

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab 2 menjelaskan tentang tinjauan pustaka mengenai *Fly Ash* (FA), Material Refraktori, karakterisasi material refraktori serta penelitian terdahulu mengenai pembuatan beton dengan FA.

#### 2.1 *Fly Ash* (FA)



Gambar 2.1 *Coal Fly Ash*  
(Sumber: Munir, 2008)

*Fly ash* (FA) merupakan material hasil sampingan (*by-product*) industri salah satunya adalah sisa hasil proses pembakaran batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). FA mengandung silika dan alumina sekitar 80% dengan sebagian silika berbentuk amorf. Sifat-sifat fisik abu batubara antara lain densitasnya  $2,23 \text{ gr/cm}^3$ , kadar air sekitar 4% dan komposisi mineral yang dominan adalah  $\alpha$  kuarsa dan *mullite*. Selain itu abu batubara mengandung  $\text{SiO}_2 = 58,75\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 25,82\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,30\%$ ,  $\text{CaO} = 4,66\%$ , alkali = 1,36%,  $\text{MgO} = 3,30\%$  dan bahan lainnya = 0,81% . Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metode penyimpanan dan penimbunan (Munir, 2008).

Menurut ASTM C618 mengenai spesifikasi *fly ash* sebagai bahan tambahan untuk campuran beton dibagi menjadi tiga kelas. Perbedaan utama pada kelas tersebut adalah kadar silika, kalsium, aluminium, dan besi pada FA tersebut. Dimana tiga kelas FA yaitu:

- a. Kelas F, Jumlah kadar oksida ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70% dengan  $\text{CaO} < 10\%$ . Kelas F adalah FA yang dihasilkan dari pembakaran batu bara antrasit dan bitumen. Abu terbang (*fly ash*) kelas F memiliki kadar karbon sekitar 5-10% dan disebut juga *low-Calcium* yang tidak mempunyai sifat *cementitious* dan hanya bersifat *pozzolanic*.
- b. Kelas C, Kadar oksida kurang dari 70% maka termasuk dalam FA kelas C. Pada FA kelas C mengandung lebih banyak  $\text{CaO}$  dibandingkan FA kelas F yaitu diatas 10%. Kelas C dihasilkan dari pembakaran batu bara sub-bitumen dan lignit. Abu terbang (*fly ash*) disebut juga *high-calcium Fly ash*, karena kandungan  $\text{CaO}$  yang cukup tinggi, *fly ash* tipe C mempunyai sifat *cementitious* selain juga sifat *pozzolan*. Dengan kandungan  $\text{CaO}$  yang cukup tinggi dan mempunyai sifat semen, jika terkena air atau kelembaban akan berhidrasi dan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit.
- c. Kelas N, *Pozzolan* alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz*, *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran, selain itu juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik. Berikut komposisi FA menurut ASTM C618 yang tertera pada Tabel 2.1 dan komposisi FA yang dianalisis melalui pengujian XRF pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia *Fly Ash* (FA)

Komponen	Kelas Campuran Mineral		
	FA kelas F	FA kelas C	FA kelas N
$\text{SO}_3$ (maks)	5	5	5
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , min (%)	70	50	70
$\text{SO}_3$ maks (%)	4	5	5
Moisture content, maks (%)	3	3	3
Loss of Ignition, maks (%)	10	6	6
Alkali, $\text{Na}_2\text{O}$ , maks (%)	1,5	1,5	1,5

(ASTM C-618)

Tabel 2.2 Komposisi Kimia *Fly Ash* dengan uji analisis XRF

Komponen	Persentase (%)
SiO <sub>2</sub>	45,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,59
TiO <sub>2</sub>	0,82
CaO	13,32
MgO	2,83
K <sub>2</sub> O	1,59
Na <sub>2</sub> O	0,98
SO <sub>3</sub>	1,00
MnO <sub>2</sub>	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41

(Prasetyo, 2015)

## 2.2 Material Refraktori

Berdasarkan ASTM C71 material refraktori merupakan bahan non logam yang memiliki sifat kimia dan fisika sedemikian rupa sehingga dapat diterapkan untuk struktur atau sebagai komponen sistem yang terpapar ke lingkungan dengan suhu diatas 1000°F (811 K; 538°C). Material Refraktori mampu mempertahankan bentuk dan kekuatannya pada temperatur sangat tinggi di bawah beberapa kondisi seperti tegangan mekanik (*mechanical stress*) dan serangan kimia (*chemical attack*) dari gas-gas panas, cairan atau leburan dan semi leburan dari gelas, logam atau *slag* (Septriana, 2017). Refraktori dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia dan penggunaan serta metode pembuatannya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi Refraktori

Klasifikasi	Keterangan	Contoh
Asam	yang mudah bergabung dengan basa	Silika, Semi Silika, Alumina Silika
Basa	yang terutama terdiri dari oksida logam yang menahan aksi basa	Magnesit, Krom Magnesite, Dolomit
Netral	yang tidak tergabung dengan asam dan basa	Krom, Pure Alumina

(Bureau of Energy Efficiency)

Menurut (Effendy, 2008) dalam pengerjaan refraktori beberapa hal yang perlu diperhatikan karena berpengaruh pada kekuatan refraktori, faktor-faktor tersebut yaitu:

- a. Komposisi kimia dan mineral bahan, Pada keadaan bahan mentah, komposisi kimia tidak sama bila dibanding saat benda dibakar, karena pada kondisi temperatur tinggi terjadi reaksi kimia.
- b. Sifat fisis bahan, Sifat fisis meliputi ukuran dan bentuk, tekstur permukaan, porositas, koefisien ekspansi termal (memuai dan menyusut), dan daya adhesif ikatannya.
- c. Cara penyiapan pembuatan bahan, Cara penyiapan dimulai dari penentuan, distribusi, dan ukuran partikel, jumlah air yang ditambahkan, perbandingan bahan tambahkan seperti zat pengikat, proses pencampuran, dan lamanya waktu pencampuran.
- d. Cara pembuatan bahan, Benda yang dicetak dengan menggunakan mesin umumnya akan lebih kuat dibandingkan dengan pencetakan manual. Benda yang dibuat dengan proses press kekuatannya bergantung pada kuat tekan dan arah penekanannya.
- e. Kondisi Pembakaran, Benda yang dibakar umumnya akan lebih kuat dibandingkan benda yang dikeringkan saja. Hal ini tergantung pada sifat dan jumlah bahan pengikat yang dihasilkan selama pemanasan.
- f. Kondisi Iklim perubahan, temperatur yang mendadak, dan pemanasan yang lama.

Refraktori biasanya digunakan pada industri untuk membakar bahan baku. Bergantung pada area aplikasi seperti *boiler*, tungku, *kiln*, oven dll, suhu dan atmosfer mengalami berbagai jenis refraktori yang digunakan. Beberapa jenis refraktori yang digunakan pada industri adalah sebagai berikut:

### **2.2.1 Firebricks (FB)**

*Fire brick* terdiri dari aluminium silikat dengan berbagai jumlah silika mulai dari kandungan  $\text{SiO}_2$  kurang dari 78% dan mengandung kurang dari 44%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . *Fire brick* adalah bentuk paling umum dari bahan tahan api. Ini digunakan secara luas dalam industri besi dan baja, metalurgi *nonferrous*, industri kaca, *kiln* tembikar,

industri semen, dan oleh banyak lainnya. Semua bata api-tanah liat tidak sama dan total rentang sifatnya cukup luas.

*Fire clay* dan *fly ash* dapat digunakan dalam membuat *fire clay bricks*. Ini dapat meningkatkan sifat fisik seperti penurunan linier *shrinked* dan *thermal* konduktivitas. Namun, hal itu menyebabkan pengurangan sifat mekanik (Sukkae, 2018).

### 2.2.2 Bata silika

Bata silika adalah bahan tahan api yang mengandung setidaknya 93%  $\text{SiO}_2$ . Bahan bakunya adalah batu berkualitas. Berbagai tingkatan bata silika telah banyak digunakan dalam tungku peleburan besi dan baja. Selain refraktori multi jenis titik fusi tinggi, sifat penting lainnya adalah ketahanannya yang tinggi terhadap guncangan termal (*spalling*) dan refraktilitasnya yang tinggi. Ini menemukan penggunaan khas dalam pembuatan kaca dan industri baja. Sifat luar biasa dari bata silika adalah bahwa ia tidak mulai melunak di bawah beban tinggi sampai titik fusi di dekati (Bhatia, 2012).

### 2.2.3 Alumina Refractories

Refraktori alumino silikat yang mengandung lebih dari 45% alumina umumnya disebut sebagai bahan alumina tinggi. Refraktori alumina tinggi meningkat dengan meningkatnya persentase alumina. Aplikasi refraktori alumina tinggi meliputi tungku dan poros tungku ledakan, tungku keramik, tungku semen, tangki kaca dan cawan lebur untuk melebur berbagai macam logam.

Bahan refraktori alumina yang terdiri dari aluminium oksida dengan sedikit jejak pengotor sering dikenal sebagai alumina murni. Alumina adalah salah satu oksida paling stabil secara kimiawi yang dikenal. Secara mekanik sangat kuat, tidak larut dalam air dan uap yang sangat panas dan pada sebagian besar asam dan alkali anorganik. Alumina banyak digunakan dalam industri pengolahan panas. Alumina berpori tinggi digunakan untuk tungku pelapis yang beroperasi hingga  $1850^\circ\text{C}$ .

Kelas alumina 50%, 60%, 70% dan 80% berisi konten alumina masing-masing dengan kisaran plus atau minus 2,5% yang diijinkan. Batu bata alumina

tinggi diklasifikasikan berdasarkan konten alumina mereka menurut konvensi ASTM berikut. Ini adalah:

- a. Refraktori *mullite*, Batu bata *Mullite* adalah sekitar 72% alumina dengan 28% silika. Ini memiliki stabilitas volume dan kekuatan yang sangat baik pada suhu tinggi. Mereka sangat cocok untuk atap tungku listrik, tungku ledakan dan tungku ledakan, dan suprastruktur tungku tangki kaca.
- b. Refraktori korundum-Kelas refraktori 99% alumina disebut korundum. Refraktori ini terdiri dari fase tunggal, polikristalin, dan alfa-alumina (Bhatia, 2012)

### 2.3 Karakterisasi dan Pengujian Material Refraktori

Material refraktori memiliki karakterisasi dan sifat yang berbeda dengan material lain. Porositas, *bulk density*, *water absorption* dan *specific gravity* merupakan sifat utama dari refraktori. Sifat ini banyak digunakan dalam evaluasi dan perbandingan kualitas dan pemilihan penggunaan produk refraktori dalam berbagai aplikasi industri. Sehingga dalam mengetahui karakterisasi dan sifat dari suatu material refraktori terdapat beberapa pengujian yang dilakukan. Pengujian material refraktori dalam ASTM C20-00 (2010) adalah sebagai berikut:

#### 2.3.1 Pengujian Porositas

Porositas dinyatakan sebagai persentase hubungan volume pori-pori terbuka dalam spesimen dengan volume eksteriornya. Dimana P sebagai porositas, W sebagai massa saturasi, D sebagai massa kering dan V sebagai volume.

$$P, \% = [(W-D)/V] \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

#### 2.3.2 Pengujian Penyerapan

Penyerapan menyatakan sebagai persentase hubungan berat air yang diserap dengan berat spesimen kering. Dimana A menyatakan nilai penyerapan (%), W menyatakan nilai massa saturasi (kg) dan D menyatakan nilai massa kering (kg).

$$A = [(W-D)/D] \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

### 2.3.3 Pengujian Densitas

Densitas (B) adalah hasil bagi dari berat keringnya dibagi dengan volume luar, termasuk pori-pori. Material refraktori dengan *bulk density* yang lebih tinggi (porositas rendah) akan lebih baik kualitasnya. Peningkatan bulk density meningkatkan stabilitas volume, kapasitas panas, dan juga resistensi terhadap abrasi. Dimana B merupakan nilai *bulk density* ( $\text{g/cm}^3$ ), D nilai massa kering (kg) dan V merupakan nilai volume.

$$B = D/V \dots \dots \dots (3)$$

### 2.3.4 Pengujian *Specific Gravity*

*Specific gravity* (T) dari bagian spesimen uji yang tahan terhadap air mendidih. Dimana sebagai berikut:

$$T = D/(D-S) \dots \dots \dots (4)$$

### 2.3.5 Pengujian *Linier Shrinkage*

*Linier shrinkage* (L) merupakan hasil penyusutan sampel sebelum dan sesudah pembakaran. Dimana  $L_m$  merupakan panjang sampel sebelum proses pembakaran dan  $L_s$  merupakan panjang sampel setelah proses pembakaran

$$L = ((L_m - L_s) / L_m) \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

### 2.3.6 Pengujian Karakterisasi

Pengujian karakterisasi dilakukan untuk mengetahui berapa persen komponen yang terkandung pada material refraktori. Untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalamnya, pengujian yang dilakukan adalah metode *x-ray fluorescence* (XRF).

*X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan suatu teknik analisis yang dapat menganalisa unsur-unsur yang membangun suatu material menggunakan metode spektrometri. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur berdasarkan panjang gelombang dan jumlah sinar x yang dipancarkan kembali setelah suatu material ditembak dengan sinar x berenergi tinggi. Adapun prinsip kerja dari XRF yaitu pertama menembakkan radiasi foton elektromagnetik (sinar x) ke material fly ash yang diteliti. Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan akan

berinteraksi dengan elektron yang berada di kulit K suatu unsur. Elektron yang berada di kulit K akan memiliki energi kinetik yang cukup untuk melepaskan diri dari ikatan inti, sehingga elektron itu akan terpental keluar. Akibatnya terjadi kekosongan/vakansi elektron pada orbital. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detector untuk dianalisis kandungan unsur dalam material FA (Rahmawati, 2009).

#### 2.4 Kerusakan Refraktori

Menurut (Effendy, 2008) Kerusakan refraktori merupakan penurunan kualitas dari refraktori yang diakibatkan oleh proses peleburan dan pengaruh dari reaksi terhadap logam caci dan *slag*. Berikut beberapa kerusakan yang terjadi pada refraktori:

a. Retakan (*Crack*)

Pemanasan atau pembakaran awal (*preheating*) pada bahan refraktori dapat mengakibatkan terjadinya retakan pada refraktori. Pemeriksaan awal terhadap instalasi merupakan suatu hal yang penting dilakukan. Sebelum dilakukan pemanasan atau pembakaran bahan refraktori terlihat sempurna, tetapi sebenarnya bahan refraktori mengandung bahan-bahan yang dapat rusak bila mengalami pemanasan. Retakan-retakan dapat diakibatkan tekanan yang terjadi di dalam bahan akibat adanya ekspansi pemanasan dan pengerutan bahan refraktori selama pemanasan. Bentuk retakan yang terjadi dapat berupa retakan radikal yang diikuti oleh retakan miring pada bagian bahan refraktori. Bila hal ini terjadi, maka bagian refraktori cenderung untuk lepas. Kerusakan seperti ini dapat diperbaiki dengan membersihkan semua retakan, melepas lapisannya, dan menambalnya dengan suatu campuran refraktori plastis/mortar. Retakan akibat pemanasan dapat juga diakibatkan penambahan air yang terlalu banyak saat proses pencampuran bahan refraktori (Effendy, 2008).

*Thermal shock* adalah suatu keadaan dimana suatu sampel mengalami perubahan suhu secara mendadak dari panas ke dingin. Proses ini terjadi ketika perambatan suhu pada sampel mengalami pemuaian yang tidak seragam sehingga perlakuan *thermal shock* ini akan menyebabkan penurunan kekuatan *impact* pada sampel karena pendinginan yang dilakukan secara cepat. Pada penelitian ini,

perlakuan *thermal shock* menyebabkan terjadinya retakan yang merambat cepat karena perbedaan suhu yang tinggi (Lianita, 2019).

b. *Slagging* dan *Spalling*

*Slagging* dan *spalling* merupakan penyebab utama kerusakan pada bahan refraktori. *Slag*/terak terbentuk apabila abu ataupun bahan-bahan pengotor lainnya yang bereaksi dengan bahan refraktori. Bilamana *slag* yang terbentuk pada refraktori tidak diam pada tempatnya melainkan terlepas dari permukaan bahan refraktori sehingga akan memperlihatkan suatu bagian permukaan yang baru untuk serangan *slag* lebih lanjut. Pengelupasan refraktori yang terjadi utamanya karena lapisan refraktori yang telah ditembus *slag* mempunyai suatu perbedaan pemuaian (ekspansi) dengan refraktori aslinya. Hal ini menyebabkan terbentuknya suatu bidang patahan dan retak yang berlapis-lapis saat *slag* terlepas. Terlepasnya bagian dari bahan refraktori yang diakibatkan retakan serta diikuti pecahannya bahan refraktori atau suatu pelapukan pada bagian refraktori dinamakan *spalling*. *Spalling* dapat juga terjadi akibat adanya perubahan temperatur yang mendadak. Bila *slagging* dan *spalling* telah merusakkan bagian dari refraktori, maka pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan membongkar bagian refraktori yang rusak dan menggantinya dengan bahan-bahan refraktori yang baru (Effendy, 2008).

c. Pengkerutan (*Shrinkage*)

Penyebab yang lain dari kerusakan pada tungku adalah terjadinya pengkerutan pada bahan refraktori. Pengkerutan yang terjadi pada bahan refraktori menyebabkan perubahan luas/ukuran permukaan dari bahan refraktori tersebut. Akibat dari pengkerutan ini akan terbentuk suatu ruangan terbuka di sekeliling bagian bahan refraktori, sehingga bagian permukaan yang ditutupi bahan refraktori menjadi renggang. Keadaan yang demikian membahayakan pada desain konstruksi tungku, sehingga harus dilakukan perbaikan secara keseluruhan (Effendy, 2008).

## 2.5 *Mullite*

*Mullite* ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) merupakan bahan keramik berbasis silika dalam sistem  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  yang terbentuk dari 2 (dua) komponen utama yakni silika

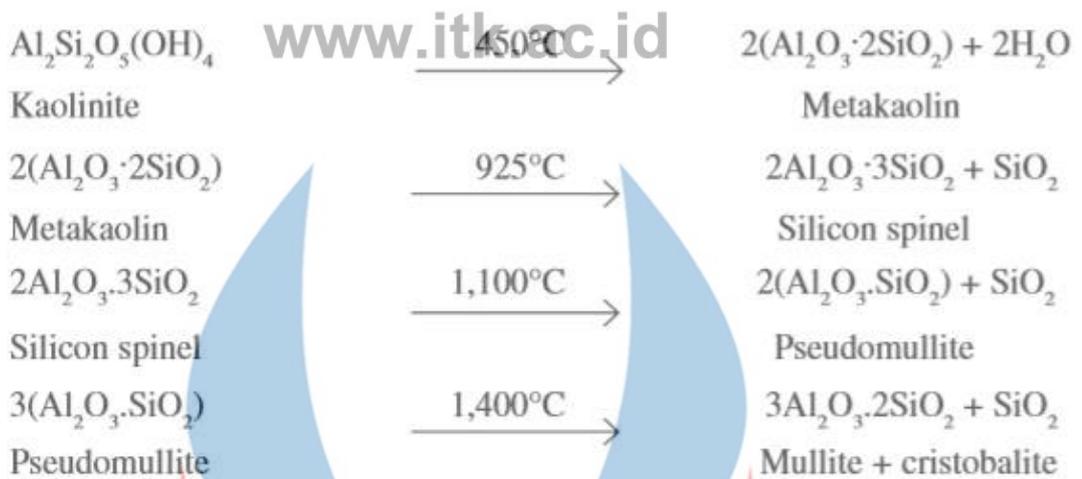
(SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Duval, 2008). *Mullite* tidak dijumpai di alam, tetapi merupakan material keramik yang disintesis. Keramik *mullite* memiliki karakteristik diantaranya, tahan terhadap zat kimia yang tinggi, konduktivitas termal rendah, dan kestabilan termal tinggi sehingga dapat digunakan sebagai isolator panas suhu tinggi dan isolator listrik tegangan tinggi karena mempunyai resistansi tinggi (Anggono, 2005). Oleh karena itu, pengolahan *mullite* sangat penting jika keramik padat yang mampu memenuhi potensi suhu tinggi dapat dicapai. Tabel 2.4 merangkum berbagai sifat karakteristik yang dicapai dalam keramik *mullite* padat.

Tabel 2.4 Properti Khas Keramik *Mullite*

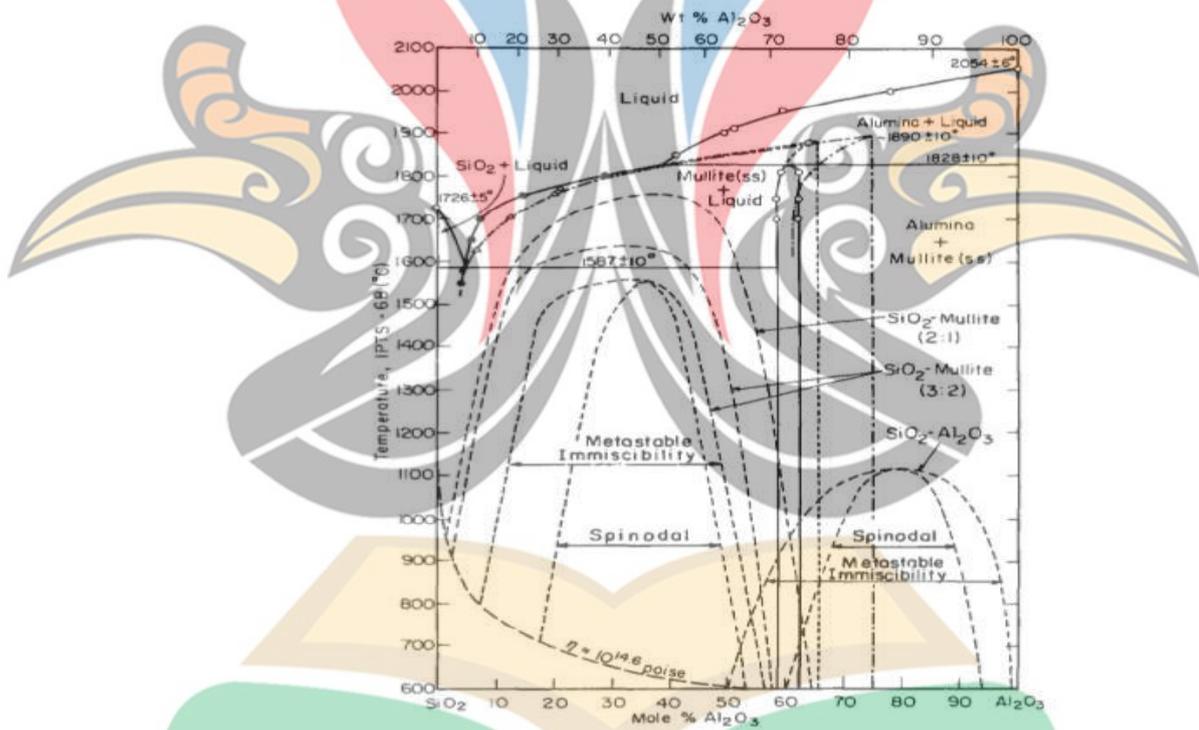
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	3,16-3,22
Kekerasan (Gpa)	
at RT	13-15
at 1000°C	10
Modulus young (GPa)	140-250
<i>Bend strength</i> (MPa)	150-500
Koefisien thermal ekspansi (x10 <sup>6</sup> K) 300-900 °C	3,1-4,1 //a 5,6-7,0 //b 5,6-6,1 //c
Thermal Konduktivitas (Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	600° = 4,31 1000° = 3,98 1400° = 3,89

(Lee and Rainforth, 1994)

Pembentukan *mullite* dan perubahan kesetimbangan tergantung dari perubahan temperature dan komposisi alumina/silika. Berdasarkan perubahan temperatur, dari diagram kesetimbangan (Gambar 2.3) dapat dilihat bahwa proses pembentukan *mullite* secara perlahan-lahan terjadi dari suhu 600°C yang diikuti silika dan menjadi lebih cepat ketika temperatur naik hingga rentang suhu 1800°C. Pada suhu yang lebih tinggi (>1600°C), proses peleburan dari fase padatan menjadi fase cairan dengan cepat. Diatas suhu 1650°C sampel kembali menyusut dengan cepat disebabkan oleh fase cairan dan silika. *Mullite* mempunyai titik leleh pada temperature 1850°C (Chiang, 1977).



Gambar 2.2 Proses Pembentukan *Mullite*  
(Sumber: Duval, 2008)



Gambar 2.3 Diagram Fasa *Mullite*  
(Sumber: Duval, 2008)

## 2.6 Alkali Aktivator (AA)

Alkaline aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan unsur atau zat lain bereaksi. Dalam membuat AA perlu dihitung kebutuhan AA yang akan dicampurkan ke dalam 1 liter air sehingga menjadi larutan AA dengan konsentrasi

yang sesuai. Dimana  $n$  menyatakan nilai jumlah mol zat (mol),  $M$  menyatakan nilai kemolaran larutan (mol/liter) dan  $V$  menyatakan nilai volume larutan (liter). Perhitungan yang digunakan yaitu:

$$n = M \times V \dots\dots\dots(6)$$

Alkali aktivator yang digunakan pada penelitian ini yaitu Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silika (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>).

#### 2.4.1 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida berfungsi mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam FA sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Kelarutan NaOH dalam air yaitu 1150 g/L. NaOH mampu melarutkan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam air membentuk AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Ia sangat larut dalam air dan melepaskan panas ketika dilarutkan, dikarenakan pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis.

Menurut Rommel,dkk tahun 2014 dalam penelitiannya dengan proses *treatment fly ash* dengan menggunakan NaOH akan meningkatkan komposisi *mullite* (Al<sub>6</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>13</sub>), dimana *mullite* merupakan komponen penting dalam pembentukan batu bata tahan api. Sedangkan menurut Purbasari,dkk tahun 2018, dalam penelitiannya menyebutkan bahwa beton geopolimer dengan larutan NaOH sebagai aktivator mempunyai kuat tekan lebih tinggi dibanding beton geopolimer dengan larutan KOH sebagai aktivator.

#### 2.4.2 Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)

Sodium silikat atau natrium silikat atau sodium metasilikat sering dikenal dengan *water glass* atau *liquid glass*. Bahan ini tersedia di pasaran dalam bentuk cairan maupun padatan. Contoh aplikasi penggunaan sodium silikat adalah industri pengelolaan air, pemucat dan penyesuai ukuran pada tekstil dan industri kertas, pembentuk gelas, pengecoran logam dan cetakan, zat tahan air pada mortar dan semen, pelapis peralatan kimia, katalisator, perekat (terutama untuk segel dan kertas laminating pada papan *container*) dan *deflokuland* pada industri keramik (Irawan dkk, 2015). Material ini larut dalam air dan dibuat dengan mereaksikan pasir silikat

dengan natrium karbonat pada suhu tinggi mulai dari 1200° C hingga 1400° C (Sisirie, 2003).

www.itk.ac.id

Sodium silikat ini merupakan salah satu alkali yang memainkan peran penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat ini mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silikat seperti sodium silikat ataupun potassium silikat, dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung hidroksida (Wijtaksana, 2016).

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan rangkuman dari penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan terhadap penelitian yang sedang dilakukan yang dirangkum dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Ekaputri, 2013	Judul : Sodium sebagai Aktivator <i>Fly Ash, Trass</i> , dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer. Hasil : Semakin tinggi nilai molaritas Larutan $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ dan NaOH, maka semakin tinggi pula kuat tekan dan kuat belah yang dihasilkan.
2.	Muduli, 2013	Judul : <i>Effect of NaOH Concentration in Manufacture of Geopolymer Fly Ash Building Brick</i> . Hasil : Kekuatan tekan meningkat dengan meningkatnya rasio $\text{Na}_2\text{O} / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)$ , yang tergantung pada konsentrasi NaOH. Struktur mikro produk geopolimer menyerupai bahan kristal khas dengan konsentrasi NaOH yang meningkat. Kristalinitas ini disebabkan oleh pembubaran silikat dan alumina diikuti oleh polikondensasi. Kuat Tekan yang dihasilkan percobaan ini berkisar 6 hingga 48 mPa.
3.	Rommel, 2014	Judul : Perbaikan sifat fisik dan reaktifitas <i>fly ash</i> sebagai <i>cementitious</i> pada beton. Hasil : <i>fly ash treatment</i> (inkubasi dengan NaOH) menunjukkan <i>mullite</i> yang meningkat, penggunaan <i>fly ash treatment</i> dapat meningkatkan kekuatan beton dan daya tahan terhadap lingkungan asam.

www.itk.ac.id

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
4.	Rahim, 2015	<p>Judul : <i>Comparison of Using NaOH and KOH Activated Fly Ash-Based Geopolymer On The Mechanical Properties.</i></p> <p>Hasil : Penggunaan NaOH sebagai Alkali Aktivator menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan KOH. Kuat tekan geopolimer pada hari ke 14 dengan menggunakan NaOH mencapai 65,28 MPa sedangkan menggunakan KOH hanya mencapai 28,73 Mpa.</p>
5.	Nurfadilla, 2015	<p>Judul: <i>The Potensial of Geopolymer as high Quality Refractory</i></p> <p>Hasil: Geopolimer disintesis melalui metode alkali aktivasi dan di <i>curing</i> pada suhu 70 C. geopolimer yang terbuat dari abu terbang menunjukkan kekuatan tekan yang lebih tinggi. Tahan api menunjukkan bahwa kualitas abu terbang, metakaolin dan tanal liat adalah mirip</p>
6.	Rovnanik, 2016	<p>Judul : <i>Blended alkali-activated fly ash / brick powder materials</i></p> <p>Hasil : Abu terbang yang teraktivasi dengan alkali mencapai kekuatan lentur dan tekan yang lebih tinggi. aktivitas pozzolan yang lebih tinggi dan struktur mikro yang lebih kompak.</p>
7.	Sukkae, 2018	<p>Judul : <i>Utilization of coal fly ash as a raw material for refractory production.</i></p> <p>Hasil : <i>fly ash</i> dan <i>fire clay</i> dapat digunakan dalam membuat <i>fire clay bricks</i>. Ini dapat meningkatkan sifat fisik seperti penurunan linier <i>shrinkage</i> dan <i>thermal</i> konduktivitas. Namun, hal itu menyebabkan pengurangan sifat mekanik</p>
8.	Sukandar, 2018	<p>Judul : Pembuatan dan Karakterisasi Beton Geopolimer Berbahan Dasar <i>Fly Ash</i> (FA) dan Bottom Ash (BA) PLTU Kaltim Teluk Dengan Aktivasi <i>Sodium Hidroksida</i> (NaOH).</p> <p>Hasil : Kuat tekan tertinggi pada pasta geopolimer diperoleh ketika penggunaan larutan alkali aktivasi dengan larutan NaOH konsentrasi 12 M.</p>