

**KARAKTERISASI GEOPOLIMER BERBASIS TANAH NAPA DENGAN VARIASI SUHU
KALSINASI SEBAGAI BAHAN DASAR SEMEN**

SKRIPSI

Sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelas sarjana sains



YUNI RAHMAWATI
14036055/2014

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN SKRIPSI

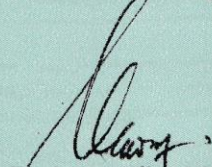
KARAKTERISASI GEOPOLIMER TANAH NAPA DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI SEBAGAI BAHAN DASAR SEMEN

Nama : Yuni Rahmawati
TM / NIM : 2014 / 14026055
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2018

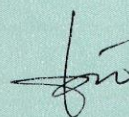
Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D
NIP. 19700902 199801 1 002

PENGESAHAN

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

Judul : **Karakterisasi Geopolimer Tanah Napa dengan
Variasi Suhu Kalsinasi Sebagai Bahan Dasar Semen**

Nama : Yuni Rahmawati

TM / NIM : 2014 / 14026055

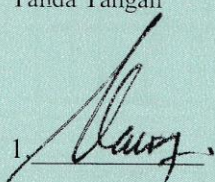
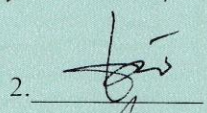
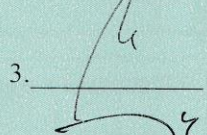
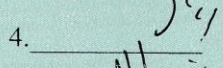
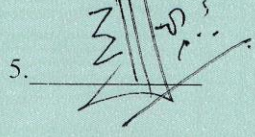
Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2018

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Dr. Mawardi, M.Si	1. 
2	Sekretaris	Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D	2. 
3	Anggota	Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si	3. 
4	Anggota	Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D	4. 
5	Anggota	Effendi S.Pd, M.Sc	5. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuni Rahmawati
TM / NIM : 2014/14036055
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Karakterisasi Geopolimer Tanah Napa dengan Variasi Suhu Kalsinasi Sebagai Bahan Dasar Semen

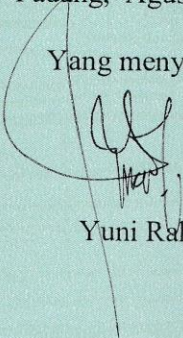
Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil 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 daftar pustaka.
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 2018

Yang menyatakan,



Yuni Rahmawati

ABSTRAK

Yuni Rahmawati (2018) : “Karakterisasi Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi Suhu Kalsinasi Sebagai Bahan Dasar Semen”. *Skripsi*. Padang : Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Tanah napa yang berasal dari Kabupaten Tanah Datar merupakan material alam dengan kandungan tertinggi SiO_2 dan Al_2O_3 yang biasanya masyarakat menggunakan sebagai obat tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan manfaat dari tanah napa sebagai material utama dalam pembuatan semen geopolimer dengan pengaruh suhu kalsinasi (300°C , 500°C , 700°C dan 900°C) dan menentukan karakterisasi semen yang dihasilkan. Semen geopolimer dikarakterisasi terhadap parameter semen yaitu kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan $45\ \mu\text{m}$, waktu pengikatan, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut, kuat tekan mortar dan komposisi kimia semen menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik semen yaitu kehalusan butiran dan waktu pengikatan semen memiliki nilai yang memenuhi standar SNI 2049.2015, sementara katakteristik sisa diatas ayakan $45\ \mu\text{m}$, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut dan kuat tekan mortar dari semen geopolimer berbasis tanah napa masih dibawah standar SNI 2049.2015. Pada kuat tekan mortar semen geopolimer dengan suhu kalsinasi 700°C berbasis tanah napa pada hari ketiga, ketujuh dan kedua puluh delapan merupakan nilai kuat tertinggi yaitu $64\ \text{kg/cm}^2$, $79\ \text{kg/cm}^2$, $118\ \text{kg/cm}^2$ yang masih dibawah standar SNI 2049.2015 namun lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tekan mortar semen geopolimer lain yang disintesis dengan metode sama. Pada penelitian ini hasil pengujian mencapai nilai optimum pada suhu kalsinasi tanah napa 700°C .

Kata kunci : geopolimer, tanah napa, suhu kalsinasi, kuat tekan

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan Penelitian dan Penulisan Skripsi yang berjudul **Karakterisasi Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan Variasi Suhu Kalsinasi sebagai Bahan Dasar Semen**. Shalawat dan salam untuk Nabi taulatan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Penelitian dan Penulisan Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh Sarjana S-1 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik dan Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing II.
3. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Prof. Ali Amran, M.Pd, MA, Ph.D selaku pembimbing akademik pada semester 1 (satu) hingga semester 7 (tujuh) yang telah memberikan masukan selama penulis menjalankan tugas akademik perkuliahan.
5. Ibu Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si, Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D dan Bapak Effendi S.Pd, M.Sc selaku dewan penguji yang telah

memberikan saran serta kritik membangun dalam penyelesaian Penelitian dan Penulisan Skripsi ini.

6. Bapak Ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah memberikan saran serta semangat membangun dalam penyelesaian Penelitian dan Penulisan Skripsi ini.
7. Staf dan Karyawan di Biro Quality Assurance Pelayanan Teknins PT. Semen Padang yang telah banyak membantu Penulis dalam melaksanakan Penelitian dan Penulisan Skripsi ini.
8. Orang Tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan Penelitian dan Penulisan Skripsi ini.
9. Teman-teman Kimia Angkatan tahun 2014 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam Penelitian dan Penulisan Skripsi ini.
10. Rekan-rekan kerja Kabinet Aksi Badan Eksekutif Mahasiswa 2017 FMIPA UNP yang telah memberikan dorongan serta semangat untuk penulis dalam penyelesaian Penelitian dan Penulisan Skripsi ini.

Untuk kesempurnaan Penelitian dan Penulisan Skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

<u>ABSTRAK</u>	i
<u>KATA PENGANTAR</u>	ii
<u>DAFTAR ISI</u>	iv
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	vi
<u>DAFTAR TABEL</u>	vii
<u>DAFTAR LAMPIRAN</u>	viii
<u>BAB I. PENDAHULUAN</u>	1
<u>1.1 Latar Belakang</u>	1
<u>1.2 Identifikasi Masalah</u>	3
<u>1.3 Batasan Masalah</u>	4
<u>1.4 Rumusan Masalah</u>	4
<u>1.5 Tujuan Penelitian</u>	5
<u>1.6 Manfaat Penelitian</u>	5
<u>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</u>	6
<u>2.1 Tanah Napa</u>	6
<u>2.2 Semen Portland</u>	8
<u>2.2.1 Pembuatan Semen Portland</u>	9
<u>2.2.2 Syarat Mutu Semen Portland</u>	10
<u>2.3 Geopolimer</u>	11
<u>2.3.1 Struktur Geopolimer</u>	11
<u>2.3.2 Geopolimerisasi</u>	13

<u>2.3.3</u> Aplikasi Geopolimer.....	14
<u>2.4</u> Larutan Alkali Aktivator	15
<u>2.5</u> Karakteristik Semen	16
<u>2.5.1</u> XRF	16
<u>2.5.2</u> Kehalusan Butiran Semen.....	18
<u>2.5.3</u> <i>Lost Of Ignition</i> (LOI)	18
<u>2.5.4</u> Bagian Tak Larut	19
<u>2.5.5</u> Analisa diatas Ayakan 45 μm	20
<u>2.5.6</u> Konsistensi Normal	20
<u>2.5.7</u> Pengikatan dan Pengerasan.....	21
<u>2.5.8</u> Kuat Tekan.....	21
<u>BAB III. METODE PENELITIAN</u>	22
<u>3.1</u> Waktu dan Tempat Penelitian	22
<u>3.2</u> Objek Penelitian	22
<u>3.3</u> Variabel Penelitian	22
<u>3.4</u> Alat.....	22
<u>3.5</u> Bahan.....	23
3.6 Prosedur Penelitian.....	23
<u>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	30
<u>BAB V. PENUTUP</u>	45
<u>KEPUSTAKAAN</u>	46
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar.....	Halaman
2.1 Tanah Napa Tanah Datar.....	6
2.2 Struktur Kimia Polysialate	12
2.3 Struktur Geopolimer.....	13
2.4 Prinsip X-Ray <i>Flourescence</i>	18
4.1 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Kehalusan Butiran Semen	33
4.2 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Hilang Pijar.....	34
4.3 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Bagian Tak Larut	36
4.4 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Sisa Ayakan Diatas 45 μm	37
4.5 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Konsistensi Normal	39
4.6 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Waktu Pengikatan Awal	41
4.7 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Waktu Pengikatan Akhir	41
4.8 Kurva Hubungan Semen Geopolimer Tanah Napa Terhadap Kuat Tekan.....	43
4.9 Grafik Hubungan Mortar Geopolimer Tanah Napa Dengan Mortar Geopolimer Material Lain Terhadap Kuat Tekan.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel.....	Halaman
2.1 Analisis Komposisi Tanah Napa dengan XRF	7
2.2 Komposisi Kimia Semen Portland	8
2.3 Persyaratan Kimia Semen Portland	10
2.4 Persyaratan Fisika Semen Portland.....	11
2.5 Aplikasi Geopolimer berdasarkan Rasio Si-Al.....	15
4.1 Komposisi Senyawa Kimia Semen Geopolimer Tanah Napa	31
4.2 Hasil Uji Kehalusan Butiran Semen Geopolimer Tanah Napa.....	32
4.3 Hasil Uji Hilang Pijar Semen Geopolimer Tanah Napa	34
4.4 Hasil Uji Bagian Tak Larut Semen Geopolimer Tanah Napa	35
4.5 Hasil Uji Sisa diatas Ayakan 45m Semen Geopolimer Tanah Napa	37
4.6 Hasil Uji Konsistensi Normal Semen Geopolimer Tanah Napa.....	38
4.7 Hasil Uji Waktu Pengikatan Semen Geopolimer Tanah Napa	40
4.8 Hasil Uji Kuat Tekan Semen Geopolimer Tanah Napa	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Skema Kerja Proses Pembuatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa	49
2 Analisa XRF	50
3 Analisa Kehalusan Butiran Semen (<i>Blaine</i>)	51
4 Analisa <i>Lost of ignition</i> (LOI)	52
5 Analisa Bagian Tak Larut	53
6 Analisa diatas Ayakan 45m	54
7 Pengujian Konsistensi Normal	55
8 Pengujian Waktu Pengikatan	56
9 Pengujian Kuat Tekan	57
10 Data Hasil Pengujian	58
11 Perhitungan Hilang Pijar	59
12 Perhitungan Bagian Tak Larut	61
13 Perhitungan diatas Ayakan 45	62
14 Perhitungan Konsistensi Normal	63
15 Perhitugan Komposisi Pengujian Tanah Napa dan Alkali Aktivator	64
16 Alat yang digunakan	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang kaya akan sumber daya alam, seperti tumbuhan, hewan dan mineral-mineral yang terkandung di perut bumi. Salah satu kekayaan alam tersebut adalah kaolin yang merupakan zeolit alam yang berlimpah di alam (Eddy, 2013). Kaolin merupakan mineral anorganik aluminasilika yang terbentuk dari hasil hidrasi alkali. Kaolin dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek aplikasi, misalnya sebagai obat tradisional, seperti obat sakit perut dan diare serta dapat dimanfaatkan sebagai sumber aluminasilika pembuatan geopolimer.

Pada aplikasi geopolimer, kaolin dapat digunakan karena kandungan mineral aluminasilika yang tinggi. Peristilahan geopolimer pertama kali digunakan oleh Profesor Joseph Davidovits pada tahun 1978 untuk menjelaskan tentang mineral polimer yang dihasilkan melalui *geochemistry*. Geopolimer dapat digunakan sebagai opsi pengganti maupun pelengkap pada semen portland dalam konstruksi sipil. Geopolimer merupakan polimer anorganik alumina-silika yang disintesa melalui material yang banyak mengandung senyawa Silika (Si) dan Alumina (Al), yang berasal dari alam atau material hasil sampingan industri. Proses produksi geopolimer tidak membutuhkan pengolahan pada temperatur yang tinggi. Hal ini menyebabkan bahan produksi geopolimer tidak memiliki residu karbon yang tinggi bila dibandingkan dengan semen Portland. Selain itu dalam sintesisnya, geopolimer anorganik ini tidak memerlukan pembentukan kalsium-silika-hydrates (CSH) dalam penyusunan matrik dan kekuatannya,

sehingga geopolimer anorganik memiliki keunggulan diantaranya mudah untuk mencapai kekerasan/kekuatan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan pengembangan teknologi aplikasi material geopolimer dalam bidang teknologi semen di Indonesia mengingat kegunaannya yang sangat besar di bidang industri konstruksi sipil (Davidovits, 1991; Hilman, 2010).

Geopolimer tidak hanya memiliki sistem kerja sebanding dengan *Ordinary Portland Cement* (OPC) dalam berbagai aplikasi, tetapi juga memiliki banyak keuntungan tambahan, seperti waktu pengerasan, memiliki ketahanan termal yang baik, ketahanan terhadap asam, dan secara signifikan mengurangi penggunaan energi serta emisi gas rumah kaca karena kadar dari bahan geopolimer tidak menghasilkan gas CO₂ yang tinggi jika dibandingkan dengan pembuatan semen berbahan batu kapur pada produksi semen umumnya. Karakteristik ini menjadikan geopolimer sebagai material yang sangat berpotensi penting untuk pembangunan berkelanjutan.

Semen geopolimer disintesis dari komponen padat yang mengandung aluminasilikat berkonsentrasi tinggi kemudian direaksikan dengan larutan alkali sebagai komponen aktivator sehingga dapat menghasilkan material pasta geopolimer dengan kekuatan mengikat seperti pasta semen. Mineral aluminasilikat dapat diperoleh dari tanah napa yang keberadaannya terdapat di beberapa daerah di Sumatera Barat. Tanah napa merupakan kelompok mineral aluminosilikat dengan komposisi utama kaolin dan kuarsa. Mawardi, dkk (2012), telah melaporkan komposisi kimia dari Tanah Napa yang berasal dari Kecamatan

Lintau, Kabupaten Tanah Datar Sumatera Barat dapat disimpulkan tergolong mineral alumina silika Kelompok zeolit alam. Adapun komposisi kimia rata-rata dari Tanah Napa adalah SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO dan K_2O , masing-masing 64,52%, 24,99%, 5,98%, 2,33% dan 0,89% (Mawardi, 2012; Manuahe, 2014; Aboulayt, 2017).

Tanah Napa merupakan sebutan bagi masyarakat Sumatera Barat yang pada umumnya dimanfaatkan sebagai obat tradisional. Misalnya pada daerah Tanah Datar dan Payakumbuh, Tanah Napa digunakan masyarakat sebagai obat sakit perut. Namun seiring perkembangan zaman saat ini Tanah Napa tidak lagi termanfaatkan sebagai obat, karena masyarakat lebih memilih obat-obatan modern. Dengan potensi yang dimiliki tanah napa, jelas pemanfaatan tanah napa ini tampak tidak berkembang dan bernilai guna rendah (Mawardi, 2012).

Maka berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk mempelajari pemanfaatan tanah napa yang terdapat di Lintau, Kabupaten Tanah Datar sebagai material utama pada pembuatan semen geopolimer terhadap kualitas semen yang dihasilkan. Tanah napa yang digunakan berfungsi sebagai sumber alumina silika yang berperan sebagai prekursor dalam sintesis semen geopolimer.

1.2 Identifikasi Masalah

Tanah napa adalah tanah yang terdapat di beberapa tempat di Sumatera Barat, tetapi penggunaannya belum dimanfaatkan secara maksimal. Tanah napa yang mengandung senyawa silika alumina dapat digunakan sebagai bahan utama material pada pembuatan semen geopolimer. Penggunaan tanah

napa ini diharapkan menghasilkan kualitas semen yang lebih baik dengan menganalisa karakteristik semen baru yang dihasilkan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bahan utama yang digunakan adalah tanah napa dari Kecamatan Lintau, Kabupaten Tanah Datar.
2. Variabel yang akan diteliti adalah variasi suhu kalsinasi tanah napa serta konsentrasi penambahan NaOH dan Na_2SiO_3 terhadap kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45 μm , waktu pengikatan, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut dan kuat tekan mortar.
3. Pengujian komposisi kimia semen dengan menggunakan XRF.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian di atas, maka penulis merumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu kalsinasi tanah napa yang digunakan terhadap parameter semen yaitu kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45 μm , waktu pengikatan, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut dan kuat tekan mortar?
2. Bagaimana komposisi kimia semen yang dihasilkan menggunakan XRF?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari karakteristik semen geopolimer menggunakan tanah napa dengan variasi suhu kalsinasi terhadap parameter semen yaitu kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45 μm , waktu pengikatan, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut dan kuat tekan mortar.
2. Menentukan suhu kalsinasi optimum dalam pembuatan semen geopolimer.
3. Menentukan komposisi kimia semen yang dihasilkan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang penggunaan tanah napa sebagai material utama pembuatan semen geopolimer.
2. Memberikan sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Napa

Tanah napa merupakan tanah yang dihasilkan oleh alam yang mana berasal dari pelapukan batuan *feldspatik* yang berpindah jauh dari batuan induknya disebabkan oleh tenaga eksogen. Ciri fisik dari tanah napa ini yaitu mempunyai pori-pori besar dan berwarna abu-abu kecoklatan pada saat basah atau lembab dan berwarna putih pada saat kering. Tanah napa merupakan salah satu jenis tanah lempung berpasir yang terdapat di alam, mudah dihancurkan dan memiliki bentuk yang unik yaitu berlapis-lapis serta susunannya teratur yang memiliki kandungan silika dan alumina, sehingga tanah napa dapat dengan mudah dikenali dan dibedakan dari tanah lainnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 (Mawardi, 2013).



Gambar 2.1 Tanah Napa Kabupaten Tanah Datar (Mawardi, 2013)

Tanah napa merupakan sebutan yang biasanya digunakan oleh masyarakat Sumatera Barat pada tanah yang digunakan sebagai obat sakit perut dan diare. Tanah napa banyak terdapat di daerah Sumatera Barat seperti di daerah kabupaten

Tanah Datar, kota Solok, kabupaten Lima Puluh Kota dan kabupaten Pesisir Selatan. Pada penelitian oleh Mawardi, dkk (2013) disebutkan bahwa tanah napa yang berasal dari Sumatera Barat umumnya kelompok mineral aluminosilikat dengan perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ berkisar 1.25-3.43. Data hasil penelitian juga memperlihatkan tanah napa mempunyai komponen utama berupa SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , Fe_2O_3 dan CaO dengan jumlah yang bervariasi (Tabel 2.1). Komposisi kimia tanah napa ini memiliki kemiripan dengan komposisi kimia dari *fly ash* yang digunakan dalam pembuatan semen geopolimer. Material *fly ash* mengandung material silika dan alumina sebagaimana yang dimiliki Semen Portland (Manuahe, 2014; Mawardi, 2013).

Tabel 2.1 Komposisi Tanah Napa dengan XRF (Mawardi, 2015)

Lokasi Tanah Napa	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	CaO (%)	K_2O (%)	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
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

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat bahwa komposisi tanah napa memiliki kemiripan dengan komposisi kimia dari fly ash. Fly ash memiliki kandungan utama kalsium oksidasi, alumunium dan silikon. Sehingga berdasarkan kemiripan komposisi tersebut tanah napa berpotensi untuk digunakan sebagai bahan utama pembuatan semen geopolimer (Nur et al., 2013).

2.2 Semen Portland

Semen merupakan campuran bahan-bahan kimia yang bersifat hidrolis, yang berarti bahwa jika ditambah dengan air akan berubah menjadi bahan yang bersifat perekat sehingga dapat mengikat bahan lain menjadi satuan massa yang padat dan mengeras. Karena udara mengandung uap air maka proses pengerasan dapat berlangsung di air maupun di udara. Dalam kerja konstruksi, sifat hidrolis semen sangatlah penting (Duda, 1976).

Adapun kandungan senyawa-senyawa yang terdapat pada semen Portland adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Semen Portland

		Simbol	N a m a
$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Tricalcium-Silicate	C_3S	Alite
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Dicalcium-Silicate	C_2S	Belite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	Tricalcium- Aluminate	C_3A	Interstitial
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	Tetracalcium-Aluminate Ferrite	C_4AF	Phase

(Tim Pelayanan Teknis PT. Semen Padang, 1998)

Menurut Standar Industri Indonesia SII 0013-81, semen Portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker, yang dibuat pada umumnya dari bahan kalsium-silikat-hidrat dan material lainnya, seperti gypsum. Bahan-bahan dasar yang digunakan untuk memproduksi semen Portland terdiri dari sekitar 4/5 bagiannya adalah kalsium-karbonat. Bahan ini diurai selama proses produksi klinker semen untuk memproduksi kalsium-oksida yang akan

tetap tinggal dalam campuran untuk bereaksi dengan oksida lainnya guna mendapatkan unsur hidrolik yang penting pada semen Portland, dan karbonoksida akan keluar melalui ventilasi sistem tungku pembakaran. Selain kalsium-karbonat, unsur utama lainnya adalah silika, alumina, dan oksida besi (Silalahi, 2008).

2.2.1 Pembuatan Semen Portland

Bahan baku yang dibutuhkan sebuah pabrik semen antara lain adalah batuan yang mengandung kapur seperti batu kapur (chalk), tanah liat (clay), pasir silika dan pasir besi serta gypsum. Karena porsi batu kapur adalah yang paling banyak dibutuhkan disusul dengan pasir silika dan tanah liat, maka kebanyakan pabrik semen dibangun didekat tambang ketiga bahan baku tersebut khususnya tambang kapur. Selain pertimbangan bahan baku, pada umumnya pabrik semen dibangun sedekat mungkin dengan pasarnya untuk mengurangi biaya transportasi.

Proses pembuatan semen dimulai dari penambangan bahan baku, khususnya batu kapur, tanah liat dan pasir/ batu silika, kemudian diangkut oleh dump truck ke crushing plant untuk dikecilkan ukurannya dengan crusher. Setelah ukurannya cukup kecil, bahan baku ini disimpan di dalam gudang sambil dikeringkan secara alamiah seperti terlihat pada Gambar 2.2. Sedangkan pasir besi biasanya didatangkan dari tempat lain karena jarang sekali dalam suatu wilayah tambang batu kapur juga terdapat pasir besi disekitarnya.

Proses berikutnya adalah menggiling bahan baku serta mencampurnya pada proporsi yang sangat tergantung dari kemurnian masing-masing bahan baku. Hasil penggilingan bahan baku ini berupa serbuk dengan ukuran partikel merata sekitar 50-60 mikrometer dengan proporsi sesuai dengan yang dipersyaratkan.

Proses penggilingan ini dapat dilakukan dengan ballmill. Kemudian campuran bahan baku dengan proporsi yang benar ini dibakar hingga temperatur 1300 – 1500 °C dimana bahan baku akan mengalami proses sintering dan terbentuk kerak semen (clinker). Terak panas ini kemudian didinginkan dengan cepat hingga suhu 100°C untuk menstabilkan fasa padatan terak dalam rangka menjaga mutu terak yang biasanya diukur berdasarkan sifat reaktivitasnya. Terak dingin tersebut kemudian digiling kembali bersama sekitar 3-5% fraksi massa gypsum sebagai bahan retarder (penghambat reaksi penggeringan semen apabila dicampur dengan air) hingga lembut dan ini disebut dengan semen Portland.

2.2.2 Syarat Mutu Semen Portland

Syarat suatu konstruksi bangunan yang berkualitas baik, terdiri dari Semen Portland yang baik pula sehingga akan menghasilkan konstruksi dengan mutu kualitas yang sesuai standar. Syarat – syarat mutu unsure material pembuatan semen ditinjau dari sifat kimia dan fisika. Persyaratan semen Portland harus memenuhi persyaratan sebagaimana yang tertera pada tabel 2.3 dan tabel 2.4 berikut (SNI 2049:2015).

Tabel 2.3 Persyaratan Kimia Semen Portland (Satuan dalam %)

No.	Uraian	Nilai
1.	SiO ₂ minimum	20,0
2.	Al ₂ O ₃ maksimum	10,0
3.	Fe ₂ O ₃ maksimum	5,0
4.	MgO maksimum	6,0
5.	SO ₃ maksimum Jika C ₃ A < 8,0 Jika C ₃ A > 8,0	3,0 3,5
6.	Hilang pijar maksimum	5,0
7.	Bagian tak larut maksimum	3,0

Tabel 2.4 Persyaratan Fisika Semen Portland

No.	Uraian	Nilai
1.	Kehalusan :	
	Uji permeabilitas udara, m ² /kg dengan alat :	
	- Turbidimeter minimum	160
2.	- Baline minimum	280
	Kuat tekan :	
	- Umur 1 hari kg/cm ² minimum	-
	- Umur 3 hari kg/cm ² minimum	135
	- Umur 7 hari kg/cm ² minimum	215
	- Umur 28 hari kg/cm ² minimum	300
3.	Waktu pengikatan dengan alat :	
	a) Gillmore	
	- Awal, menit minimum	60
	- Akhir, menit maksimum	600
	b) Vicat	
	- Awal, menit minimum	45
	- Akhir, menit maksimum	375

(SNI 2049:2015)

2.3 Geopolimer

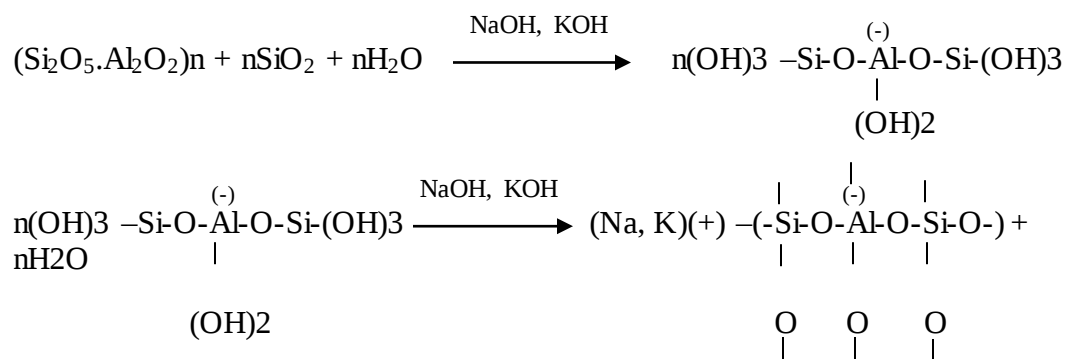
Istilah geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh Davidovits pada tahun 1978 untuk menggambarkan jenis pengikat mineral yang memiliki komposisi kimia menyerupai zeolit tetapi memiliki mikrostruktur yang amorf. Geopolimer adalah bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa dari material yang banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau dari material hasil sampingan industri. (Davidovits, 1991; Davidovits, 1999).

2.3.1 Struktur Geopolimer

Davidovits menganjurkan penggunaan istilah “poly(sialate)” untuk geopolimer berbasis silica-aluminat. Sialat adalah kependekan dari silicon-okso-aluminat (*silico-oxo-aluminate*) Polysialate dibedakan menjadi tiga tipe yaitu, tipe

2.3.2 Geopolimerisasi

Geopolimer merupakan bahan atau material yang berupa anorganik yang disintesa melalui proses polimerisasi (geopolimerisasi). Geopolimerisasi melibatkan reaksi kimia dari alumina-silikat oksida (Si_2O_5 , Al_2O_2) dengan alkali polisilikat yang menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Polisilikat umumnya berupa natrium atau kalium silikat yang disuplai oleh industri kimia atau bubuk silika halus sebagai produk sampingan dari proses *ferro-silicon metallurgy*. Persamaan berikut menunjukkan sebuah contoh dari polikondensasi oleh alkali menjadi poly(sialate-soloxo) (Wallah, 2006).



Persamaan tersebut mengindikasikan bahwa air dilepaskan selama reaksi kimia yang terjadi didalam pembuatan polimer. Air ini dikeluarkan selama proses *curing*. Tidak seperti semen portland/*pozzolanic* biasa, geopolimer tidak membentuk calcium-silicate-hydrates (CSHs) untuk pembentukan matriks dan kekuatan, tetapi merupakan hasil proses polikondensasi dari prekursor silika dan alumina serta kandungan alkali yang tinggi untuk mencapai kekuatan strukturalnya. Oleh karena itu istilah geopolimer kadang-kadang diganti menjadi pengikat alumina silikat teraktivasi oleh alkali (Van, 2002).

Material Geopolimer merupakan sintesis polimer anorganik dari reaksi yang kuat antara larutan alkali silikat dengan sumber aluminosilikat pada temperatur lingkungan dengan mineral aluminasilikat ini dapat diperoleh dari tanah napa yang dikenal dengan metakaolin. Metakaolin adalah bentuk dehidroksilasi dari kaolin. Kaolin adalah mineral tanah liat yang konvensional telah digunakan dalam pembuatan porselen. Kaolin adalah bahan alami terutama terdiri dari mineral halus dan juga mineral yang paling berlimpah ditemukan di bumi. Kaolin pada dasarnya terdiri dari alumina, silika, dan air. Salah satu cara mendapatkan metakaolin yaitu dengan cara kalsinasi bahan tanah napa tersebut. Kalsinasi dilakukan karena produk setelah kalsinasi digunakan untuk memperoleh bahan baku dengan reaktivitas tinggi untuk penguraian monomer. Misalnya, metakaolin diperoleh melalui pemanasan tanah napa dalam kisaran suhu antara 500-900°C digunakan sebagai bahan pada sintesis geopolimer.

Sebagai bahan struktural, geopolimer berbasis metakaolin memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan semen Portland biasa (OPC), seperti pengolahan mudah, ramah lingkungan yang tinggi, emisi CO₂ yang rendah, kinerja mekanik yang tinggi.(Lo, 2017).

2.3.3 Aplikasi Geopolimer

Menurut Davidovits, geopolimer dapat diaplikasikan pada berbagai lapangan industri seperti automobil, *aerospace*, metalurgi dan pengecoran bukan besi, teknik sipil serta industri plastik. Tipe dari aplikasi material-material geopolimer ditentukan oleh struktur kimia dalam hal ini adalah rasio atom Si-Al dalam *polysialat*. Aplikasi geopolimer dapat dilihat berdasarkan table 2.5.

Tabel 2.5 Aplikasi Geopolimer Berdasarkan Rasio Si:Al (Davidovits, 2008)

Rasio Si : Al	Aplikasi
1	- Batu bara - Keramik - Pelindung api
2	- Semen rendah CO₂ dan beton - Radioaktif dan pembuangan limbah beracun
3	- Proteksi kebakaran komposit kaca serat - Peralatan pengecoran - Komposit tahan panas, 200 °C – 1.000 °C - Peralatan untuk proses titanium aeronautika
>3	- Sealant untuk industry, 200 °C- 600 °C - Peralatan untuk proses SPF aluminium
20-35	- Komposit serat tahan api dan tahan panas

Sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.5 Rasio Si:Al yang rendah seperti 1, 2 dan 3 menginisiasi jaringan 3D yang sangat kaku. Sementara rasio Si-Al yang lebih besar dari 15 menghasilkan karakter polimer dari geopolimer tersebut. Dapat dilihat bahwa kebanyakan aplikasi geopolimer pada bidang teknik sipil cocok pada rasio Si:Al yang rendah. Satu dari bidang yang potensial dari aplikasi material geopolimer adalah pada manajemen limbah beracun karena geopolimer berperilaku seperti material zeolit yang dikenal baik akan kemampuannya untuk menyerap limbah kimia beracun (Davidovits, 1988).

2.4 Larutan Alkalin Aktivator

Alkali aktivator dibutuhkan untuk reaksi polimerisasi. Pada penelitian ini alkali aktivator yang digunakan adalah natrium hidroksida dan natrium silikat. Natrium hidroksida berfungsi mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terdapat dalam tanah napa sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Sedangkan natrium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerasi. Reaksi akan bereaksi lebih cepat pada alkali yang mengandung larutan natrium silikat

lebih banyak dibandingkan dengan larutan alkali yang banyak mengandung natrium hidroksida (Hardjito, 2004).

Hidroksida yang terdapat pada aktivator akan bereaksi dengan SiO_2 dan Al_2O_3 yang akan membentuk polimer dengan mengeluarkan H_2O sebagai sisa proses polimerasi. NaOH dan KOH dapat digunakan sebagai aktivator pada campuran geopolimer. Untuk dapat digunakan pada campuran geopolimer, aktivator yang berupa padatan harus dilarutkan ke dalam air disesuaikan dengan molaritas larutan aktivator yang dikehendaki.

Jenis aktivator yang digunakan dalam campuran geopolimer akan menghasilkan kuat tekan dan pengaruh yang berbeda. Dengan molaritas yang sama, penggunaan NaOH dapat menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada menggunakan KOH. Konsentrasi aktivator juga berperan dalam meningkatkan kekuatan geopolimer. Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kekuatan tekan geopolimer yang akan dicapai umumnya juga semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi konsentrasi aktivator maka jumlah mol yang terdapat didalamnya akan semakin banyak, sehingga reaksi polimerasi kondensasi menjadi semakin sempurna (Hardjito, 2004).

2.5 Karakteristik Semen

2.5.1 XRF

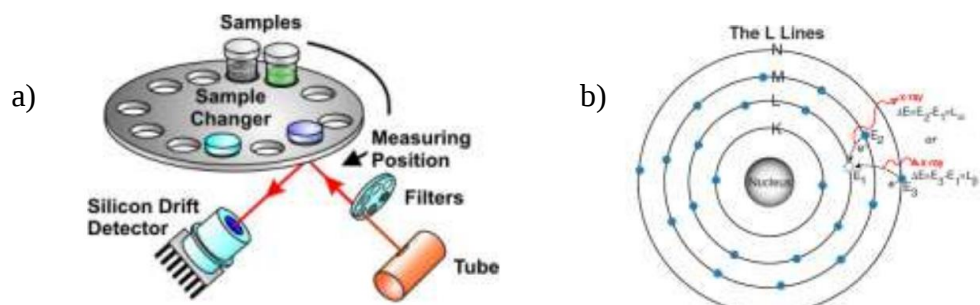
Spektrometer XRF adalah alat uji yang digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi sinar-x

karakteristiknya. Sedangkan analisis kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spectrum (Jamaludin 2012).

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan 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 2.5.

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 elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat massif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas

ditangkap oleh oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi) (Munasir, dkk., 2012).



Gambar 2.4 a) Prinsip X-Ray Fluorescence , b) kekosongan elektron pada kulit L (Fansusi, 2010).

2.5.2 Kehalusan Butir Semen

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih besar. Sebaliknya, semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awalnya tinggi. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi *bleeding* atau naiknya air ke permukaan.

Kehalusan butiran-butiran semen berhubungan dengan waktu pengerasan pasta semen. Lebih luas permukaan yang dapat dihidrasi, lebih banyak gel semen dapat terbentuk pada umur muda, maka lebih tinggi kekuatan tekan awal yang dapat dicapai oleh semen (Yusnita, 2009).

2.5.3 *Lost of Ignition* (LOI)

Lost of Ignition (LOI) adalah sebuah pengujian yang biasanya digunakan untuk menganalisa kandungan air yang dipanaskan dalam furnace dengan suhu tinggi, sehingga zat-zat volatil akan terlepas dan terjadi perubahan massa. Pada LOI akan diketahui persentase berat CO_2 dan H_2O yang hilang pada waktu

dipijarkan dengan suhu dan waktu tertentu. Pada saat pemijaran akan terjadi perubahan massa dimana terdapat bagian yang hilang. Bagian yang hilang diasumsikan untuk menunjukkan jumlah air dan karbon dioksida dalam semen (Surjaadmadja, 2013).

$$\% \text{ LOI} = \frac{\text{M abu dan cawan sebelum dibakar} - \text{M abu dan cawan setelah dibakar}}{\text{massa abu dan cawan sebelum dibakar}} \times 100$$

(Altun, 2009).

Pada semen Portland hilang pijar disebabkan karena terjadinya penguapan air kristal dari gypsum serta penguapan CO_2 dari reaksi kalsinasi (terurainya CaCO_3 dan MgCO_3 menjadi CaO , MgO , dan CO_2).

2.5.4 *Insoluble residue* (BTL = bagian tak larut)

Bagian tak larut merupakan kotoran yang tetap tinggal setelah semen direaksikan dengan asam klorida dan natrium karbonat. BTL ditentukan dengan mendigest sampel dalam HCl . Setelah penyaringan dilanjutkan dengan mendigest dengan NaOH . Residu yang diperoleh dipijarkan dan ditimbang. BTL dapat ditentukan dengan menggunakan rumus %BTL.

$$\% \text{ BTL} = \frac{\text{berat endapan}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

Kandungan BTL dalam semen memiliki nilai optimum untuk mendapatkan kualitas yang diharapkan, jika kandungan BTL ini terlalu tinggi maka akan menurunkan kualitas semen (Tim Pelayanan Teknis PT Semen Padang, 1998).

2.5.5 Analisa diatas ayakan 45 μm .

Analisa ayakan (*Sieve analysis*) adalah prosedur yang digunakan untuk mengukur distribusi ukuran partikel dari suatu bahan. Distribusi ukuran partikel merupakan hal yang sangat penting. Hal ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah butiran semen yang dapat lolos pada ayakan 45 μm .

Menurut PT. Semen Padang (1988) kehalusan semen dapat dilakukan pengujian dengan cara pengayakan. Pada pengujian kehalusan semen dengan pengayakan menggunakan ayakan, dikenal dengan cara pengujian secara kering untuk ayakan 180, 90, dan 45 mikrometer.

Sejumlah sampel yang mewakili semen tertentu ditimbang dan ditaruh diatas ayakan dengan ukuran 45 μm , ayakan diletakkan diatas alat sieving yang akan menyedot partikel butiran semen yang dapat lolos pada ayakan 45 μm . (SNI 2049:2015).

2.5.6 Konsistensi Normal

Pengujian konsistensi normal adalah untuk menentukan persentase air yang dibutuhkan sampai mencapai konsistensi normal semen yang berpengaruh pada pengikatan sampai pada saat semen mengeras. Dari sini dapat diketahui banyak sedikitnya air yang akan dicampur dalam semen untuk membentuk sebuah pasta.

Pada konsistensi semen portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada rasio antara semen dan air serta aspek bahan semen (Yusnita, 2009).

2.5.7 Pengikatan dan Pengerasan (*Setting Time and Hardening*)

Setting (pengikatan semen) pada adonan semen dengan air adalah sebagai gejala terjadinya kekakuan atau kebekuan semen yang biasanya dinyatakan dengan waktu pengikatan (*setting time*) yaitu diawali dari terbentuknya adonan semen sampai semen mulai kaku, sedangkan *hardening* (pengerasan) yaitu keadaan dimana semen mulai mengeras dan memberikan kekuatan (Tim Pelayanan Teknis Semen Padang, 1998).

Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua yaitu:

- 1) Waktu ikat awal yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan.
- 2) Waktu ikat akhir yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.

Waktu pengikatan diukur dengan alat vicat atau gillmore. Dengan demikian dapat ditentukan apakah pasta semen itu cukup lama berada dalam keadaan plastis sampai beton bersangkutan dapat dituang atau dicor.

Menurut ASTM C 191 – 04, tahun 2004 halaman 185 menyatakan bahwa perhitungan waktu ikat menggunakan alat vicat digunakan untuk menentukan III-6 waktu ikat awal antara semen dan air dan waktu ketika jarum tidak mampu menembus pasta (waktu ikat akhir) (Yusnita, 2009).

2.5.8 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan sifat yang harus dimiliki oleh semen untuk dapat menahan beban tekan. Satuan kuat tekan dinyatakan dalam kg/cm^2 dan untuk pengujian kuat tekan semen dilakukan untuk umur semen 3,7 dan 28 hari.

Kualitas geopolimer dilihat dari skala makro dapat ditentukan oleh sifat mekaniknya yaitu kuat tekan dengan menggunakan alat penguji kuat tekan untuk mengetahui apakah semen memenuhi spesifikasi. Sampel uji nantinya akan dikenakan beban tertentu hingga sampel uji hancur dan pecah.

Pengukuran kuat tekan akhir geopolimer dilakukan pada saat umur sampel uji 28 hari, karena pada umur tersebut reaksi geopolimerisasi tidak menunjukkan perkembangan kekuatan yang signifikan. Sedangkan kuat tekan awal ditentukan dengan pengukuran pada umur 1 hari setelah sampel uji geopolimer mencapai kekuatan yang cukup untuk diuji (Hardjito et al., 2004).

Kusumastuti (2009) telah melakukan penelitian dengan mensintesis geopolimer berbahan dasar abu layang batu bara dan mempelajari tentang variasi mol Al_2O_3 . Semakin besar rasio mol SiO_2/Al_2O_3 , semakin besar kuat tekan yang dihasilkan, hingga mencapai rasio mol SiO_2/Al_2O_3 optimum. Kuat tekan optimum dicapai pada rasio mol $SiO_2/Al_2O_3=3,0$.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

- a. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Karakteristik kehalusan butiran semen geopolimer dan waktu pengikatan semen geopolimer memiliki nilai yang memenuhi standar menurut SNI 2049:2015. Sementara karakteristik lainnya dari sampel semen geopolimer yaitu kuat tekan mortar, bagian tak larut dan hilang pijar masih dibawah standar SNI 2049.2015.
- b. Nilai kuat tekan mortar semen geopolimer tanah napa memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan mortar semen geopolimer fly ash.
- c. Suhu kalsinasi optimum pada hasil karakterisasi semen geopolimer berbasis tanah napa berada pada suhu 700°C.
- d. Analisis XRF terhadap semen menunjukkan kandungan paling tinggi pada semen yang dihasilkan yaitu SiO_2 dan Al_2O_3 .

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk penelitian selanjutnya:

- a. Pemanfaatan tanah napa sebagai bahan utama pembuatan semen pada tipe lainnya.
- b. Penggunaan tanah napa sebagai bahan utama pembuatan klinker yaitu sumber batu silika.

KEPUSTAKAAN

- Aboulayt, A., Riahi, M., Touhami, M. O., Hannache, H., Gomina, M., Moussa, R. 2017. Properties of Metakaolin Based Geopolymer Incorporating Calcium Carbonate. *Journal of Advanced Powder Technology*.
- Altun, N., Chuangfi Xiao, Jiann-Yang Hwang, 2009. Separation of Unburned Carbon from Fly Ash Using a Concurrent Flotation Column. *Journal of Fuel Processing Technology* 90. 1464-1470.
- Davidovits J. 1988. *Geopolymers of the first generation: SILICAFE-process. The Geopolymere first Europaeen Conference on Soft Mineralogy Compiegne. France.*
- Davidovits, J. 1989. Geopolymer and Geopolimeric Materials. *Journal of Thermal Analysis*, 35:429-441
- Davidovits, J. 1991. Geopolymer : Inorganic Polymeric New Materials. *Journal of Thermal Analysis*, 3:1633-1656.
- Davidovits, J. 1994. *Properties of Geopolymer Cement. Proceeding First International Conference on Alkaline Cement and Cocreates. Ukraiana: Kiev Technical University.*
- Davidovits, J. 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology.* Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin, France.
- Davidovits, et al. 2008. Geopolymer Cement of Calcium-Feeroaluminium Sillicate Polymer Type and Production Process. *Journal of Hazardous Materials*, 166,561-566
- Davidovits, J. 2013. *Geopolymer Cement.Institut of Geopolymer*.3:1-6
- Duda, Walter. H. 1976. *Cement Data Book. International Process Engineering in the Cement Industry, 2 nd Edition.* Boverlag Gm Bh. Weis Baden and Berum, Mc Donald and Evan London.
- Eddy, Rahmi Chairunnisa dan Siti Miskah. 2013. Pemanfaatan Bahan Additive Abu Sekam Padi Pada Cement Portland PT. Semen Baturaja (Persero). *Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 18 : 59-6*
- Fansuri, H., Swastika, & Atmaja L. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Geopolimer dari Bahan Abu Layang PLTU Paiton. Akta Kimindo*, 3: 61-66.
- Hardjito,D.,Wallah,S.2004. On the development of fly ash based geopolymer concrete. *Jurnal Teknik Kimia Materials*.6:467-472