksi.

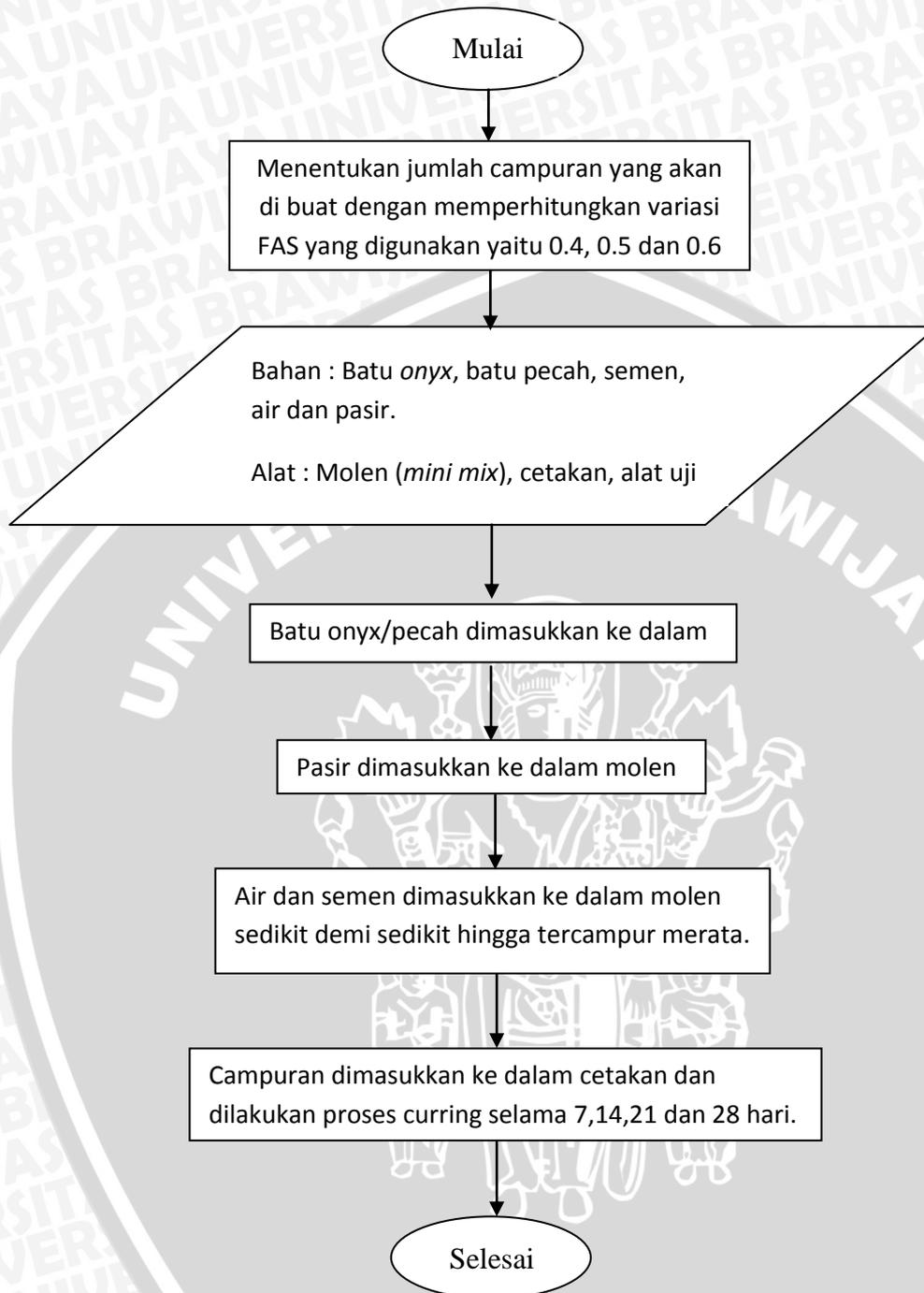
Waktu penelitian : Juli-Oktober 2015

### 3.4 Diagram Pengerjaan



Gambar 3.1 Diagram penelitian

Diagram alir pembuatan benda uji:



**Gambar 3.2** Diagram pembuatan benda uji

### 3.5 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

a. Variabel bebas :

- FAS (Faktor Air Semen) yang digunakan beragam (yaitu : 0.4, 0.5 dan 0.6)

b. Variabel terikat :

- Penggunaan batu *onyx* sebagai pengganti kerikil sebesar 100 % dari jumlah agregat kasar yang dibutuhkan.
- Pengujian kuat tekan dilaksanakan saat umur beton mencapai 7,14,21 dan 28 hari.

### 3.6 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu mencampur semua bahan yang telah melalui proses analisis sebelumnya dan dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pembuat beton. Pada penelitian ini limbah batu *onyx* digunakan 100% sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton. Sebagai pembanding benda uji dengan agregat kasar 0% limbah batu *onyx* juga dibuat. Pembuatan benda uji ini dilakukan di Laboratorium struktur dan bahan konstruksi.

**Tabel 3.2** Rancangan pembuatan benda uji

FAS	Batu Onyx (Buah)	Batu Pecah (Buah)
0,4	28	28
0,5	28	28
0,6	28	28
Jumlah Benda Uji	84	84

Berdasarkan tabel di atas jumlah benda uji dibedakan menjadi :

Batu <i>onyx</i>	: 84 buah	
Batu pecah	: 84 buah	+
Jumlah	: 168 buah	

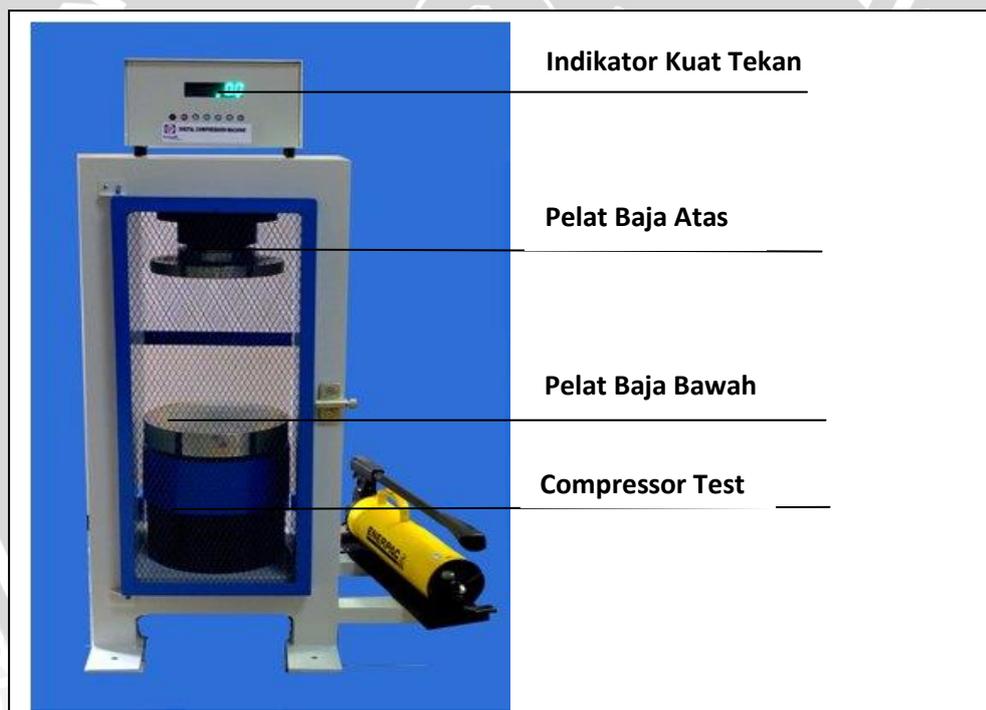
### 3.7 Pengujian Kuat Tekan

Tahapan cara pengujian kuat tekan menurut (SNI-03-1974-1990:3) sebagai berikut:

1. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris;
2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik;
3. Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji;
4. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

Dalam penelitian ini tahapan cara pengujian kuat tekan mengacu pada (SNI-03-1974-1990:3) dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan benda uji yang telah melalui proses *curing* dengan jangka waktu 28 hari dalam keadaan kering udara. Dengan benda uji masing-masing 3 benda uji.
2. Ukur dan timbang benda uji
3. Letakkan benda uji pada mesin secara sentris
4. Ratakan bidang tekan pada permukaan benda uji
5. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik
6. Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji



**Gambar 3.3** Alat pengujian kuat tekan

7. Dari hasil uji tekan dibuat grafik hubungan antara kuat tekan dan umur beton.

### 3.8 Analisa Data

Setelah semua data yang diperlukan diperoleh, maka selanjutnya melakukan analisa secara statistik guna mengetahui pengaruh dari variasi faktor air semen, umur beton dan penggantian jenis agregat kasar. Adapun proses analisisnya sebagai berikut:

#### a. Uji Hipotesa

Untuk dapat mengetahui apakah variasi dari faktor air semen dan umur mempengaruhi kuat tekan benda uji. Maka digunakan analisis variansi (ANOVA) dengan analisa satu arah.

Metode analisis variansi dilakukan dua kali, tujuannya untuk mengetahui apakah ada atau tidak ada pengaruh yang terlihat terhadap faktor air semen antara beton dengan limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti batu pecah dan beton yang menggunakan batu pecah, dan untuk mengetahui apakah ada atau tidak ada pengaruh yang terlihat terhadap umur antara beton dengan limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti batu pecah dan beton yang menggunakan batu pecah.

Dari analisis varian maka didapatkan rumus secara statistik sebagai berikut:

$$H_{0A} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

$$H_{1A} : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Dengan,

$H_{0A}$  = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa faktor air semen tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

$H_{1A}$  = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

Dan,

$$H_{0B} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

$$H_{1B} : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Dengan,

$H_{0B}$  = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa umur tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

$H_{1B}$  = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa umur mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

Dalam uji ANOVA, bukti sampel diambil dari setiap populasi yang sedang dikaji. Data-data yang diperoleh dari sampel tersebut digunakan untuk menghitung statistik sampel. Distribusi sampling yang digunakan untuk mengambil keputusan statistik

yakni menolak atau menerima hipotesis nol ( $H_0$ ), adalah DISTRIBUSI F ( $F$  Distribution).

Indikator yang menentukan diterima atau tidaknya hipotesis di atas yaitu apabila  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, begitu pula sebaliknya  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

b. Uji Hipotesis Selisih Nilai Rata-Rata Pengamatan Berpasangan

Untuk dapat mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan pada nilai kuat tekan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah.

Metode yang digunakan yaitu uji T. Uji T ( $T$  Test) ini dipilih karena sampel yang ada jumlahnya  $< 30$  benda uji, yang biasa disebut dengan sampel kecil.

Dari uji T maka didapatkan rumus secara statistik sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dengan,

$H_0$  = Hipotesis awal yang mengatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

$H_1$  = Hipotesis awal yang mengatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Indikator yang menentukan diterima atau tidaknya hipotesis di atas yaitu jika hasil dari  $T_{hitung}$  tidak berada pada daerah tolakan yang dibatasi oleh hasil dari  $T_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Sebaliknya, jika hasil dari  $T_{hitung}$  berada pada daerah tolakan yang dibatasi oleh hasil dari  $T_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.