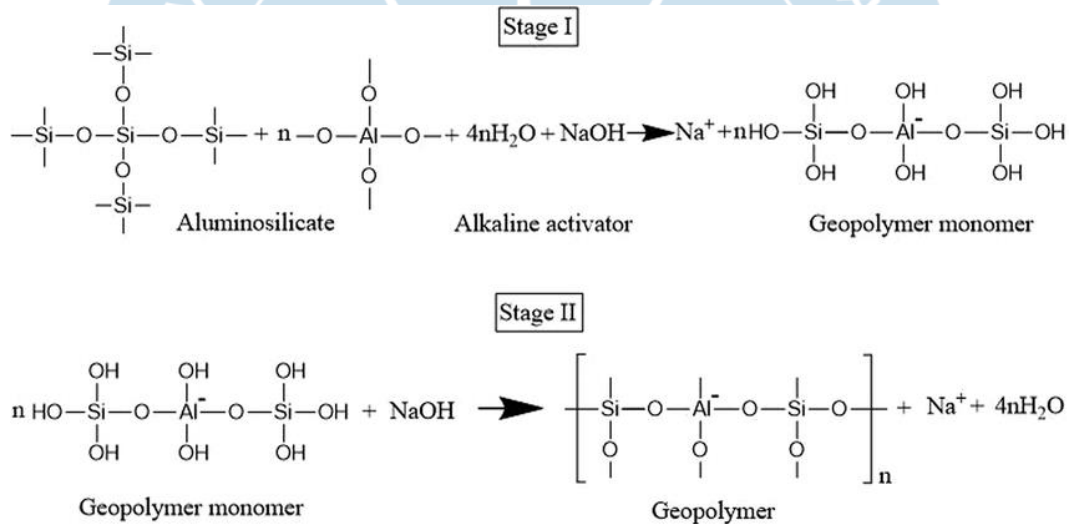


## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Material Penyusun Beton Geopolymer

Beton *geopolymer* merupakan beton tanpa semen dengan *binder* berbahan dasar utama material yang mengandung unsur silika (Si) dan alumina (Al) (Lianasari dkk., 2014). Beton *geopolymer* terbentuk dari reaksi polimerisasi pada beton *geopolymer* merupakan reaksi kimia antara alkalin dan mineral Si – Al yang nantinya akan menghasilkan rantai *polymeric* tiga – dimensi dan ikatan struktur Si – O – Al – O yang konsisten (Davidovits, 1999). Mekanisme reaksi beton *geopolymer* dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1. Mekanisme reaksi beton *geopolymer*

### 3.1.1. Fly ash

Pengertian *fly ash* menurut ASTM C.618 (ASTM,1995:304), merupakan residu atau limbah berbentuk butiran halus yang dihasilkan dari sisa pembakaran batu bara. *Fly ash* dapat digunakan sebagai pengganti semen dikarenakan memiliki kandungan silika (Si) dan alumina (Al) yang tinggi sehingga nantinya dapat direaksikan dengan aktivator sehingga dapat terjadi reaksi polimerisasi. Menurut SNI 2460:2014 tipe dari *fly ash* dibagi menjadi 3 kelas yaitu kelas N, kelas C, dan kelas F.

Tabel 3.1 Persyaratan Mutu *Fly Ash*

Uraian	Kelas N	Kelas C	Kelas F
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , min, %	70	50	70
SO <sub>3</sub> , maks, %	4	5	5
Kadar air, maks, %	3	3	3
Hilang pijar, maks, %	10	6	6

(Sumber : SNI 2460:2014)

Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan tipe *fly ash* kelas F. Menurut penelitian Antoni, dkk., (2016) zat yang terkandung pada *fly ash* tipe F adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Komposisi Penyusun *Fly Ash* Kelas F

Kandungan	Massa (%)
SiO <sub>2</sub>	50,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,08
CaO	4,03
K <sub>2</sub> O	1,53
MgO	1,11
SO <sub>3</sub>	0,77
LOI	0,63

(Sumber : Antoni, dkk, 2016)

### 3.1.2. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan salah satu unsur penyusun beton berupa kerikil atau batuan. Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar adalah kerikil atau batuan yang mengalami desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari hasil industri pemecah batu dengan varian ukuran butir 5 mm – 40 mm. Menurut ASTM C 33/03 persyaratan agregat kasar yang baik sebagai berikut :

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, tidak pecah dan hancur oleh faktor cuaca.
3. Modulus halus butir yaitu berkisar antara 5 sampai 8.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Jika kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat harus dicuci.
5. Presentase agregat yang pipih atau panjang maksimal 20% dari keseluruhan agregat.

Tabel 3.3 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	-	-
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 – 5	2,5

(Sumber : ASTM C 33/03)

### 3.1.3. Agregat halus

Agregat halus merupakan agregat dengan butiran maksimum lolos saringan sebesar 4,76 mm yang berasal dari hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang didapatkan dari proses pengolahan industri pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi. Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan agregat halus yang baik sebagai berikut :

1. Harus terdiri dari butir – butir yang tajam dan keras.
2. Tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat maksimum 12 % sedangkan jika diuji dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %.
3. Kandungan lumpur maksimal 5%
4. Tidak mengandung pasir laut
5. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak
6. Modulus halus butir antara 1,50–3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

Tabel 3.4 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus.

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 – 100	97,5
2,36 mm	80 – 100	90
1,18 mm	50 – 85	67,5
0,6 mm	25- 60	42,5
0,3 mm	5 – 30	17,5
0,15 mm	0-10	5

(Sumber : ASTM C 33/03)

#### **3.1.4. Alkali aktivator**

Alkali aktivator merupakan zat kimia yang nantinya akan memicu terjadinya reaksi polimerisasi yang membentuk ikatan polimer. Penulis menggunakan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).

Natrium hidroksida (NaOH) berfungsi sebagai pereaksi unsur silika (Si) dan alumina (Al) pada *fly ash* sehingga nantinya akan terjadi ikatan polimer yang kuat. Natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) berfungsi sebagai katalisator untuk mempercepat terjadinya reaksi polimerisasi pada beton *geopolymer*.

#### **3.1.5. Aquades**

*Aquades* merupakan air hasil penyulingan / destilasi yang tidak mengandung mineral sama sekali. *Aquades* berfungsi untuk melarutkan larutan alkali aktivator natrium hidroksida (NaOH) per satuan molaritas.

#### **3.1.6. Superplasticizer berbasis sodium gluconate**

*Superplasticizer* yang penulis gunakan pada penelitian ini menggunakan *sodium gluconate*. Menurut Utami, dkk., (2017) *superplasticizer* berbasis *sodium gluconate* memiliki nilai *slump* paling baik diantara 3 *superplasticizer* lainnya serta memiliki waktu ikat awal dan waktu ikat akhir berturut – turut selama 301 menit dan 452 menit.

### **3.2. Setting Time**

*Setting time* pada beton dapat diartikan sebagai waktu yang diperlukan pasta semen untuk melakukan proses hidrolis dimana beton segar yang sedang dikerjakan berubah dari cair menjadi kaku. Secara umum, *setting time* dibagi menjadi 2, yaitu

*initial setting* dan *final time*. Menurut ASTM C 403/ C 403 M waktu yang dibutuhkan dalam proses penetrasi sampai penurunan 25 mm disebut sebagai *initial setting time*. Pengertian *final time* menurut ASTM C 403/ C 403 M merupakan keadaan dimana sudah tidak terjadi penurunan jarum penetrasi sama sekali disebut *final setting time*. Menurut SNI 03-6827-2002 untuk menentukan waktu ikat awal dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan *vicat*.

### 3.3. Workability

Menurut SNI 1972:2008, *workability* merupakan kemudahan pengerjaan beton segar. Penelitian ini menggunakan pengujian *workability* dengan *slump flow test* untuk menentukan *flowability* beton yang sedang diteliti. Ketentuan nilai *slump* beton tidak dicantumkan pada SNI 1972:2008.

### 3.4. Kuat Tekan Beton

Menurut Mulyono, (2004) kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur bangunan. Semakin tinggi kebutuhan akan kekuatan struktur, semakin tinggi pula mutu beton yang dibutuhkan. Berdasarkan kuat tekannya, beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis yang tercantum pada tabel 3.4

Tabel 3.5 Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

(Sumber : Tjokrodinuljo, 2007)

Untuk menentukan nilai kuat tekan, berdasarkan SNI 03-6429-2000 digunakan persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

Keterangan :

- $f'_c$  = kuat tekan beton (MPa)  
 $A$  = luas bidang desak benda uji (mm<sup>2</sup>)  
 $P$  = beban tekan (N)

Benda uji yang digunakan penulis dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis silinder, yaitu silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm serta silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Maka harus diberlakukan faktor koreksi untuk masing masing silinder seperti yang tercantum dalam SNI 1974:2011. Berikut nilai faktor koreksi menurut SNI 1974:2011 :

Tabel 3.6 Faktor koreksi rasio panjang (L) dengan diameter (D)

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor koreksi
50	100	1.09
75	150	1.06
100	200	1.04
125	250	1.02
150	300	1.00
175	350	0.98
200	400	0.96
250	500	0.93
300	600	0.91

(Sumber : SNI 1974:2011)

### 3.5. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas digunakan sebagai tolak ukur untuk mendapatkan nilai dari sifat elastis (*stiffness*) beton. Faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas pada beton *geopolymer* adalah kelembapan udara serta agregat penyusun beton itu

sendiri. Menurut Wang dan Salmon (1986) untuk menentukan modulus elastisitas digunakan rumus 3.2 sebagai berikut:

$$E_C = \frac{f_p}{\varepsilon_p} \quad (3-2)$$

Keterangan :

$E_c$  = modulus elastisitas (MPa)

$f_p$  = tegangan proporsional beton (MPa)

$\varepsilon_p$  = regangan proporsional beton

Pada umumnya, modulus sekan pada 25% sampai 50% dari kekuatan tekan  $f_c'$  dapat diambil sebagai modulus elastisitas (Wang dan Salmon, 1986).

### 3.6. Kuat Tarik Belah

Menurut SK SNI 2491:2014, untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah pada beton dapat menggunakan rumus 3.3 sebagai berikut :

$$f'_t = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3-3)$$

Keterangan :

$f'_t$  = kuat tarik belah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = tinggi silinder beton (mm)

D = diameter silinder beton (mm)