

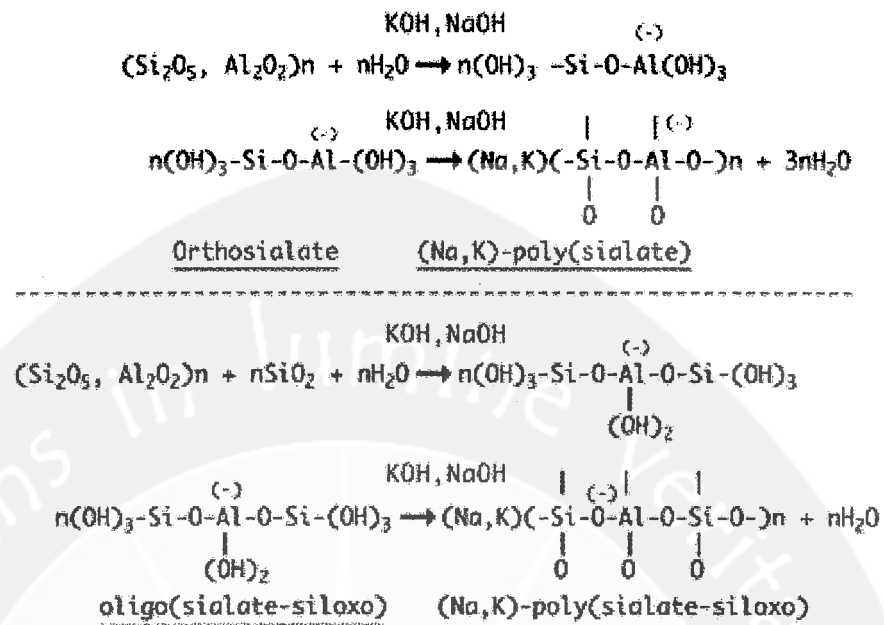
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton Geopolymer

*Geopolymer* pertama kali ditemukan oleh Davidovits pada tahun 1978. *Geopolymer* adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan-bahan yang banyak mengandung silika dan aluminium seperti *fly ash*, abu kulit padi, abu tebu, dan lain-lain. Beton *geopolymer* menggunakan 100% bahan-bahan tersebut. Sehingga berbeda dengan beton konvensional yang menggunakan *fly ash*, abu kulit padi, dan abu tebu sebagai bahan pengisi (*filler*).

Beton *geopolymer* merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi ini unsur aluminium dan silikat merupakan unsur utama yang mempunyai peranan penting dalam membentuk ikatan polimer. Unsur aluminium dan silikat banyak terdapat pada *fly ash* dan kapur. Selain itu diperlukan juga larutan aktivator dalam pembentukan ikatan polimer. Larutan ini berfungsi sebagai katalisator dan memperkuat ikatan polimer. Skema formasi ikatan *geopolymer* tampak pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Reaksi Polimerisasi (Sumber: www.geopolymer.org)

## 2.2. Bahan Penyusun Beton Geopolymer

### 2.2.1. *Fly ash*

Menurut ASTM C.618 *fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *fly ash* yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batubara bitumeus dan *fly ash* kelas C yang dihasilkan dari batu bara jenis lignite atau subbitumeus.

Perbedaan *fly ash* kelas C dan kelas F ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Perbedaan Fly Ash Kelas C dan kelas F

| Senyawa Kimia   | Fly ash Kelas C | Fly ash Kelas F |
|---|-----------------|-----------------|
| Kadar CaO   | >10%            | <10%            |
| Kadar (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | >50%            | >70%            |
| Kadar Na <sub>2</sub> O   | Mencapai 10%    | <5%             |

### 2.2.2. Larutan alkali

Larutan alkali yang paling umum digunakan dalam *geopolymerisasi* adalah suatu kombinasi natrium hidroksida ( NaOH) atau kalium hidroksida ( KOH) dan natrium silikat atau silikat kalium ( Davidovits 1999; Palomo dkk. 1999; Barbosa dkk. 2000; Xu dan van Deventer 2000; Swanepoel dan Strydom 2002; Xu dan Van Deventer 2002).

Penggunaan aktivator alkali tunggal telah dilaporkan ( Palomo dkk. 1999; Teixeira dkk. 2002). Palomo dkk ( 1999) menyimpulkan bahwa jenis cairan alkali memainkan suatu peran penting dalam proses polimerisasi. Reaksi pada suatu tingkat tinggi terjadi ketika cairan alkali berisi silikat dapat larut, baik natrium maupun kalium silikat, dibandingkan hanya menggunakan alkali hidroksida. Xu dan Van Deventer (2000) menetapkan bahwa penambahan larutan natrium silikat ke larutan natrium hidroksida sebagai cairan alkali meningkatkan reaksi antara bahan dan larutan itu sendiri. Lagipula, mereka menemukan bahwa biasanya larutan NaOH menyebabkan pemutusan mineral yang lebih tinggi dibanding larutan KOH.

### 2.2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton (Tjokrodimulyo, 1992). Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting (Mulyono, 2004).

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan. Secara umum, agregat dapat dibedakan menurut ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus Menurut standar ASTM.

Kerikil sebagai agregat kasar hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar adalah sebagai berikut (SK SNI S-04-1989-F):

1. Butir keras dan tidak berpori,
2. Jumlah butir pipih dan panjang dapat dipakai jika kurang dari 20 % berat keseluruhan,
3. Bersifat kekal,
4. Tidak mengandung zat-zat alkali,
5. Kandungan lumpur kurang dari 1 %,
6. Ukuran butir beranekaragam.

Pasir alam sebagai agregat halus hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh agregat halus adalah sebagai berikut (SK SNI S-04-1989-F):

1. butir tajam dan keras dengan indeks kekerasan  $\pm 2,2$
2. butir halus dan bersifat kekal
3. kandungan lumpur kurang dari 5 % dari berat kering
4. tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak
5. memiliki modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8.

#### 2.2.4. Kapur

Bahan dasar dari kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), dengan pemanasan ( $\pm 980^\circ \text{C}$ ) karbon dioksidanya keluar dan tinggal kapurnya saja ( $\text{CaO}$ ).

Susunan batu kapur terdiri dari:

1. jumlah karbonat ( $\text{CO}_3$ ) : 97%
2. kapur tohor ( $\text{CaO}$ ) : 29,77-55,5%
3. magnesium ( $\text{MgO}$ ) : 21-31%
4. silika ( $\text{SiO}_2$ ) : 0,14-2,41%
5. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan oxid besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) : 0,5%

Kapur tohor adalah hasil bakaran dari batu kapur. Kapur padam adalah kapur hasil pemadaman dari kapur tohor yang membentuk hidrat (SK SNI S-04-1989-F). Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen pozzolan yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. Silika adalah mineral utama dari *fly ash* jika beraksi dengan kapur maka akan membentuk gel  $[\text{Ca}(\text{Si})_3]$ . *Fly ash* mempunyai sifat pozzolan sehingga bila dicampur dengan kapur dan air akan bereaksi membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H).

Persyaratan mutu kapur padam tercantum dalam Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2.** Syarat Mutu Kapur Padam (SK SNI S-04-1989-F)

| Uraian   | persyaratan |             |
|--|-------------|-------------|
|  | Kelas I     | Kelas II    |
| 1. kehalusan                                     |             |             |
| Sisa maksimum di atas ayakan: maks % berat       |             |             |
| 6,7 mm   | 0           | 0           |
| 4,75 mm  | 0           | 0           |
| 0,85mm   | 0           | -           |
| 0,106 mm   | 15          | -           |
| 2. CaO + MgO aktif                               |             |             |
| Setelah dikoreksi dengan SO <sub>3</sub> , min % | 65          | 65          |
| CO <sub>2</sub> maks. % berat                    | 6           | 6           |
| 3. sisa tak larut, maks % berat                  | 1           | 3           |
| 4. ketetapan bentuk                              | Tidak retak | Tidak retak |
| 5. kadar air, maks % berat                       | 15          | 15          |

#### 2.4. Penelitian Terdahulu

Hardjito (2004) meneliti faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton *geopolymer*. Penelitian tersebut lebih memperhatikan perlakuan *curing time* dan *curing temperature* beton. Kesimpulan dari penelitian tersebut mengatakan bahwa semakin lama *curing time* maka akan meningkatkan proses polimerisasi yang menghasilkan kuat tekan yang cukup tinggi. Selain itu penggunaan *curing temperature* juga mempengaruhi kuat tekan beton *geopolymer*. Peningkatan suhu curing (diatas 75° C) mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton *geopolymer*.

Sutanto dan Hartono (2005) melakukan penelitian beton *geopolymer* dengan penambahan kapur, menggunakan 18 buah komposisi campuran beton yang terbagi menjadi 2 bagian besar, yaitu dengan dan tanpa penambahan sodium silikat dan sodium hidroksida. Penambahan sodium silikat dan sodium hidroksida ini sebesar 5% dan 10%. Sedangkan komposisi binder (fly ash : kapur) yang digunakan sebesar 50%:50% dan 75%:25%. Sifat beton *geopolymer* yang diuji

yaitu kuat tekan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari dan pengujian absorpsi pada umur beton 28 hari.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai absorpsi pada beton *geopolymer* tergolong dalam kategori *low absorption*. Dengan komposisi campuran 1:1:1 (binder:pasir:kerikil) dan komposisi binder 75%:25% (abu terbang:kapur) menghasilkan kuat tekan yang paling besar yaitu sebesar 22,667 Mpa. Sedangkan Penambahan sodium silikat dan sodium hidroksida sebesar 5% dan 10 % tidak memberikan hasil yang jauh berbeda. Sehingga penambahan sodium silikat dan sodium hidroksida sebesar 5% lebih disarankan. Pada penggunaan rasio air/binder 0,324 hanya menghasilkan kuat tekan beton uji tidak lebih dari 25 Mpa. Semakin tinggi rasio air/binder, maka semakin menurunkan kekuatan beton. Selain itu perlu juga memperhatikan proses curing benda uji. Penggunaan curing dengan cara memanaskan beton dalam oven dapat meningkatkan kuat tekan beton *geopolymer* rata-rata sebesar 36,45%. Bila ditinjau dari segi ekonomi, biaya produksi beton *geopolymer* dapat bersaing dengan biaya produksi beton konvensional.

Agung (2007) melakukan penggantian sebagian semen dengan kapur padam sejumlah variasi 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 % ke dalam campuran adukan beton dengan bahan tambah abu sekam padi sebanyak 20%. Dari pengujian kuat tekan masing-masing beton dari 7 hari ke 14 hari, 28 hari dan 56 hari, dapat dilihat bahwa beton normal memiliki kuat tekan paling tinggi, beton variasi A (0% kapur Padam+20% ASP) memiliki kuat tekan tertinggi diantara

beton variasi dan beton variasi C (10% Kapur Padam+20% ASP) memiliki kuat tekan paling rendah.

Dari pengujian modulus elastisitas Beton pada umur 28 hari, didapatkan nilai modulus elastisitas pada masing masing variasi sebagai berikut: pada beton normal didapatkan nilai modulus elastisitas tertinggi, dan pada beton variasi B (5% kapur Padam+20% ASP) didapat modulus elastisitas tertinggi untuk beton variasi, sedangkan modulus elastisitas terendah didapat pada beton variasi E (20 % kapur Padam+20% ASP)

Penggantian sebagian semen dengan kapur kadam dapat menurunkan panas hidrasi beton, tetapi penggunaan kapur padam yang terlalu banyak menyebabkan kuat tekan beton menjadi menurun.