

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. SISTEMATIKA PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian di laboratorium sesuai dengan standar yang berlaku, baik standar Indonesia SNI maupun standar asing seperti ASTM, dan AASHTO.

Metode penelitian yang digunakan adalah mencari *mix design* yang paling tepat pembentuk benda uji dari beton geopolimer dengan prekursor abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) sebagai agregat halus. Tahap selanjutnya adalah tahap percobaan laboratorium, dimana dilakukan pengujian untuk menentukan mix-design beton yang paling tepat, pengujian sifat fisik agregat dan pengujian sifat mekanik dengan pembebanan statis pada sample beton.

Benda uji yang akan dibuat untuk penelitian ini adalah

Tabel 3.1. Benda Uji

No.	Parameter	Bentuk Benda Uji
1.	Tes Kuat Tekan	Silinder (Ø15 x 30) Atau Kubus (15 x 15 x 15)
2.	Tes Kuat Lentur	Balok (15 x 15 x 55)
3.	Tes Kuat Tarik	Angka Delapan (P 7,5, L <sub>a</sub> 2,5, L <sub>b</sub> 4, T 2,5)

## 3.2. PENGUJIAN AGREGAT

### 3.2.1. Pengujian Berat Jenis

Standar : Agregat Kasar : ASTM C – 127 – 04  
Agregat Halus : ASTM C – 128 – 04  
Tujuan : Untuk menentukan berat jenis agregat.

#### 3.2.1.1. Pengujian Agregat Kasar

Alat :

1. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm dengan kapasitas 5 kg
2. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai dengan pengujian.
3. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr kapasitas 5 kg yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
4. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Alat pemisah contoh
6. Saringan no.4 (4,75 mm)

Bahan :

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no.4 (4,75 mm) diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat, sebanyak kurang lebih 5 kg.

Prosedur Pengujian :

1. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
2. Keluarkan benda uji dari air lalu di lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering), untuk butir yang besar pengeringan harus dilakukan satu persatu.
3. Timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ).
4. Letakan benda uji di dalam keranjang lalu digoyangkan batunya untuk mengeluarkan gelembung udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (BA).  
Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25° C.
5. Masukkan benda uji kedalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$  sampai berat tetap.

Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu sampai tiga jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (BK).

### 3.2.1.2. Pengujian Agregat Halus

Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram mempunyai kapasitas 5 kg
2. Picnometer dengan kapasitas 500 ml
3. Kerucut terpancung
4. Batang penumbuk
5. Saringan 4 mm
6. Oven
7. Pengukur suhu dengan ketelitian 1° C.
8. Talam
9. Bejana tempat air
10. Pompa hampa udara
11. Air suling
12. Desikator

Bahan :

Benda uji adalah agregat yang lewat ayakan no.4 (4,75 mm) diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 1000 gram.

Prosedur Pengujian :

1. Keringkan benda uji di dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$  sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
2. Buang air perendam hati-hati jangan ada butiran yang hilang tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai Jenuh Permukaan Kering (JPK).
3. Periksa keadaan JPK dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan sebanyak 25 kali, angkat kerucut. Keadaan JPK tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.

4. Setelah tercapai keadaan JPK, ambil benda uji sebanyak 500 gram (Bssd) masukan kedalam picnometer, masukan air suling sebanyak 90% dari isi picnometer, putar sambil digoyangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat dapat digunakan pompa hampa udara atau dengan cara merebus picnometer.
5. Rendam picnometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standart 25° C.
6. Tambahkan air sampai pada batas tertentu.
7. Timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (BT).
8. Keluarkan benda uji lalu keringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5)° C sampai berat tetap kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
9. Setelah benda uji dingin lalu timbang (BK).
10. Tentukan berat picnometer berisi air penuh (B) dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standart 25° C.

Perhitungan :

A. Agregat Kasar

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 =  $\frac{BJ - BK}{BK} \times 100\%$

B. Agregat Halus

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

### 3.2.2. Pengujian Analisa Ayak

Standar : ASTM C – 136 – 05

Tujuan : Untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Alat :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Satu set ayakan untuk agregat halus, terdiri atas:  
Ø 9,50 mm (3/8"); Ø 4,75 mm (no. 4); Ø 2,36 mm (no. 8); Ø 1,18 mm (no.16); Ø 0,6 mm; Ø 0,3 mm; Ø 0,3 mm; Ø 0,15 mm (no. 100); pan.
3. Satu set ayakan untuk agregat kasar, terdiri atas:  
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.
4. Alat Pengayakan (mesin getar).
5. Talam
6. Sikat halus / kuas / sikat saringan.
7. Oven untuk memanasi.
8. Sendok dan alat-alat lainnya.

Bahan : Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat

Prosedur Pengujian :

1. Susun ayakan dari diameter terbesar sampai pan, lalu letakkan dibawah mesin ayakan.
2. Timbang 1000 gram pasir kering (setelah dikeringkan dalam oven pengering), lalu masukkan ke ayakan Ø 9,5 mm, lalu ayakan teratas ditutup.
3. Ayakan diguncangkan dengan mesin penguncang selama 10 – 15 menit.
4. Timbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing ayakan.

Perhitungan :

Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

$$FM = \frac{\sum \% \text{ tertahan komulatif di atas ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

### 3.3. RANCANG CAMPUR (MIX DESIGN) BETON GEOPOLIMER

Prosedur perhitungan campuran beton geopolimer pada prinsip sama dengan perhitungan campuran beton normal. Pada perhitungan campuran beton geopolimer perbandingan pasta geopolimer sama dengan pasta semen pada perhitungan campuran beton normal.

#### Campuran Beton Normal

Semen [C]	=	A	kg	}	Pasta Semen = ( A + B ) kg
Air [W]	=	B	kg		
Pasir [S]	=	C	kg		
Agregat kasar [CA]	=	D	kg		

#### Pasta Geopolimer

<i>Fly ash</i>	=	E	%
NaOH	=	F	%
<i>Waterglass</i> (Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	=	G	%
Air	=	H	%

#### Campuran Beton Geopolimer

<i>Fly ash</i>	=	(( A + B ) x E %)	kg
NaOH	=	(( A + B ) x F %)	kg
<i>Waterglass</i> (Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	=	(( A + B ) x G %)	kg
Air	=	(( A + B ) x H %)	kg
Pasir [S]	=	C	kg
Agregat kasar [CA]	=	D	kg

#### Prosedur Perancangan Campuran Beton Normal

1. Tes terhadap material beton, untuk memeriksa apakah material tersebut memenuhi syarat spesifikasi atau tidak.
2. Menentukan ukuran butiran maksimum agregat kasar, slump dan kandungan udara yang disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi dan pelaksanaan pekerjaan.

3. Menentukan Water-Cement ratio yang memenuhi strength dan durability yang diperlukan.
4. Menentukan perbandingan campuran dengan cara coba-coba di dalam batch. Dengan jumlah air adukan dan persentase pasir terhadap agregat (S/A) yang untuk sementara ditentukan.
5. Penyesuaian jumlah air adukan dan admixture untuk mendapatkan slump dan kandungan udara yang diperlukan.

### 3.4. PENGUJIAN SIFAT FISIK BETON

#### 3.4.1. Uji Slump (*Slump Test*)

Standar : ASTM C – 143 -05

Tujuan : Untuk mengetahui konsistensi (kekentalan adukan beton).

Alat:

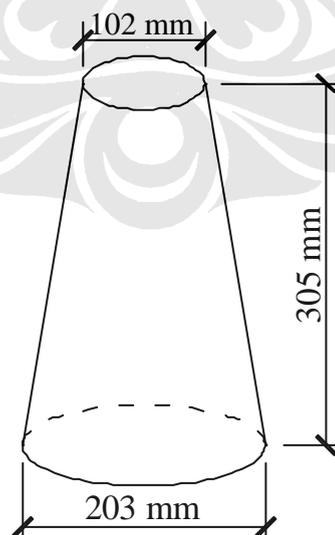
1. Kerucut Abrams berbentuk kerucut terpancung.

Diameter bawah = 203 mm ( 8").

Diameter atas = 102 mm ( 4").

Tinggi = 305 mm ( 12").

Tebal kerucut minimum 1,6 mm.



Gambar 3.1. Kerucut Abrams

2. Pelat baja ukuran 50 cm x 50 cm untuk alas tempat kerucut berdiri.
3. Batang baja diameter 16 mm panjang 600 mm, salah satu ujungnya dibulatkan.
4. Mistar ukur .

Bahan:

Beton segar sebanyak sama dengan cetakan.

Prosedur :

1. Adukan beton dimasukkan kedalam kerucut Abrams mula-mula sebanyak 1/3 tinggi kerucut. Lalu ditusuk-tusuk dengan batang baja Ø 16 mm (ujung bulat berada dibawah, batang harus dalam posisi vertikal). Sebanyak 25 kali pada tempat yang berlainan.
2. Tambahkan lagi 1/3 tinggi berikutnya, lalu ulangi lagi langkah ke 1.
3. Tambahkan lagi 1/3 tinggi kerucut terakhir, lakukan seperti seperti 1), lalu permukaan atas diratakan dengan bibir atas kerucut.
4. Selubung kerucut diangkat keatas (pada saat itu posisi kaki dipindahkan, tak menginjak lagi kaki kerucut), adukan beton akan turun. Besarnya penurunan ini diukur dengan alat ukur tinggi slump. Turunnya puncak kerucut adukan beton disebut slump.

### **3.5. PENGUJIAN SIFAT MEKANIK BETON**

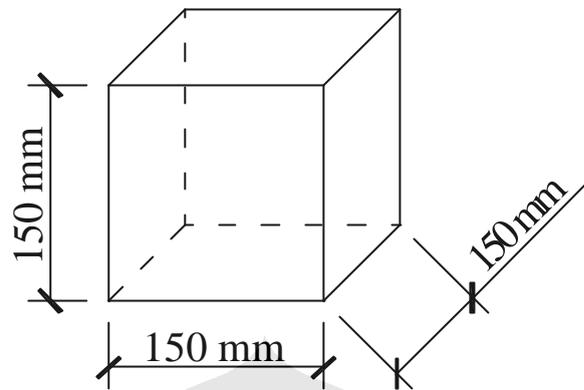
#### **3.5.1. Kuat Tekan Beton**

Standar : ASTM C – 39 – 04a

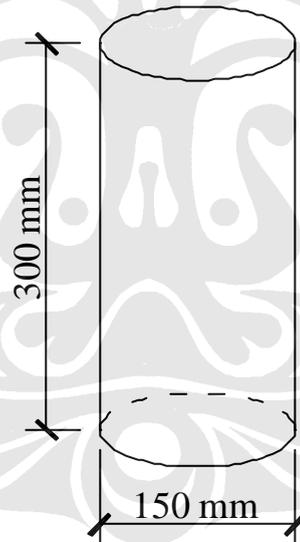
Tujuan : Untuk mengetahui kuat tekan benda uji disesuaikan dengan kuat tekan rencana

Alat :

1. Cetakan kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm atau silinder Ø15 cm tinggi 30 cm.



Gambar 3.2. Dimensi Bekisting Kubus Kuat Tekan



Gambar 3.3. Dimensi Bekisting Silinder Kuat Tekan

2. Batang penumbuk diameter 16 cm, panjang 60 cm dengan ujung dibulatkan atau penggetar batang
3. Sendok beton
4. Mesin uji tekan
5. Mesin Pengaduk
6. Alat perata

Bahan :

Benda uji kubus atau silinder

Prosedur Pengujian :

1. Pembuatan benda uji

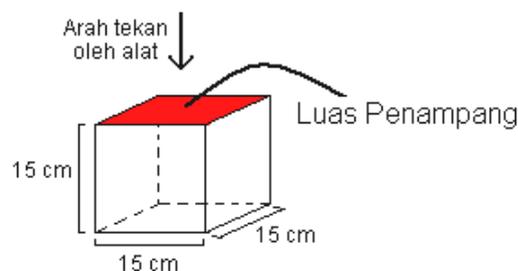
- a. Isilah dengan adukan beton dalam tiga lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan, pada saat pemadatan lapisan kedua dan ketiga tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 4 mm kedalam lapisan dibawahnya.
- b. Setelah selesai pemadatan, ketuk sisi cetakan perlahan-lahan sampai tidak ada gelembung udara pada permukaan serta rongga-rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton geopolimer dan tutup segera bahan yang kedap air serta tahan karat, kemudian masukan ke dalam oven dengan suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  biarkan selama 24 jam dan letakan pada tempat yang bebas dari getaran
- c. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven dan buka cetakan.

2. Persiapan Pengujian

- a. Tentukan berat dan ukuran benda uji
- b. Lapisi permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang
- c. Benda uji siap ditekan

3. Cara Pengujian

- a. Letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- b. Operasikan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara  $2-4 \text{ kg/cm}^2$  per detik.
- c. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catat beban maksimum yang terjadi.



Gambar 3.4. Pembebanan Benda Uji Kuat Tekan

Perhitungan :

$$\text{Kuat tekan (sb)} = \frac{P}{A}$$

Dimana :     s b     = Kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )  
              P       = Beban maksimum (kg)  
              A       = Luas Penampang ( $\text{cm}^2$ )

### 3.5.2. Kuat Lentur Beton

Standar       : ASTM C 78-02

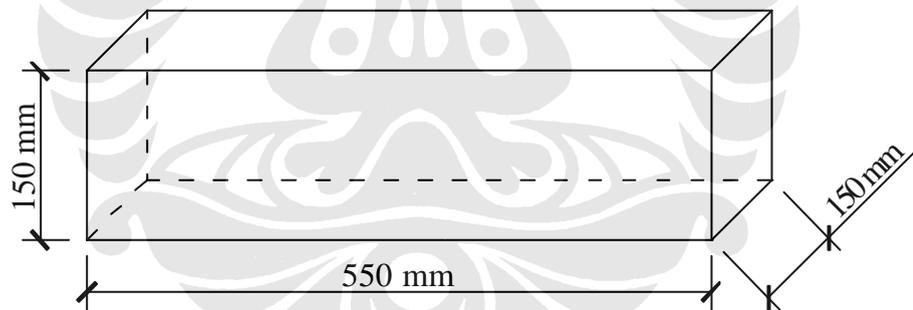
Tujuan        : Untuk menentukan kuat lentur beton sesuai yang direncanakan.

Alat :

1. Mesin uji tekan beton
2. Peralatan uji lentur lengkap dengan plat besi untuk beban kuat lentur

Bahan :

Balok ukuran 15 x 15 x 55 cm



Gambar 3.5. Dimensi Bekisting Balok Kuat Lentur

Prosedur Pengujian :

1. Siapkan benda uji kemudian keringkan hingga kering udara
2. Ukur luas bidang yang akan ditekan
3. Tempatkan benda uji pada peralatan uji lentur, tempatkan plat besi pada bagian atas benda uji sebagai beban
4. Letakan pada mesin tekan dan beri beban hingga maksimum

Perhitungan :

Hitung kuat lentur beton tersebut dengan rumus :

$$f_{cr} = \frac{P.L}{b.d^2} MPa$$

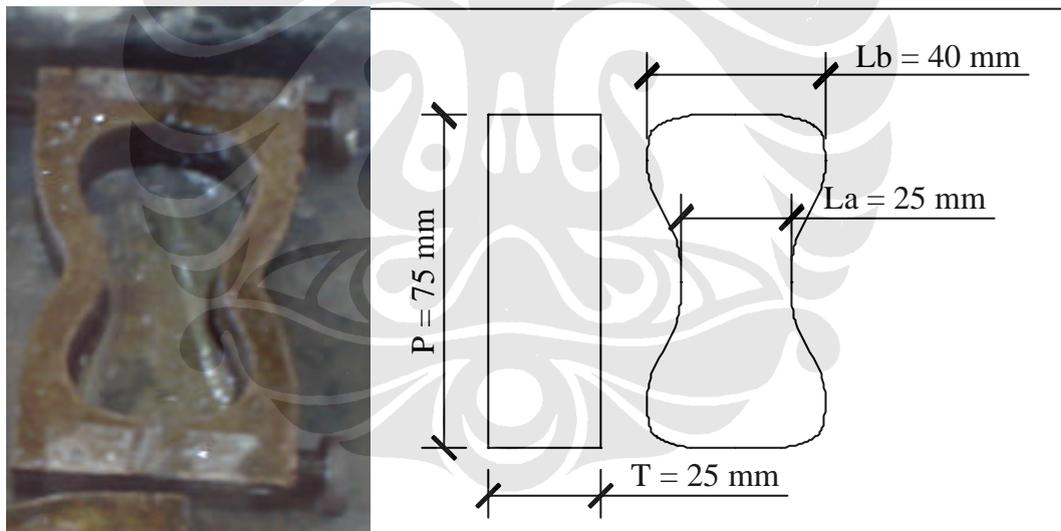
Dimana :  $f_{cr}$  = kuat lentur beton (MPa)  
 P = Beban (kN)  
 L = jarak tumpuan benda uji (cm)  
 b = lebar benda uji (cm)  
 d = tinggi benda uji (cm)

### 3.5.2. Kuat Tarik Beton

Tujuan : Untuk mengetahui kuat tarik beton. Tes kuat tarik dilakukan hanya material geopolimernya saja.

Alat :

1. Mesin *Direct Tension*



Gambar 3.6. Dimensi Bekisting Angka Delapan *Direct Tension*

Prosedur Pengujian :

1. Siapkan benda uji kemudian keringkan hingga kering udara
2. Ukur luas bidang yang akan ditarik
3. Tempatkan benda uji pada mesin *direct tension*
4. Beri beban hingga benda uji putus. Ditinjau penampang tengah dengan tinggi benda uji 2,5 cm dan lebarnya 2,5 cm.

Perhitungan :

Hitung kuat tarik (*direct tension*) tersebut dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{P}{A} \text{ MPa}$$

Dimana :       $f_{ct}$       = kuat tarik beton ( $\text{kg/cm}^2$ )  
                  P         = beban maksimum (kg)  
                  A         = Luas Penampang ( $\text{cm}^2$ )

### 3.6. PENGUJIAN LEACHING

Tujuan         : Untuk mengetahui kadar Na, Fe, Mg yang terlarut dalam air sehingga dapat diketahui unsur yang terlarut tersebut apabila bercampur dengan air tanah aman terhadap lingkungan.

Prosedur Pengujian :

1. Ambil pecahan benda uji tanpa agregat kasar.
2. Kemudian pecahan tersebut dihaluskan menjadi serbuk.
3. Timbang serbuk beton tersebut.
4. Siapkan wadah penampung, dengan berisikan larutan asam dengan  $\text{pH} < 5,6$  (merupakan simulasi hujan asam)<sup>11</sup> yang telah ditimbang.
5. Masukkan serbuk beton yang telah ditimbang ke wadah.
6. Kocok wadah tersebut, kemudian diamkan selama 24 jam.
7. Setelah 24 jam diambil air dari kedua wadah tersebut secukupnya untuk dianalisa dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).
8. Didapat kadar Na, Fe, Mg dari larutan serbuk campuran pasta geopolimer berbahan dasar *fly ash* dengan agregat halus *bottom ash*.

---

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