

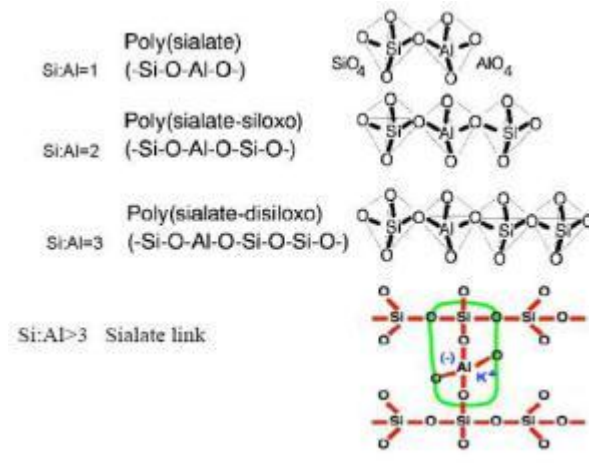
2. STUDI LITERATUR

2.1. Geopolimer

Menurut (Davidovits, 1991) geopolimer adalah material yang dihasilkan dari geosintesis alumino-silikat polimerik dan alkali-silikat yang menghasilkan kerangka polimer SiO_4 dan AlO_4 yang terikat secara tetrahedral. Saat SiO_2 dan Al_2O_3 terikat secara tetrahedral dengan berbagi atom oksigen, harus ada ion positif (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+) dalam lubang kerangka untuk menyeimbangkan muatan negatif dari Al_3^+ dalam bentuk koordinasi IV. Secara umum, geopolimer memiliki bentuk dasar polysialat dengan rumus empirik sebagai berikut



dimana M adalah kation seperti ion kalsium, natrium atau kalium dan n adalah derajat polikondensasi, z adalah 1, 2, 3. Polysialat memiliki fase amorf hingga semikristalin. Berikut ini struktur 3 dimensi polysialat amorf hingga semikristalin



Gambar 2.1. Struktur 3 dimensi Polysialate

Sumber : (Davidovits, 1994)

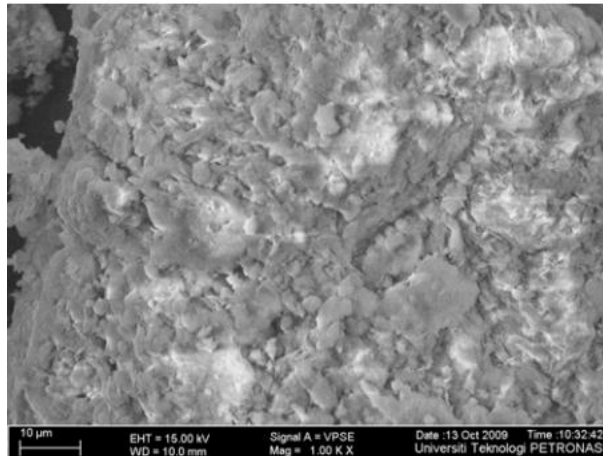
Menurut (Jaarsveld, Deventer, & Schwartzman, 1999) garam logam alkali atau hidroksida diperlukan untuk melarutkan silika dan alumina sebagaimana reaksi katalisis dalam reaksi kondensasi.

bahwa komponen kimia dari lumpur Sidoarjo ini mirip dengan komponen kimia dari *fly ash*. Detail dari komposisi lumpur Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 2.1. dan Gambar 2.3. adalah lumpur Sidoarjo yang diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Tabel 2.1. Komposisi lumpur kering Sidoarjo

Senyawa	%
SiO ₂	53.08
Al ₂ O ₃	18.27
Fe ₂ O ₃	5.6
CaO	2.07
Na ₂ O	2.97
K ₂ O	1.44
TiO ₂	0.57
MgO	2.89
P ₂ O ₅	-
SO ₃	-
SO ₂	2.96
LOI	10.15

Sumber : Balai Besar Keramik Departemen Perindustrian Bandung (2006)



Gambar 2.3. Partikel lumpur Sidoarjo yang diamati dengan SEM

Sumber : (Nurudin, Bayuaji, Masilamani, & Biyanto, 2010)

Dari Tabel 2.1. dapat dilihat bahwa kandungan aluminium dan *silica* yang terdapat pada lumpur cukup besar dalam lumpur Sidoarjo. Kandungan kimia yang terdapat pada lumpur Sidoarjo menunjukkan bahwa lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai pengganti semen atau material Geopolimer. Sedangkan dari

Gambar 2.3. menunjukkan bahwa partikel dari lumpur Sidoarjo memiliki bentuk yang tidak beraturan.

Sebelum digunakan lumpur perlu di *treatment* terlebih dahulu, hal yang pertama kali perlu dilakukan adalah menghilangkan kadar air yang terdapat pada lumpur tersebut dengan cara dimasukkan ke dalam oven terlebih dahulu. Setelah lumpur sudah tidak memiliki kadar air, kemudian lumpur dibakar agar dapat memiliki sifat reaktif (amorf).

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Prasetio, Kartadinata, Hardjito, & Antoni, 2013) lumpur Sidoarjo memiliki *initial setting* sekitar 90 menit atau 1 jam 30 menit dan untuk *final setting* dicapai selama sekitar 250 menit atau 4 jam 10 menit.

2.3. FlyAsh

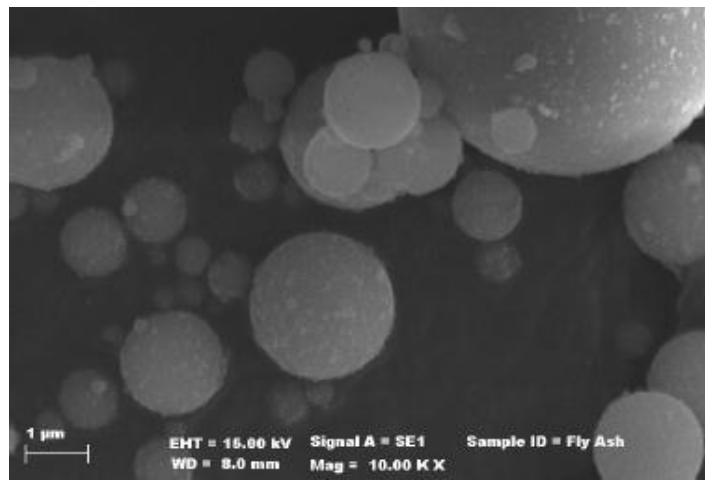
Fly Ash bisa dijadikan sebagai bahan tambahan campuran beton, untuk meningkatkan kualitas beton dalam hal kekuatan, kekedapan air dan ketahanan terhadap sulfat. Komposisi dari *fly ash* sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), oksida aluminium (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), dan oksida kalsium (CaO), serta magnesium, potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit. Sebagian besar komposisi kimia dari *fly ash* ini tergantung dari tipe batu bara. Sebagai campuran beton, mutu *fly ash* harus memenuhi persyaratan kimia dan fisik berdasarkan ASTM C 618 *pozzolan*. Bisa dilihat dalam Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Persyaratan kandungan kimia *fly ash* pozzolan

	Kelas		
	N	F	C
Silikon dioksida (SiO_2) + Aluminium oksida (Al_2O_3) + Ferum trioksida	70.0	70.0	50.0
Sulfur trioksida (SO_3), max,%	4.0	5.0	5.0
Kandungan Pelembab, max, %	3.0	3.0	3.0
Reduksi dari pembakaran, max, %	10.0	6.0	6.0

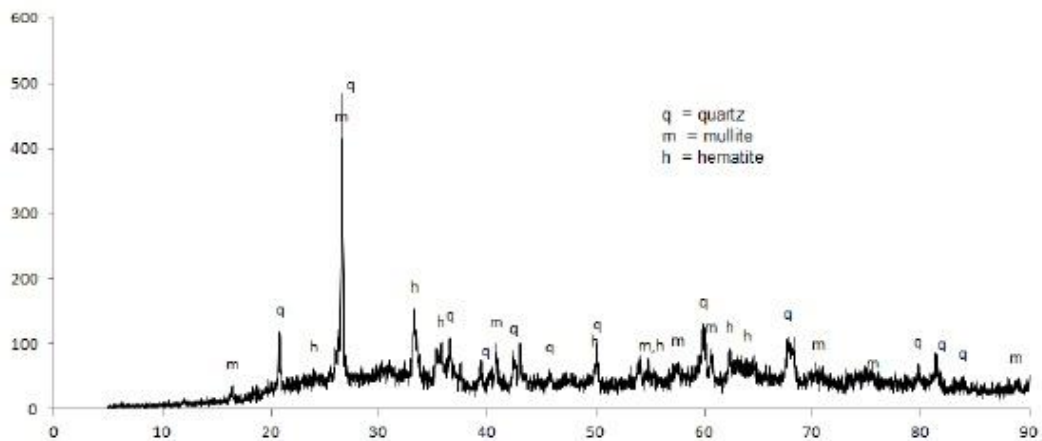
Sumber : ASTM C 618

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan (ASTM C 618) berasal dari Jawa Power Paiton Probolinggo, Jawa Timur. Gambar 2.4. adalah *fly ash* yang diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Gambar itu menunjukkan bahwa partikel *fly ash* terbentuk *spherical* berukuran kurang dari 45 μ m. Gambar 2.5. adalah hasil analisis XRD yang menunjukkan bahwa material ini bersifat *amorf* yang banyak mengandung silika dan alumina.



Gambar 2.4. Partikel *fly ash* yang diamati dengan SEM

Sumber : (Ekaputri & Triwulan, 2013)



Gambar 2.5. Analisis XRD terhadap *fly ash*

Sumber : (Ekaputri & Triwulan, 2013)

2.4. Alkali Aktivator dan Katalisator

Alkaline Activator merupakan senyawa kimia yang berfungsi untuk mereaksikan unsur aluminium dan silika sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Untuk dapat mereaksikan unsur silika dan aluminium dibutuhkan basa kuat seperti NaOH dan KOH. Agar dapat digunakan pada campuran mortar geopolimer maka *Alkaline Activator* yang berupa padatan harus dicampurkan ke dalam air terlebih dahulu disesuaikan dengan molaritas yang telah dikehendaki.

Pada aplikasi untuk pembuatan mortar geopolimer, sodium silikat berfungsi sebagai katalisator yang berperan untuk mempercepat reaksi kimia. Sodium silikat akan menjadi katalisator dari *activator* yang dipakai dalam mortar geopolimer, misalnya Sodium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) (Antoni, Suryawangi, Takarendehang, & Hardjito, 2013).

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh (Ekaputri & Triwulan, 2013) komposisi larutan NaOH divariasikan dari 8M sampai 14M, dan juga variasi perbandingan berat antara NaOH dengan Na_2SiO_3 yaitu 0,5 sampai 2,5. Didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi perbandingan berat Na_2SiO_3 dan larutan NaOH tidak selalu menghasilkan kuat tekan dan kuat belah yang tinggi, sedangkan semakin tinggi molaritas yang digunakan maka semakin tinggi pula kuat tekan dan kuat belah yang dihasilkan.

2.5. Waktu dan Suhu Curing

Perawatan beton (*curing*) adalah suatu proses untuk menjaga tingkat kelembaban dan temperatur ideal untuk mencegah hidrasi yang berlebihan serta menjaga agar hidrasi terjadi secara berkelanjutan. *Curing* secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segera setelah proses *finishing* beton selesai dan waktu total *setting* tercapai. Proses *curing* yang dilakukan adalah dengan cara memasukan benda uji kedalam oven selama beberapa waktu agar reaksi polimerisasi terjadi dengan sempurna dan dapat menghasilkan ikatan yang kuat (Antoni et al., 2013).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Heah et al., 2011) dengan bervariasi suhu 40°C , 60°C, 80°C, 100°C dan variasi *curing* selama 1 hari, 2 hari, 3 hari didapatkan bahwa *curing* dengan suhu yang tinggi dapat menambah kekuatan beton tersebut pada umur tertentu. Akan tetapi jika *curing* yang dilakukan dalam waktu yang panjang antara 2-3 hari menyebabkan mutu beton tersebut turun secara drastis.

2.6. Teknik dan Temperatur Pemanasan

Teknik dan temperatur pemanasan sangatlah penting karena dapat mempengaruhi kuat tekan dan berat jenis. Langkah awal adalah menyiapkan oven pada suhu 80°C, lalu lumpur Sidoarjo yang sudah kering dimasukkan kedalam oven, kemudian suhu oven dinaikkan dengan kecepatan 2 °C/menit, sehingga dalam waktu 1 jam suhu oven mencapai 200 °C. Setelah itu, suhu oven dinaikkan lagi dalam kurung waktu 1 jam hingga mencapai 650 °C. Suhu dipertahankan pada suhu konstan 650 °C selama 2 jam. Selanjutnya, suhu oven dibiarkan turun dengan sendirinya hingga mencapai suhu ruangan, baru material tersebut boleh dikeluarkan. Hal ini untuk menghindari terjadinya perubahan suhu yang ekstrim pada material tersebut (Antoni et al., 2013).

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Antoni, Geman, Tjondro, Anggono, & Hardjito, 2012) dengan memvariasikan suhu 700°C , 800°C, 900°C pada mortar geopolimer berbahan dasar lumpur Sidoarjo didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2.3. Pengaruh suhu kalsinasi pada kuat tekan geopolimer mortar

	Suhu Kalsinasi		
	700°C	800°C	900°C
f_c' (MPa)	26.6	36.67	18.27
Density (kg/m ³)	2114.7	2185.3	2164

Sumber : (Antoni et al., 2012)

Dari Tabel 2.3. didapatkan pembakaran yang paling optimal adalah pada suhu 800°C dan memiliki kuat tekan sebesar 36,67 MPa.

2.7. *X-Ray Diffractometry (XRD)*

XRD test atau biasa disebut pengetesan mikro struktur ini digunakan untuk mengidentifikasi fase kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur untuk mendapatkan ukuran partikel, baik kandungan mineral maupun organik yang ada pada struktur kristalin tersebut. Tes ini banyak digunakan untuk menentukan sifat dasar zat, perubahan yang terjadi pada bahan-bahan material bangunan dan pada umumnya untuk menentukan molekul-molekul atau komposisi kristal dari bahan kristalin tersebut.

2.8. *X-Ray Fluorescence (XRF)*

XRF test adalah pengetesan yang digunakan untuk mengetahui senyawa kimia apa saja yang terkandung di dalam suatu material. Tes ini sangat diperlukan untuk membantu dalam menganalisis hasil yang didapat pada suatu penelitian.