

**PENGARUH RASIO  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  SEBAGAI ALKALI  
AKTIVATOR TERHADAP KARAKTERISTIK SEMEN  
GEOPOLIMER BERBASIS TANAH NAPA**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Sains*



**Oleh :**

**VIRA NILMANIA  
NIM. 17036038/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2021**

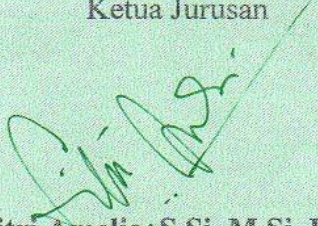
## PERSETUJUAN SKRIPSI

### PENGARUH RASIO $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ SEBAGAI ALKALI AKTIVATOR TERHADAP KARAKTERISTIK SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS TANAH NAPA

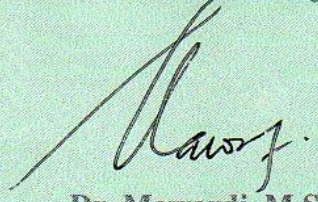
Nama : Vira Nilmania  
NIM : 17036038  
Program Studi : Kimia (NK)  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:  
Ketua Jurusan

  
Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D  
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui oleh:  
Dosen Pembimbing

  
Dr. Mawardi, M.Si  
NIP. 19611123 198903 1 002

## PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

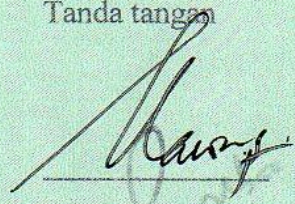
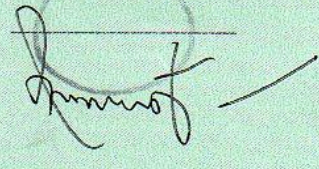
Nama : Vira Nilmania  
NIM : 17036038  
Program Studi : Kimia (NK)  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### PENGARUH RASIO $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ SEBAGAI ALKALI AKTIVATOR TERHADAP KARAKTERISTIK SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS TANAH NAPA

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Kimia Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2021

#### Tim Penguji

|         | Nama                             | Tanda tangan                                                                          |
|---------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Ketua   | : Dr. Mawardi, M.Si              |  |
| Anggota | : Dr. rer. Nat. Jon Efendi, M.Si |  |
| Anggota | : Dr. Indang Dewata, M.Si        |                                                                                       |

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Vira Nilmania  
NIM : 17036038  
Tempat/Tanggal lahir : Pariaman/28 Januari 2000  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **Pengaruh Rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai Alkali Aktivator Terhadap Karakteristik Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Padang, Agustus 2021  
Yang menyatakan



**Vira Nilmania**  
**NIM : 17036038**

# **THE EFFECT OF $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ RATIO AS ALKALINE ACTIVATOR ON THE CHARACTERISTICS OF NAPA SOIL-BASED GEOPOLYMER CEMENT**

**Vira Nilmania**

## **ABSTRACT**

Geopolymer is a material or binder material that is synthesized by mixing alumina silicate source material and alkaline activator solution. One of the sources of alumina silicate is napa soil which contains high amounts of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  with a percentage of 62.70% and 31.16% based on XRF test after calcination. The purpose of calcination is to increase the surface area of the alumina silicate material so that it can increase the maximum solubility of alumina silicate by alkaline activator solution. This study reports the characteristics of geopolymer cement based on napa soils with variations in the ratio of  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  as alkaline activator are 1, 1.5, 2, and 2.5. The characteristics of the geopolymer cement based on napa soil showed a blaine analysis, and the optimum LOI was achieved at an alkaline activator ratio of 2.5, but the optimum sieving and compressive strength analysis was achieved at an alkaline activator ratio equal to 2, which was 30.69 MPa at the age of 28 days.

**Keyword:** *Geopolymer, Napa Soil, Alkali Activator, The Characteristic of Cement.*

**PENGARUH RASIO  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  SEBAGAI ALKALI AKTIVATOR  
TERHADAP KARAKTERISTIK SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS  
TANAH NAPA**

**Vira Nilmania**

**ABSTRAK**

Geopolimer merupakan suatu bahan atau material pengikat yang disintesis dengan mencampurkan bahan sumber alumina silikat dan larutan alkali aktivator. Salah satu bahan sumber alumina silikat adalah tanah napa yang memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam jumlah tinggi dengan persentase 62,70% dan 31,16% berdasarkan uji XRF setelah kalsinasi. Tujuan kalsinasi adalah untuk meningkatkan luas permukaan bahan alumina silikat sehingga dapat meningkatkan kelarutan maksimum alumina silikat oleh larutan alkali aktivator. Penelitian ini melaporkan karakteristik semen geopolimer berbasis tanah napa dengan variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai alkali aktivator adalah 1, 1.5, 2, dan 2.5. Karakteristik semen geopolimer berbasis tanah napa menunjukkan analisis blaine, dan LOI optimum dicapai pada rasio alkali aktivator 2.5, akan tetapi analisis sieving dan kuat tekan optimum dicapai pada rasio alkali aktivator sama dengan 2 yaitu sebesar 30.69 MPa pada umur 28 hari.

**Kata Kunci:** *Geopolimer, Tanah Napa, Alkali Aktivator, Karakteristik Semen.*

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, penulis mengucapkan puji beserta syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia kepada seluruh hamba-Nya. Salawat beserta salam senantiasa tercurah untuk Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi tauladan dalam setiap aktivitas yang penulis lakukan. Alhamdulillah, penulis telah dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **Pengaruh Rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai Alkali Aktivator terhadap Karakteristik Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.**

Selama menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, baik berupa saran, bimbingan dan sumbangan pemikiran. Oleh karena itu, ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Ibu dan Ayah yang telah memberikan dukungan penuh baik berupa moril maupun materiil dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Mawardi, M.Si., sebagai pembimbing I sekaligus Penasihat Akademik.
3. Bapak Dr. Indang Dewata, M.Si. dan Bapak Dr. rer. Nat. John Efendi, M.Si., selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D., sebagai Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu staff pengajar serta seluruh staff akademik dan non akademik di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
7. Pak Darwas, Kak Ayu, Bang Iqbal, dan Bang Aci yang telah membantu pengujian karakteristik semen di Laboratorium Quality Assurance PT. Semen Padang.

8. Bang Jamil dan Bang Ilham yang telah membantu pengujian kuat tekan di laboratorium bahan bangunan dan mekanika tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
9. Aufa Rahmi dan Aldi Rahmadani yang telah berjuang bersama dan membantu banyak dalam menyelesaikan penelitian ini.
10. Keluarga besar Kimia 17 yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
11. Seluruh pihak yang sudah terlibat dan senantiasa memberikan dukungan baik berupa moril maupun materiil.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis haturkan terima kasih.

Padang, Agustus 2021

Vira Nilmania

## DAFTAR ISI

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| COVER                                |      |
| ABSTRAK .....                        | ii   |
| KATA PENGANTAR .....                 | iii  |
| DAFTAR ISI.....                      | v    |
| DAFTAR TABEL.....                    | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....                  | viii |
| BAB I PENDAHULUAN .....              | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....              | 1    |
| 1.2 Identifikasi Masalah.....        | 3    |
| 1.3 Batasan Masalah .....            | 4    |
| 1.4 Rumusan Masalah.....             | 5    |
| 1.5 Tujuan Penelitian .....          | 5    |
| 1.6 Manfaat Penelitian .....         | 6    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....         | 7    |
| 2.1 Geopolimer.....                  | 7    |
| 2.2 Tanah Napa .....                 | 10   |
| 2.3 Alkali Aktivator .....           | 12   |
| 2.4 Karakteristik Semen.....         | 13   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....   | 17   |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 17   |
| 3.2 Objek Penelitian.....            | 17   |
| 3.3 Variabel Penelitian.....         | 17   |
| 3.4 Alat dan Bahan.....              | 18   |
| 3.5 Prosedur Penelitian .....        | 18   |

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 3.5.1 Preparasi Tanah Napa.....                     | 18 |
| 3.5.2 Pembuatan Sampel Semen Geopolimer .....       | 19 |
| 3.5.3 Karakterisasi Semen Geopolimer .....          | 20 |
| 3.5.3.1 Analisis XRF .....                          | 20 |
| 3.5.3.2 Analisis Kehalusan Butiran Semen.....       | 20 |
| 3.5.3.3 Analisis <i>Lost Of Ignition</i> (LOI)..... | 20 |
| 3.5.3.4 Analisis diatas Ayakan 45µm .....           | 21 |
| 3.5.3.5 Analisis Kuat Tekan.....                    | 21 |
| BAB IV PEMBAHASAN.....                              | 22 |
| BAB V KESIMPULAN.....                               | 39 |
| KEPUSTAKAAN .....                                   | 41 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Komposisi Tanah Napa Sumater Barat (Sanjaya & Zainul, 2018) .....                                                                                                            | 11 |
| Tabel 2. Persyaratan Nilai Kuat Tekan (Badan Standar Nasional Indonesia, 2014).....                                                                                                   | 16 |
| Tabel 3. Komposisi Sampel Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa berdasarkan Variasi Rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ .....                                                  | 20 |
| Tabel 4. Komposisi Kimia Tanah Napa Kabupaten Pesisir Selatan Menggunakan XRF.....                                                                                                    | 23 |
| Tabel 5. Komposisi Kimia Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator .....                                     | 25 |
| Tabel 6. Hasil Analisa Hilang Pijar Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi Rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator .....                    | 29 |
| Tabel 7. Hasil Analisis Sisa di Atas Ayakan 45 $\mu\text{m}$ Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator ..... | 30 |
| Tabel 8. Hasil Analisis Kehalusan Butiran Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator .....                    | 32 |
| Tabel 9. Hasil Kuat Tekan Mortar Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator.....                              | 34 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                                                      |                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Gambar 1. Struktur Dasar Geopolymer (Singh, 2018) .....                                                                                                                                              | 8                                   |
| Gambar 2. Reaksi Geopolimerisasi (Singh, 2018).....                                                                                                                                                  | 9                                   |
| Gambar 3. Struktur Geopolimer (Davidovits, 2013) .....                                                                                                                                               | 9                                   |
| Gambar 4. Tanah Napa Kabupaten Pesisir Selatan .....                                                                                                                                                 | 10                                  |
| Gambar 5. Prinsip X-Ray Fluorescence .....                                                                                                                                                           | 14                                  |
| Gambar 6. Perbandingan Komposisi Tanah Napa Sebelum dan Sesudah<br>Kalsinasi.....                                                                                                                    | 24                                  |
| Gambar 7. Struktur Poly(sialate-siloxo) (Liew et al., 2016).....                                                                                                                                     | 24                                  |
| Gambar 9. Struktur Ikatan Si-O-Si dan Si-O-Al pada Geopolimer (San<br>Nicolas et al., 2017) .....                                                                                                    | 25                                  |
| Gambar 10. Perbandingan Komposisi Kimia Semen Geopolimer Berbasis<br>Tanah Napa dengan Variasi Rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai<br>Alkali Aktivator .....                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Gambar 11. Perbandingan Hilang Pijar Semen Geopolimer Berbasis Tanah<br>Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator .....                                     | 30                                  |
| Gambar 12. Perbandingan Analisis Sisa di Atas Ayakan 45 $\mu\text{m}$ Semen<br>Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi<br>$\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali Aktivator ..... | 31                                  |
| Gambar 13. Perbandingan Kehalusan Butiran Semen Geopolimer Berbasis<br>Tanah Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali<br>Aktivator .....                             | 33                                  |
| Gambar 14. Perbandingan Kuat Tekan Mortar Semen Geopolimer Berbasis<br>Tanah Napa dengan Variasi $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ sebagai Alkali<br>Aktivator .....                             | 36                                  |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Skema Kerja Pembuatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah    |    |
| Napa.....                                                            | 45 |
| Lampiran 2. Analisis XRF.....                                        | 46 |
| Lampiran 3. Analisis Kehalusan Butiran Semen ( <i>Blaine</i> ) ..... | 47 |
| Lampiran 4. Analisis Hilang Pijar ( <i>Lost of Ignition</i> ).....   | 48 |
| Lampiran 5. Analisis Sisa diatas Ayakan 45 $\mu\text{m}$ .....       | 49 |
| Lampiran 6. Pengujian Kuat Tekan.....                                | 50 |
| Lampiran 7. Perhitungan .....                                        | 51 |
| Lampiran 8. Data Pengujian Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbasis     |    |
| Tanah Napa.....                                                      | 55 |
| Lampiran 9. Dokumentasi Alat dan Prosedur Kerja .....                | 56 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seorang ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits, pada tahun 1972 menemukan sebuah perekat alternatif pengganti semen yang dikenal dengan semen geopolimer. Pembuatan semen geopolimer menggunakan material yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan alumina (Syarif et al., 2016). Davidovits memperkenalkan geopolimer sebagai mineral hasil sintesis aluminasilikat dengan larutan alkali aktivator (Zailani et al., 2017). Geopolimer memberikan kuat tekan dan daya tahan yang lebih baik, tidak memiliki reaksi agregat-alkali yang berbahaya serta lebih tahan di lingkungan yang bersifat korosif (Degirmenci, 2017).

Geopolimer merupakan polimer anorganik yang dihasilkan dari mineral yang mengandung sejumlah besar alumina dan silika dengan larutan alkali yang kereaktifannya tinggi yang dapat digunakan sebagai pengganti maupun pelengkap semen portland dalam konstruksi sipil. Proses produksi geopolimer tidak memerlukan temperatur yang tinggi pada pengolahannya. Hal ini menyebabkan bahan produksi geopolimer tidak memiliki residu karbon yang tinggi bila dibandingkan dengan semen Portland. Selain itu geopolimer memiliki keunggulan diantaranya mudah untuk mencapai kekerasan/kekuatan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan pengembangan teknologi aplikasi material geopolimer di Indonesia karena kegunaannya yang sangat besar di bidang industri konstruksi sipil (Davidovits, 1991).

Material yang digunakan dalam pembuatan geopolimer ini adalah material yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan alumina seperti kaolinit, lempung, zeolite, abu terbang, asap silika, terak, abu sekam padi, lumpur merah, dan lain-lain (Singh, 2018). Tanah napa merupakan salah satu material yang mengandung unsur-unsur tersebut, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan semen geopolimer (Mawardi et al., 2018).

Tanah napa merupakan bahan alam yang memiliki kandungan silika dan alumina dalam jumlah besar dengan persentase  $\text{SiO}_2$  sebanyak 63,20% dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebanyak 16,55% (M. Mawardi et al., 2018). Di Sumatera Barat, tanah napa terdapat di beberapa daerah seperti Kabupaten Pesisir Selatan, Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Lima Puluh Kota, dan Kabupaten Solok. Akan tetapi pemanfaatan tanah napa di Sumatera Barat masih sangat minim, monoton, dan tidak bernilai ekonomis. Masyarakat Sumatera Barat hanya memanfaatkan tanah napa sebagai obat diare dan sakit perut. Oleh karena itu, penelitian terkait geopolimer berbasis tanah napa perlu dikembangkan, sehingga tanah napa menjadi material anorganik berharga dan memiliki nilai tambah dari segi ekonomi.

Mineral aluminasilikat seperti tanah napa dapat diaktivasi oleh campuran alkali aktivator. Studi mengenai bahan pengikat yang diaktivasi oleh alkali aktivator ini sudah dimulai semenjak tahun 1940 oleh Purdon dengan menggunakan larutan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) untuk mengaktivasi terak tanur (*furnace slag*) (Yahya et al., 2015). Larutan alkali aktivator basa yang

digunakan terdiri dari kombinasi larutan NaOH dengan Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) akan menghasilkan produk geopolimer yang lebih baik dibandingkan dengan yang menggunakan NaOH saja. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukannya pada tahun 2000, Xu dan Van Deventer menjelaskan bahwa proses geopolimerisasi membutuhkan tambahan silika (Si). Oleh karena itu, alkali hidroksida digunakan untuk melarutkan aluminasilikat, sedangkan larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  berperan sebagai pengikat dalam proses polimerisasi (Kosor et al., 2016).

Rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai alkali aktivator mempengaruhi kualitas beton geopolimer yang dihasilkan. Hal ini karena larutan natrium silikat yang banyak dapat menyebabkan gel silika yang lebih banyak juga. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  untuk menentukan karakteristik produk geopolimer berbasis tanah napa yang optimum. Adapun yang menjadi parameter kualitas semen geopolimer yang akan diujikan meliputi luas permukaan semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , hilang pijar, dan kuat tekan semen. Sementara tanah napa yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah napa yang berasal dari Kabupaten Pesisir Selatan dengan penentuan komposisi tanah napa menggunakan *X-Ray Fluorecence* (XRF).

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Keberadaan tanah napa sebagai bahan alam yang kaya unsur silika dan alumina namun masih minim pemanfaatannya dianggap potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan semen geopolimer. Hal yang

tidak kalah penting lainnya adalah pembentukan semen geopolimer berbasis tanah napa diharapkan mampu meningkatkan nilai dari tanah napa itu sendiri.

Variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai alkali aktivator dalam karakterisasi semen geopolimer berbasis tanah napa dilakukan untuk menentukan kualitas semen geopolimer yang optimum. Kualitas semen geopolimer yang dihasilkan akan diuji berdasarkan luas permukaan semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , hilang pijar, dan kuat tekan semen. Sementara analisa XRF digunakan untuk mengetahui komposisi dari tanah napa yang digunakan dan komposisi semen geopolimer yang dihasilkan.

### **1.3 Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dilakukan untuk memudahkan pembahasan pokok permasalahan secara jelas dan sistematis. Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Tanah napa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kabupaten Pesisir Selatan dan akan berperan sebagai sumber aluminasilikat.
- b. Variabel yang akan diteliti adalah variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  terhadap karakteristik semen yang meliputi luas permukaan semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , hilang pijar, dan kuat tekan semen.
- c. Pengujian komposisi kimia terhadap tanah napa dan semen geopolimer yang dihasilkan akan diuji menggunakan analisa XRF.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Apa saja karakteristik semen geopolimer berbasis tanah napa dengan variasi  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai alkali aktivator?
- b. Bagaimana pengaruh variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  terhadap karakteristik semen yang meliputi luas permukaan semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , hilang pijar, dan kuat tekan dari semen geopolimer yang dihasilkan?
- c. Apakah karakteristik semen geopolimer yang dihasilkan memenuhi Standar Nasional Indonesia?

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempelajari karakteristik semen geopolimer berbasis tanah napa berdasarkan variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  sebagai alkali aktivator.
- b. Mengetahui pengaruh rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  terhadap karakteristik semen yang meliputi luas permukaan semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , hilang pijar, dan kuat tekan dari semen geopolimer yang dihasilkan.
- c. Membandingkan karakteristik semen geopolimer yang dihasilkan dengan Standar Nasional Indonesia.

## **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan geopolimer yang aplikatif pada konstruksi dan dapat bersaing dengan bahan perekat material lainnya. Aplikasi penelitian ini juga diharapkan mampu menghasilkan material yang ramah lingkungan tanpa menghasilkan emisi gas CO<sub>2</sub>. Salah satu hal penting lainnya, aplikasi penelitian ini mampu meningkatkan nilai dari tanah napa sebagai sumber aluminasilikat yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan semen geopolimer. Selain aplikatif, hasil penelitian ini juga diharapkan mampu menjadi referensi untuk pengembangan penelitian geopolimer selanjutnya, terutama geopolimer berbasis tanah napa.

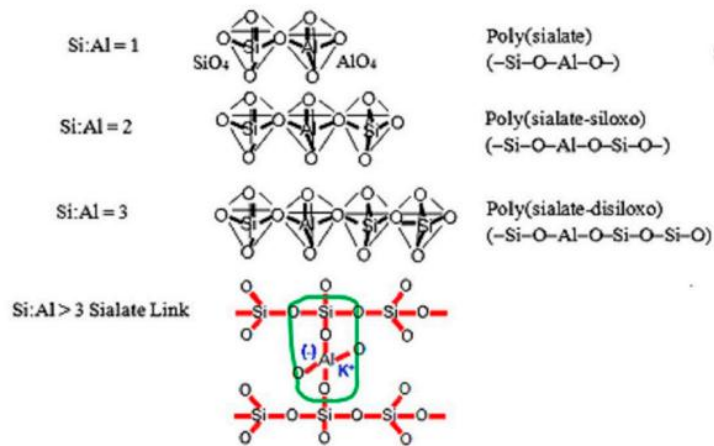
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geopolimer**

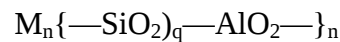
Geopolimer diperkenalkan pertama kali oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Davidovits pada tahun 1978. Menurut Davidovits, bahan baku beton pembentuk piramida Giza di Mesir bukanlah batu kapur. Berdasarkan hasil penelitiannya, Davidovits menemukan bahwa struktur ikatan kimia dan mikrostruktur beton piramida memiliki kemiripan dengan beton geopolimer di laboratorium. Istilah geopolimer diperoleh dari proses pembentukan geopolimer yang dikenal sebagai geopolimerisasi. Geopolimer dapat dijelaskan sebagai bahan yang dihasilkan dari proses geosintesis polimer aluminasilikat dan alkali silikat yang menghasilkan polimer silika tetrahedral dengan ikatan alumina (Saloma et al., 2017). Dengan kata lain, geopolimer merupakan bahan atau material pengikat yang disintesa dengan mencampurkan material sumber aluminasilikat dan larutan alkali sebagai aktivator (Singh, 2018).

Geopolimer dibentuk dari material yang mengandung unsur silika dan alumina dalam jumlah tinggi. Berdasarkan rasio Si/Al, satuan struktur dasar geopolimer dibedakan menjadi poly (sialate), poly (sialate-siloxo), dan poly (sialate-disiloxo (Singh, 2018).



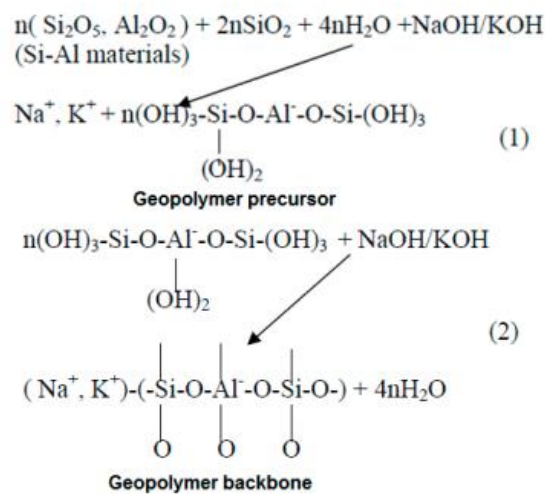
Gambar 1. Struktur Dasar Geopolymer (Singh, 2018)

Saat aluminasilikat yang terdapat dalam material kaya unsur silika dan alumina diaktifkan oleh larutan alkali aktivator, akan terbentuk sebuah polimer anorganik yang dikenal sebagai geopolimer ini. Adapun rumus kimianya dapat ditulis sebagai berikut:



dimana M melambangkan kation alkali, n melambangkan derajat polikondensasi, sedangkan q melambangkan rasio Si/Al. Komposisi bahan baku serta sifat dan konsentrasi larutan alkali yang digunakan akan mempengaruhi geopolimer yang dihasilkan, baik dari segi mikrostruktur maupun sifat mekanik (Singh, 2018).

Geopolimerisasi merupakan reaksi kimia yang terjadi antara larutan alkali aktivator dengan sumber material yang mengandung aluminasilikat. Reaksi ini akan membentuk rantai dan cincin polimer tiga dimensi yang terdiri dari ikatan Si-O-Al- seperti gambar berikut ini.



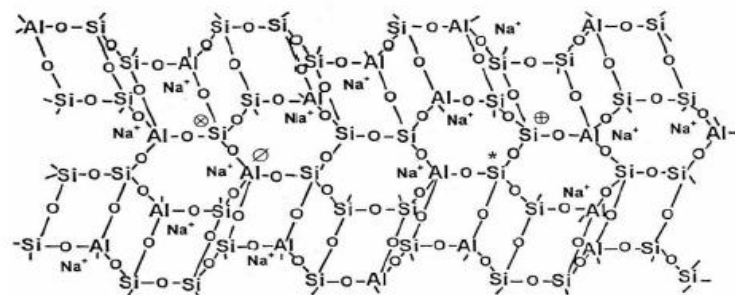
Gambar 2. Reaksi Geopolimerisasi (Singh, 2018)

Adapun tahapan-tahapan yang terjadi saat polimerisasi, yaitu:

- Atom Al dan Si yang ada dalam material aluminosilikat larut karena aksi ion hidroksida.
- Ion prekursor diubah menjadi monomer.
- Polikondensasi monomer menjadi polimer.

Ketiga tahapan ini terjadi hampir bersamaan dan tumpang tindih (*overlap*).

Pada reaksi (2), terlihat bahwa selama proses polimerisasi terjadi pelepasan molekul air. Hal ini juga menjadi salah satu perbedaan geopolimer dengan semen portland, karena reaksi pembentukan semen portland mengkonsumsi air.



Gambar 3. Struktur Geopolimer (Davidovits, 2013)

## 2.2 Tanah Napa

Tanah napa dihasilkan oleh alam yang berasal dari pelapukan batuan feldspatik dan dilakukan oleh gaya-gaya endogen yang tidak berpindah dari batuan induk atau asalnya. Karena tanah ini tidak bergerak maka sifatnya lebih murni, dalam arti tidak tercampur dengan jenis tanah dan bahan lain (Mawardi et al., 2021). Tanah napa biasa dimanfaatkan oleh masyarakat Sumatera Barat sebagai obat sakit perut dan diare. Tanah napa berwarna putih keabu-abuan dan memiliki pori-pori besar pada permukaannya. Di Sumatera Barat, tanah napa dapat ditemukan di berbagai daerah seperti Kabupaten Pesisir Selatan, Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Solok, dan Kabupaten Lima Puluh Kota (Mawardi, et al., 2018).



Gambar 4. Tanah Napa Kabupaten Pesisir Selatan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Mawardi pada tahun 2018, tanah napa memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam jumlah yang sangat tinggi, dengan persentase  $\text{SiO}_2$  adalah 63,20% dan persentase  $\text{Al}_2\text{O}_3$  adalah 16,55%. Mawardi membandingkan komposisi tanah napa dari berbagai daerah di Sumatera Barat dengan *fly ash*, sehingga didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 1.** Komposisi Tanah Napa Sumater Barat (Sanjaya & Zainul, 2018)

| Lokasi Tanah Napa            | $\text{SiO}_2$<br>(%) | $\text{Al}_2\text{O}_3$<br>(%) | $\text{Fe}_2\text{O}_3$<br>(%) | $\text{TiO}_2$<br>(%) | $\text{CaO}$<br>(%) | $\text{K}_2\text{O}$<br>(%) | $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Kec. Lintau Kab. Tanah Datar | 64.42                 | 24.99                          | 5.976                          | 0.654                 | 2.331               | 0.892                       | 2.58                                 |
| Kec. X Koto Kab. Solok       | 70.43                 | 20.52                          | 3.67                           | 0.40                  | 2.70                | 1.26                        | 3.43                                 |
| Kec. Sarilamak Kab. 50 kota  | 66.21                 | 19.42                          | 2.982                          | 0.913                 | Trace               | 9.832                       | 3.40                                 |
| Kec. Situjuh Kab. 50 kota    | 68.70                 | 21.24                          | 2.168                          | 0.743                 | Trace               | 6.358                       | 3.23                                 |
| Kab. Pesisir Selatan         | 60.32                 | 31.94                          | 3.82                           | 0.63                  | 0.55                | 0.99                        | 1.88                                 |
| Fly ash                      | 60                    | 30                             | 5                              | 2.5                   | 5                   | 0,4                         | 2                                    |

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah napa memiliki komposisi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$  yang berbeda-beda di setiap daerah. Komposisi ini memiliki kemiripan dengan komposisi fly ash yang umum dijadikan sebagai bahan baku pembuatan semen geopolimer. Dari tabel 3 juga terlihat bahwa rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  tanah napa asal Kabupaten Pesisir Selatan adalah yang paling mendekati rasio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  fly ash.

### 2.3 Alkali Aktivator

Telah disebutkan sebelumnya bahwa geopolimerisasi aluminasilikat membutuhkan larutan alkali aktivator. Studi mengenai penggunaan larutan alkali dalam mengaktivasi material pengikat dimulai pertama kali oleh Purdon pada tahun 1940 dengan mengaktivasi terak tanur menggunakan larutan natrium hidroksida. Dalam geopolimer, larutan alkali aktivator berperan dalam proses geopolimerisasi, yaitu untuk mengaktivasi bahan mentah yang kaya silika dan alumina (Yahya et al., 2015). Larutan alkali aktivator yang bisa digunakan yaitu NaOH, KOH, kombinasi NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , serta kombinasi KOH dan  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  (Khale & Chaudhary, 2007).

NaOH dan KOH merupakan basa kuat yang ketika dilarutkan dalam air akan melepaskan ikatan hidroksil dan memiliki derajat ionisasi sempurna yaitu 1. Keduanya mampu membentuk garam karbonat bila bertemu dengan  $\text{CO}_2$  di udara. Dalam geopolimerisasi, larutan alkali akan melarutkan alumina-silika sehingga membentuk monomer  $[\text{AlO}_4^-]$  dan  $[\text{SiO}_4^-]$ . Ion alkali akan bertindak sebagai penetral muatan untuk setiap ikatan tetrahedron  $[\text{AlO}_4^-]$ . Sementara itu, Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan Kalium Silikat ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) yang juga dikenal sebagai *waterglass* digunakan sebagai bahan pengikat serta untuk mempercepat proses polimerisasi (Davidovits, 2008).

Kombinasi NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebagai larutan alkali aktivator akan menyebabkan tingkat geopolimerisasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang hanya menggunakan NaOH. Xu and Van Deventer menyatakan bahwa beberapa material sumber aluminasilikat yang digunakan untuk membentuk geopolimer membutuhkan tambahan Si dalam proses geopolimerisasi (Yahya et al., 2015).

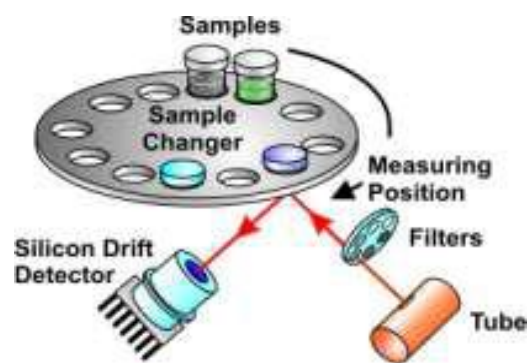
Desain campuran untuk membentuk geopolimer terdiri dari rasio *solid/liquid* (S/L) dan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  dimana keduanya akan mempengaruhi kekuatan mekanik dari geopolimer. Pasta geopolimer dengan rasio S/L yang tinggi memiliki viskositas yang rendah, sebaliknya pasta geopolimer dengan rasio S/L rendah akan memiliki viskositas yang tinggi. Rasio S/L yang rendah akan menghasilkan kekuatan yang rendah pula karena tidak mencukupi pembentukan pengikat. Sementara itu, seiring meningkatnya rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ , maka kekuatan geopolimer akan meningkat pula. Namun, pada rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  yang terlalu tinggi, maka kekuatannya juga dapat menurun. Hal ini disebabkan karena natrium silikat yang berlebihan akan mengendapkan Al-Si sehingga menghambat reaksi material alumina silika dengan larutan alkali (Abdullah et al., 2012).

## **2.4 Karakteristik Semen**

### **1. X-Ray Fluorecence (XRF)**

X-Ray Fluorecence merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisis unsur non-destruktif dari suatu material. Analisis unsur menggunakan XRF dapat dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam suatu bahan atau material sedangkan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan persentasi unsur dalam suatu bahan atau material. Prinsip analisis menggunakan XRF adalah identifikasi dan pencacahan sinar-X melalui peristiwa efek fotolistrik yang disebabkan karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas

berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Jika energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbital K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitalnya yang menyebabkan atom target mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X. Skematik proses identifikasi dengan XRF tampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Prinsip X-Ray Fluorescence

Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (discreet) yang berasal dari bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum discreet yang terjadi tergantung pada perpindahan electron dalam atom bahan yang dianalisis. Spektrum ini dikenal disebut juga sinar-X karakteristik. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa tersebut ditangkap oleh detector semi konduktuor Silikon Litium (SiLi) yang kemudian dimanfaatkan oleh spektrometri XRF untuk menganalisis kandungan unsur dalam suatu bahan. Adapun bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk (Munasir et al., 2012).

## **2. Kehalusan Butiran Semen**

Ukuran partikel semen merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kecepatan reaksi semen dengan air. Untuk sejumlah semen yang halus, luas permukaan partikelnya lebih besar dari pada semen kasar. Oleh karena itu kecepatan reaksi dengan air, berpengaruh terhadap waktu pengikatan pada semen geopolimer. Semakin halus butiran semen yang dimiliki maka reaksi hidrasi akan berlangsung cepat dan waktu pengikatan semakin singkat pula. Selain itu, kehalusan butiran semen juga turut mewakili sifat-sifat fisika semen (Nofrita, 2012). Kehalusan butiran semen yang dianjurkan minimal 280 m<sup>2</sup>/kg (Badan Standar Nasional Indonesia, 2014).

## **3. Lost Of Ignition (LOI)**

*Lost of ignition* (LOI) atau hilang pijar merupakan zat yang akan terbebaskan dalam bentuk gas pada saat semen dipanaskan atau dibakar. LOI menyatakan presentase berat CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang hilang pada semen pada waktu dipijarkan dengan suhu dan waktu tertentu sesuai SNI 2049:2015. Pengujian hilang pijar bertujuan untuk mencegah adanya mineral-mineral yang dapat diurai dalam pemijaran (Badan Standarisasi Nasional, 2015).

## **4. Kuat Tekan**

Kekuatan tekan mortar dan beton geopolimer merupakan karakteristik yang penting. Perubahan dan perbedaan kekuatan pada mortar atau beton geopolimer dapat disebabkan oleh bentuk, distribusi ukuran, kandungan aktivator serta struktur mikro bahan baku (Okoye et al., 2015). Berikut standar kuat tekan menurut SNI 2049:2015.

**Tabel 2.** Persyaratan Nilai Kuat Tekan (Badan Standar Nasional Indonesia, 2015)

| Umur Mortar | Persyaratan Kuat Tekan     |
|-------------|----------------------------|
| 3 hari      | Min 135 kg/cm <sup>2</sup> |
| 7 hari      | Min 215 kg/cm <sup>2</sup> |
| 28 hari     | Min 280 kg/cm <sup>2</sup> |

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 5.1.1 Karakteristik semen geopolimer berbasis tanah napa dengan variasi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  terdiri komposisi kimia semen, hilang pijar, sisa di atas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , kehalusan butiran semen dan kuat tekan.
- 5.1.2 Semakin tinggi rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  maka karakteristik semen yang dihasilkan akan semakin baik. Analisis kuat tekan dan sisa di atas ayakan 45  $\mu\text{m}$  optimum didapatkan dari semen geopolimer berbasis tanah napa dengan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  2, sedangkan analisis hilang pijar dan kehalusan butiran semen optimum didapatkan dari semen geopolimer berbasis tanah napa dengan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  2.5.
- 5.1.3 Karakteristik kehalusan butiran semen dan kuat tekan geopolimer berbasis tanah napa memiliki nilai yang memenuhi standar menurut SNI 2049:2015. Sementara karakteristik hilang pijar dan sisa di atas ayakan 45  $\mu\text{m}$  dari semen geopolimer berbasis tanah napa Pesisir Selatan masih dibawah standar SNI 2049:2015.

## **5.2 Saran**

Sebaiknya juga dilakukan uji XRD, SEM, FTIR, dan TGA untuk mengetahui mikrostruktur dari semen geopolimer berbasis tanah napa.

## KEPUSTAKAAN

- Al Bakri Abdullah, M. M., Hussin, K., Bnhussain, M., Ismail, K. N., Yahya, Z., & Razak, R. A. (2012). Fly ash-based geopolymer lightweight concrete using foaming agent. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(6), 7186–7198. <https://doi.org/10.3390/ijms13067186>
- Badan Standar Nasional Indonesia. (2014). SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–128.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). SNI 2049-2015. Standar Nasional Indonesia Semen portland. *Jakarta,Indonesia : Author*, 1–147.
- Chusilp, N., Jaturapitakkul, C., & Kiattikomol, K. (2009). Effects of LOI of ground bagasse ash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars. *Construction and Building Materials*, 23(12), 3523–3531. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.06.046>
- Davidovits, J. (1991). Geopolymer : Inorganic Polymeric New Materials. *Journal of Thermal Analysis*, 3, 1633–1656.
- Degirmenci, F. N. (2017). Effect of sodium silicate to sodium hydroxide ratios on durability of geopolymer mortars containing natural and artificial pozzolans. *Ceramics - Silikat*, 61(4), 340–350. <https://doi.org/10.13168/cs.2017.0033>
- Jaarsveld, J. G. S. Van, Deventer, J. S. J. Van, & Lukey, G. C. (2002). <Vanjaarsveld2002.Pdf>. *Chemical Engineering Journal*, 89, 63–73.
- Jing, G., Ye, Z., Lu, X., & Hou, P. (2017). Effect of graphene nanoplatelets on hydration behaviour of Portland cement by thermal analysis. *Advances in Cement Research*, 29(2), 63–70. <https://doi.org/10.1680/jadcr.16.00087>