

# BAB III

## METODE PENELITIAN

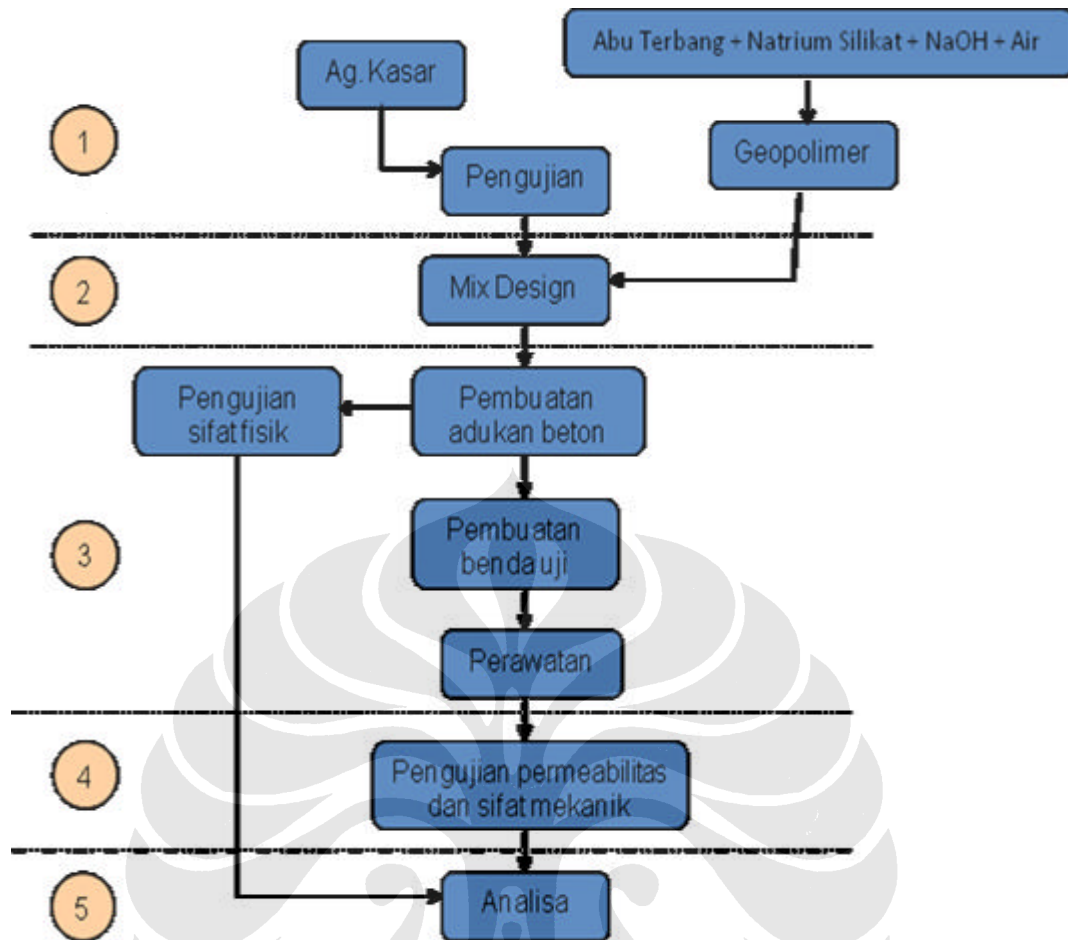
### 3.1. PENDAHULUAN

Berdasarkan penjelasan tentang metode penelitian pada Bab I, akan dijelaskan lebih rinci mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian ini. Metode penelitian yang digunakan adalah mencari *mix design* yang paling tepat pembentuk benda uji dari beton lulus air (*porous concrete*) dengan gradasi saringan agregat seragam, dan agregat all menggunakan material geopolimer sebagai bahan pengikat.

Tahap selanjutnya adalah tahap percobaan laboratorium dimana dilakukan uji permeabilitas dengan cara menggenangi air pada lapisan sampel beton. Dan dilakukan pengujian sifat mekanik dengan pembebanan statis pada sample beton. Jumlah benda uji yang akan dibuat untuk penelitian adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.1.** Jumlah Benda Uji

No.	Jenis Pengetesan	Bentuk Benda Uji	Ukuran Benda Uji	Jumlah (buah)
1	Tes Kuat Tekan	Silinder	Ø 15x30 cm	3
2	Tes Kuat Tarik Lentur	Balok	15x15x55 cm	3
3	Tes Kuat Tarik	Angka 8	P 7,5, L <sub>a</sub> 2,5, L <sub>b</sub> 4, T 2,5 cm	3
4	Tes Permeabilitas	Silinder	Ø 15x30 cm	3



**Gambar 3.1.** Tahapan Metode Penelitian

Keterangan tahapan-tahapan pada grafik, diatas :

Tahap 1 : Pengujian material dasar pembentuk campuran beton lulus air

Tahap 2 : Mix Design

Tahap 3 : Pembuatan adukan beton, Pengujian sifat fisik, pembuatan benda uji, dan perawatan.

Tahap 4 : Pengujian permeabilitas dan sifat mekanik beton lulus air

Tahap 5 : Analisa hasil pengujian

### **3.2. PENGUJIAN MATERIAL PENYUSUN GEOPOLIMER**

Material-material yang akan digunakan sebagai penyusun beton lulus air (*porous concrete*) pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik dan unsur penyusun dari material tersebut.

#### **3.2.1. Pengujian Prekursor**

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab terdahulu, bahan prekursor yang akan digunakan adalah abu terbang (*fly ash*), yang merupakan limbah pembakaran batu bara pada instalasi pembangkit listrik.

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik abu terbang adalah *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Pengujian *XRF* berfungsi untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam abu terbang. Diharapkan sebagian besar penyusun dari abu terbang adalah Alumina dan Silika. Pengujian *XRD* dilakukan untuk mencari sifat struktur dari abu terbang. Hasil sampel dapat dilihat pada Lampiran 1.

Pada penelitian ini pengujian material abu terbang (*fly ash*) dilakukan oleh Departemen Fisika FMIPA Universitas Indonesia.

#### **3.2.2. Pengujian Aktivator**

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab terdahulu, bahan aktivator yang akan digunakan adalah Waterglass ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), dan NaOH. Pengujian yang dilakukan adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* dan *Gravity Metric*. Pengujian AAS bertujuan untuk mengetahui jumlah unsur atau senyawa  $\text{Na}_2\text{O}$ , sedangkan Gravity Metric untuk mengetahui jumlah unsur atau senyawa  $\text{SiO}_2$  yang terkandung didalam *waterglass* tersebut. Hasil sampel dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pada penelitian ini pengujian *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dan *Gravity Metric* dilakukan oleh Laboratorium Afiliasi Departemen Kimia FMIPA Universitas Indonesia.

### 3.3. PENGUJIAN AGREGAT

Prosedur awal pengujian agregat, yaitu mencuci dengan air bersih untuk menghilangkan material organik dan material perusak lainnya. Pemeriksaan selanjutnya adalah uji kadar air agregat. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton.

Percobaan *specific gravity* dan *absorpsi* dilakukan dengan menimbang berat agregat dalam kondisi kering permukaan. Kondisi kering permukaan didapat dengan merendam agregat dalam air selama satu hari, kemudian agregat dikeringkan dengan menggunakan handuk sampai kering permukaan (BJ). Lalu agregat tadi dimasukkan ke dalam keranjang dan direndam dalam air, timbang (BA) dalam kondisi agregat di dalam air atau kondisi jenuh. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu sampai tiga jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (BK).

**Perhitungan :**

1. Berat Jenis =  $\frac{BK}{BJ - BA}$
2. Berat Jenis ssd (JPK) =  $\frac{BJ}{BJ - BA}$
3. Berat Jenis semu =  $\frac{BK}{BK - BA}$
4. Penyerapan air =  $\frac{BJ - BK}{BK} \times 100\%$

Pengujian selanjutnya adalah analisa saringan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pembagian butiran agregat sehingga dapat diketahui sebaran gradasi dari agregat apakah memenuhi syarat yang diizinkan atau tidak. Saringan yang digunakan adalah Ø 38,1 mm (1 ½ ”); Ø 25 mm (1“); Ø 19 mm (3/4“); Ø 12,5 mm (1/2“); Ø 9,5 mm (3/8”) ; Ø 4,75 mm (no.4); Ø 2,36 mm (no.8); pan.

#### 3.4. DESIGN CAMPURAN

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tekan, uji kuat tarik, uji kuat tarik lentur dan uji permeabilitas, oleh karena itu pada saat pekerjaan laboratorium akan dibuat kuantitas sampel sesuai dengan kebutuhan uji tersebut.

Desain campuran yang digunakan adalah proses design komposisi material geopolimer dengan air (komposisi matriks-inklusi). Pada tahap ini dibuat sampel material geopolimer dengan ukuran kecil. Untuk mengetahui komposisi yang tepat dilakukan campuran secara *trial and error*, yaitu mengatur komposisi prekursor dengan aktivator alkali.

Perawatan (*curing*) beton geopolimer berbeda dengan beton semen pada umumnya. Dengan adanya reaksi hidrasi, beton semen portland memerlukan waktu sekitar 28 hari untuk mencapai kekuatan maksimum. Sedangkan pada beton geopolimer, kekuatan maksimum dicapai pada saat beton telah mengeras, kenaikan kekuatan setelah beton mengeras sangatlah signifikan. Hal ini disebabkan karena reaksi yang terjadi adalah reaksi polimerisasi.

Setelah ditentukan komposisi matriks-inklusi untuk material geopolimer, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji beton lulus air dengan design tersebut untuk sampel tes tekan, tes tarik, tes lentur dan uji permeabilitas.

### 3.5. METODOLOGI PEMBUATAN BENDA UJI

Dalam pembuatan benda uji terdapat beberapa rangkaian kegiatan sebelum dilakukan pengetesan terhadap benda uji. Rangkaian-rangkaian kegiatan tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan benda uji yang homogen, layak tes dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

#### 3.5.1. Persiapan Sebelum Produksi

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini merupakan penunjang proses produksi. Hal-hal yang termasuk, diantaranya:

##### 1. *Peralatan.*

Peralatan yang digunakan pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

- *Concrete mixer.* Volume *concrete mixer* yang akan digunakan adalah  $\pm 1 \text{ m}^3$ .
- Bekisting sesuai dengan kriteria yang telah disebutkan di atas.
- 1 set peralatan tes slump.
- Sendok semen, wadah dan peralatan penunjang lainnya.

##### 2. *Bahan.*

Bahan-bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

- Prekursor. Bahan prekursor yang digunakan adalah abu terbang yang berasal dari PLTU Suralaya. Sebelum digunakan untuk produksi, abu terbang terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam abu terbang dan mencari sifat struktur dari abu terbang tersebut.
- Aktivator alkali. Aktivator yang digunakan pada percobaan ini adalah campuran sodium silikat dengan sodium hidroksida. Sodium hidroksida yang berbentuk pelet dilarutkan dalam sodium silikat yang berbentuk cairan. Komposisi sodium hidroksida dan

sodium silikat pada saat pencampuran dihitung agar didapatkan komposisi larutan dengan molaritas tertentu. Hal ini berpengaruh dalam reaksi polimerisasi yang akan terjadi.

- Agregat mineral. Agregat mineral yang digunakan berupa agregat kasar. Sebelum produksi, agregat dilakukan pengujian dan persiapan sebagaimana dijelaskan pada sub-bab pengujian material.
- Air. Air yang digunakan adalah pompa air tanah laboratorium struktur dan bahan jurusan Teknik Sipil, Universitas Indonesia.

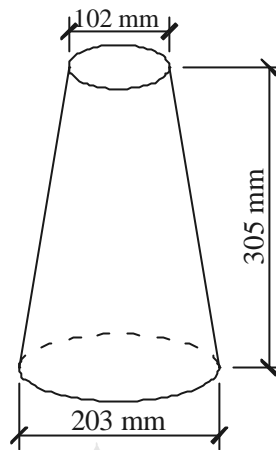
### **3.5.2. Proses Produksi**

Proses produksi terdiri dari pencampuran (*mixing*), pencetakan (*moulding*), dan proses pengerasan (*Curing*). Pada beton geopolimer terdapat usaha tambahan untuk mencapai reaksi polimerisasi sempurna, sehingga pada penelitian ini kegiatan produksi sangat mempengaruhi hasil dari produk. Oleh karena itu pada proses produksi benda uji sangat diperlukan kontrol terhadap kualitas (*quality control*).

#### **1. *Mixing***

Proses pencampuran dilakukan setelah melakukan proses design, dimana komposisi berat tiap bahan beton telah ditentukan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Proses pencampuran meliputi rangkaian kegiatan berikut ini:

1. Membuat larutan aktivator alkali dalam wadah. Setelah terjadi reaksi dalam larutan (ditandai dengan kenaikan suhu), campur abu terbang kemudian aduk merata, yaitu setiap butiran *fly ash* bersentuhan dengan larutan. Bahan ini merupakan material geopolimer yang berfungsi sebagai matriks (*mortar*).
2. Masukkan mortar dan agregat kasar dalam keadaan kering ke dalam mixer dan aduk sampai mendapatkan kondisi homogen.
3. Lakukan tes slump untuk mengetahui besar slump yang didapat.



**Gambar 3.2.** Dimensi Pengujian Slump

## 2. *Moulding*

Metode pencetakan berperan dalam menentukan kepadatan dan homogenitas beton pada saat keras, serta besar pori yang timbul. Proses pencetakan meliputi rangkaian kegiatan berikut ini:

1. Pastikan dinding – dinding bekisting telah bersih dari segala macam benda asing.
2. Beton segar yang telah tercampur dengan baik dimasukkan ke dalam bekisting. Proses pengecoran dibagi menjadi tiga lapisan, tiap lapisan dipadatkan dengan menggunakan batang besi sebanyak 25 kali tusukan. Pada bekisting lentur, banyak tusukan yang diberikan ditentukan sampai kondisi beton terlihat padat.
3. Setelah bekisting terisi penuh, tutup permukaan beton segar dengan plastik. Hal ini bertujuan untuk menjaga terlepasnya air melalui proses penguapan. Penguapan air yang berlebihan akan mengganggu proses polimerisasi serta menyebabkan *thermal shrinkage*.



### 3. *Curing*

Berbeda dengan material semen portland yang menghasilkan panas hidrasi tinggi, material geopolimer membutuhkan energi aktivasi tambahan untuk mempercepat proses polimerisasi. Agar proses perkerasan berlangsung cepat, benda uji yang telah dicetak dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°-80°C selama 24 jam sampai mengeras, dimana beton yang telah mengeras diindikasikan dengan kondisi pada saat pelepasan bekisting beton tidak mengalami keruntuhan.

### 3.6. **PENGUJIAN PERMEABILITAS BENDA UJI**

Tujuan dari pengujian permeabilitas benda uji adalah untuk mendapatkan persentase rongga udara pada beton, kecepatan air dalam menyerap, dan persentase lolos air.

Langkah pengujian adalah Persiapkan air sebanyak 1000 ml, timbang berat sampel benda uji (kg), kemudian pegang benda uji sampai dengan jarak ±25 cm dari wadah air, Menyiram air diatas permukaan benda uji sampai air keluar dari permukaan bawah sampel ke wadah, dicatat waktunya (det), dan menghitung jumlah air yang keluar dari benda uji (ml).

#### ***Perhitungan :***

#### 1. Analisa Persentase Rongga Udara

Perhitungan persentase rongga udara dilakukan dengan rumus

$$\% \text{Rongga Udara} = \frac{12,5 - \text{Berat Sampel(Kg)}}{12,5} \times 100\%$$

Dengan asumsi bahwa berat beton normal adalah 12,5 Kg

#### 2. Analisa Kecepatan Air

Perhitungan kecepatan air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu dihitung waktu air berada diatas permukaan atas benda uji sampai air keluar di permukaan bawah benda uji.

Rumus Perhitungan kecepatan air :

$$V = \frac{H(m)}{T(\text{det})}$$

Keterangan :

V= Kecepatan air (m/s)

H = Tinggi Benda uji (m)

T = Waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (det)

### 3. Analisa Persentase lolos air

Perhitungan lolos air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu diukur jumlah air yang dihasilkan atau lolos dari benda uji.

Rumus Perhitungan persentase lolos air :

$$\% \text{ Lolos Air} = \frac{(\text{Jumlah Air Lolos}(ml))}{1000} \times 100\%$$

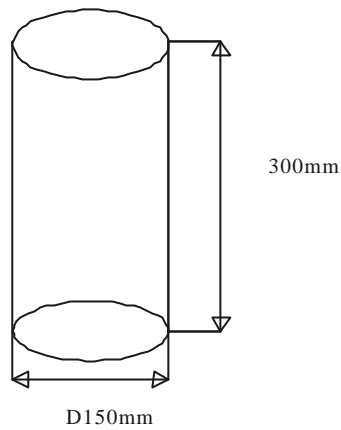
## 3.7. PENGUJIAN SIFAT MEKANIK BETON

Pengujian yang dilakukan pada benda uji adalah tes tekan, tes tarik dan tes lentur. Dari tes di atas akan didapat nilai kuat tekan (*compressive strength*), kuat tarik (*direct tension*), dan kuat lentur (*flexural strength*).

### 3.7.1. Kuat Tekan Beton

Tujuan dari pengujian kuat tekan beton adalah untuk mengetahui kuat tekan benda uji disesuaikan dengan kuat tekan rencana.

Seperti telah dibahas pada sub bab di atas, desain yang digunakan untuk tes tekan adalah tiga buah, namun dilakukan hanya pada hari pada saat beton telah mengeras. Untuk kuat tekan digunakan benda uji silinder berukuran dia.15 cm tinggi = 30 cm, dengan ASTM Designation: C 39 – 94 tahun 2005 (*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*). untuk pengetesan terhadap material beton.



**Gambar 3.3.** Dimensi Bekisting Silinder Kuat Tekan

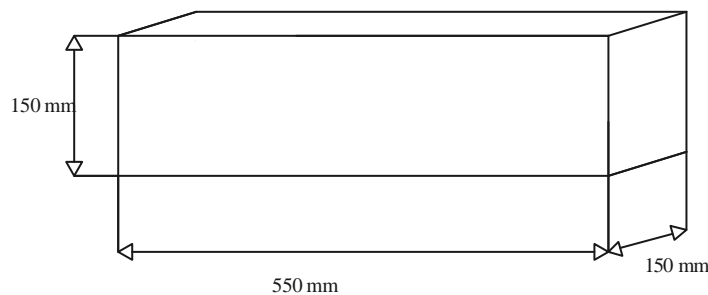
**Perhitungan :**

$$(sb) = \frac{P}{A}$$

Dimana :    s b    = Kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)  
               P        = Beban maksimum (kg)  
               A        = Luas Penampang (cm<sup>2</sup>)

### 3.7.2. Kuat Tarik Lentur

Tes ini didasarkan pada ASTM Designation : C 78 – 02 tahun 2005 (*Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete {Using Simple Beam With Three-Point Loading}*). Balok berukuran 150 x 150 x 550 mm akan diberikan beban titik pada sepertiga dan dua-pertiga bentang. Nilai yang didapat pada uji ini adalah kuat lentur benda uji.



**Gambar 3.4.** Dimensi Bekisting Balok Tes Tarik Lentur

**Perhitungan :**

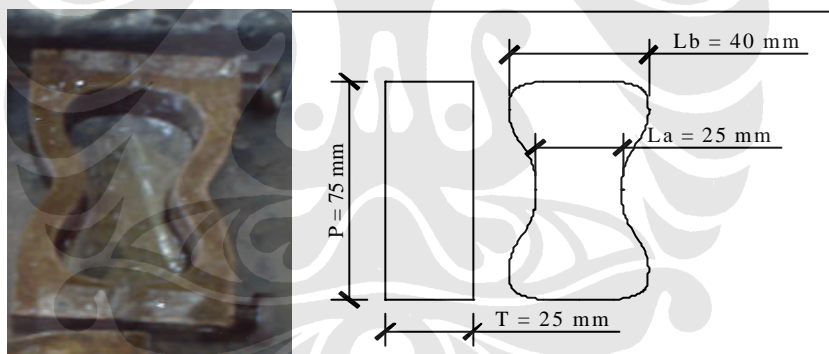
Hitung kuat lentur beton tersebut dengan rumus :

$$F_{cr} = \frac{P.L}{b.d^2} \text{ Mpa}$$

- Dimana :
- F<sub>cr</sub> = kuat lentur beton (Mpa)
  - P = beban (kN)
  - L = jarak tumpuan benda uji (cm)
  - b = lebar benda uji (cm)
  - d = tinggi benda uji (cm)

**3.7.3. Tes Kuat Tarik**

Tes kuat tarik, dilakukan hanya komposisi material geopolimer (pasta). Tes ini menggunakan sampel angka delapan, kemudian ditempatkan pada tempat yang menyerupai angka delapan yang besar dan ditarik dengan mesin *direct tension*. Didapatkan nilai kuat tariknya.



**Gambar 3.5.** Dimensi Angka Delapan

**Perhitungan :**

$$(s) = \frac{P}{A}$$

- Dimana :
- s = Kuat tarik (kg/cm<sup>2</sup>)
  - P = Beban maksimum (kg)
  - A = Luas Penampang (cm<sup>2</sup>)

### 3.8. PENGUJIAN LEACHING

Tujuan dari tes pelarutan (*leaching*) adalah untuk mengetahui kadar unsur Fe, Na, dan Mg yang terlarut dalam air sehingga dapat diketahui unsur tersebut apabila bercampur dengan air tanah aman terhadap lingkungan. Larutan asam yang dipakai untuk merendam benda uji adalah  $H_2SO_4$  dengan  $PH < 5,6$  (merupakan simulasi hujan asam).<sup>11</sup>

Prosedur Pengujian :

1. Pecahan benda uji tanpa agregat kasar dihaluskan menjadi serbuk beton. Timbang serbuk tersebut (gr).
2. Siapkan wadah penampung, dengan wadah berisikan larutan asam dengan  $pH < 5,6$  yang telah ditimbang.
3. Kemudian rendam serbuk selama 24 jam kedalam larutan.
4. Setelah 24 jam diambil air dari kedua wadah tersebut secukupnya untuk dianalisa dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).
5. Hasil AAS yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah hanya hasil larutan material geopolimer dengan bahan dasar abu terbang, NaOH, waterglass, dan air.

---

<sup>11</sup> "Hujan asam" - Wikipedia Indonesia, ensiklopedia bebas berbahasa Indonesia.htm