

**PEMBUATAN SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS TANAH
NAPA DENGAN NaOH SEBAGAI ALKALI AKTIVATOR**

SKRIPSI

sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh sarjana sains



**Oleh :
RIZKY ZALMI PUTRA
NIM. 14036054/ 2014**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

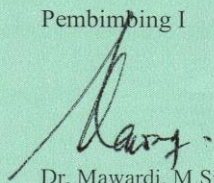
PEMBUATAN SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS TANAH NAPA DENGAN NaOH SEBAGAI ALKALI AKTIVATOR

Nama : Rizky Zalmi Putra
Nim : 14036054
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

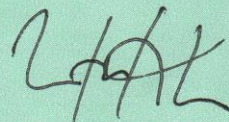
Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Dr. Mawardi, M.Si
NIP.196111231989031002

Pembimbing II



Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D
NIP.19770311 200312 1003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Rizky Zalmi Putra
NIM : 14036054
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

PEMBUATAN SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS TANAH NAPA DENGAN NaOH SEBAGAI ALKALI AKTIVATOR

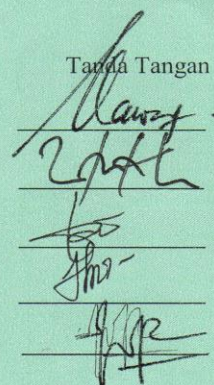
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Juli 2018

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dr. Mawardi, M.Si
Sekretaris	: Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D
Anggota	: Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D
Anggota	: Hary Sanjaya, M.Si
Anggota	: Sherly Kasuma Warda Ningsih, M.Si

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Rizky Zalmi Putra
TM/NIM : 14036054/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Pariaman/ 07 Mei 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : JL. Juanda No 1, Kel Plamboyan Baru, Kota Padang
No.HP/Telepon : 082288588287
Judul Skripsi : Pembuatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan NaOH sebagai Alkali Aktivator

Dengan ini saya menyatakan bahwa.

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar 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 dan penguji skripsi.
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. Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik dan sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Juli 2018
yang membuat pernyataan,



Rizky Zalmi Putra
NIM : 14036054

ABSTRAK

Rizky Zalmi Putra (2018) : Pembuatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan NaOH sebagai Alkali Aktivator

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui manfaat dari tanah napa sebagai material utama dalam pembuatan semen geopolimer. Tanah napa yang berasal dari Kabupaten Pesisir Selatan merupakan material alam dengan kandungan terbesar SiO_2 dan Al_2O_3 yang biasa digunakan oleh masyarakat sekitar sebagai obat sakit perut dan diare. Pada penelitian ini dipelajari karakteristik semen geopolimer berbasis tanah napa dengan variasi konsentrasi NaOH yaitu 8 M, 10 M, 12 M dan 14 M terhadap parameter semen yaitu kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45 μm , 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 seluruh karakteristik semen yang dianalisis, karakteristik kehalusan butiran dan waktu pengikatan semen memiliki nilai yang memenuhi standar SNI 2049.2015, sementara katakteristik lainnya dari semen geopolimer berbasis tanah napa masih dibawah standar SNI 2049.2015. Kuat tekan mortar semen geopolimer 14 M berbasis tanah napa pada hari ketiga, ketujuh dan kedua puluh delapan merupakan nilai kuat tertinggi yaitu 42 kg/cm^2 , 96 kg/cm^2 , 119 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. Semakin tinggi konsentrasi NaOH semakin meningkatkan nilai kuat tekan mortar semen geopolimer berbasis tanah napa dan mempercepat waktu pengikatan semen geopolimer berbasis tanah napa.

Kata Kunci : Geopolimer, Tanah Napa, Alkali Aktivator, Kuat Tekan, Waktu Pengikatan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa dengan NaOH sebagai Alkali Aktivator”**. Shalawat dan salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi mata kuliah Tugas Akhir 2 pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan Proposal Penelitian ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si sebagai pembimbing I dan Penasihat Akademik sekaligus Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP.
2. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai pembimbing II
3. Bapak Hary Sanjaya, M.Si sebagai dosen pembahas sekaligus Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
4. Bapak Alizar S.Pd, M.Sc, Ph.D sebagai dosen pembahas.
5. Ibu Sherly Kasuma Warda Ningsih M.Si sebagai dosen pembahas.
6. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman kimia tahun 2014 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pembuatan skripsi ini.

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

Padang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Tanah Napa.....	5
B. Semen Portland.....	6
C. Geopolimer.....	7
D. Larutan Alkali Aktivator.....	11
E. Karakteristik Semen.....	11
BAB III. METODE PENELITIAN.....	19
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
B. Objek Penelitian.....	19
C. Variabel Penelitian.....	19
D. Alat dan Bahan.....	19
E. Prosedur Penelitian.....	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Analisis XRF Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	27
B. Analisis Kuat Tekan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	28
C. Analisis Kehalusan Butiran Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa	31
D. Analisis Sisa diatas Ayakan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa....	32
E. Analisis Konsistensi Normal Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa...	33
F. Analisis Waktu Pengikatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa....	35
G. Analisis <i>Lost of Ignition</i> Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	37
H. Analisis Bagian Tak Larut Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	38
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanah Napa.....	5
2. Sruktur Geopolimer.....	7
3. Mekanisme Reaksi Geopolimer.....	8
4. Prinsip XRF.....	12
5. Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Konsentrasi NaOH.....	29
6. Grafik Hubungan Kuat Tekan Geopolimer Berbasis Kaulin dengan Waktu Pengeringan.....	30
7. Grafik Hubungan Waktu Pengikatan dengan Konsentrasi NaOH.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Tanah Napa.....	6
2. Komposisi Kimia Semen Portland.....	7
3. Standar Karakteristik Semen SNI 2049.2015.....	11
4. Perlakuan pada Tanah Napa.....	21
5. Komposisi Kimia Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	27
6. Hasil Uji Kuat Tekan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	29
7. Hasil Uji Kehalusan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	31
8. Hasil Uji Sisa diatas Ayakan 45 μ m Semen Geopolimer Tanah Napa.....	33
9. Hasil Uji Konsistensi Normal Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	34
10. Hasil Uji Waktu Pengikatan Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	35
11. Hasil Uji <i>Lost of Ignition</i> Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	37
12. Hasil Uji Bagian Tak Larut Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Secara Umum.....	44
Lampiran 2. Analisis XRF.....	45
Lampiran 3. Analisis Kehalusan Butiran Semen.....	46
Lampiran 4. Analisis Lost of Ignition.....	47
Lampiran 5. Analisis Bagian Tak Larut.....	48
Lampiran 6. Analisis Sisa diatas Ayakan 45µm.....	49
Lampiran 7. Pengujian Konsistensi Normal.....	50
Lampiran 8. Pengujian Waktu Pengikatan.....	51
Lampiran 9. Pengujian Kuat Tekan.....	52
Lampiran 10. Hasil Uji XRF Tanah Napa Pesisir Selatan.....	53
Lampiran 11. Hasil Uji XRF Semen Geopolimer 14 M.....	55
Lampiran 12. Hasil Uji XRF Semen Geopolimer 12 M.....	57
Lampiran 13. Hasil Uji XRF Semen Geopolimer 10 M.....	59
Lampiran 14. Hasil Uji XRF Semen Geopolimer 8 M.....	61
Lampiran 15. Data Hasil Pengujian Karakteristik Semen.....	63
Lampiran 16. Perhitungan Hilang Pijar.....	64
Lampiran 17. Perhitungan Bagian Tak Larut.....	65
Lampiran 18. Perhitungan Sisa diatas diatas Ayakan 45 µm.....	66
Lampiran 19. Perhitungan Konsistensi Normal.....	67
Lampiran 20. Alat yang Digunakan.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanasan global telah menjadi topik permasalahan utama dalam berbagai penelitian sains dan rekayasa, masalah tersebut terkait dengan emisi gas buang seperti CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Sebanyak 65% dari total emisi gas rumah kaca disumbang oleh gas CO₂. Berdasarkan jumlah emisi gas CO₂ tersebut, sekitar 6% berasal dari proses produksi *Portland Cement* (semen portland) sebagai bahan konstruksi yang dikenal secara luas oleh masyarakat. Produksi tiap ton semen portland melepaskan lebih kurang satu ton CO₂ ke atmosfer. Mengingat fungsi semen portland sebagai bahan konstruksi yang digunakan di seluruh dunia dalam jumlah besar, maka pengurangan emisi gas CO₂ dari sektor industri semen layak untuk diupayakan (Walmiki & Prambudi, 2013).

Geopolimer merupakan polimer anorganik yang dihasilkan dengan mineral aluminat dan silikat atau aluminasilikat dengan larutan alkali yang kereaktifannya tinggi. Polimer ini dapat digunakan sebagai pengganti maupun pelengkap semen portland dalam konstruksi sipil. Alur produksi geopolimer tidak membutuhkan pengolahan pada temperatur tinggi yang menyebabkan bahan ini memiliki residu karbon dioksida yang jauh lebih rendah dari pada semen portland.

Semen geopolimer tidak hanya menyediakan kinerja yang sebanding dengan semen portland dalam banyak aplikasi, namun semen ini memiliki banyak keuntungan lain, seperti waktu pengerasan, memiliki ketahanan termal yang baik, ketahanan terhadap asam, dan secara signifikan mengurangi penggunaan energi

serta emisi gas rumah kaca. Karakteristik ini menjadikan geopolimer sebagai material yang potensial dan penting untuk pembangunan berkelanjutan

Semen geopolimer disintesis dengan mereaksikan mineral aluminasilikat dengan larutan alkali yang kereaktifannya tinggi dimana mineral aluminasilikat dapat diperoleh dari tanah napa dan larutan alkali yang digunakan adalah NaOH. Tanah napa adalah sejenis mineral yang terdapat di beberapa daerah di Sumatera Barat, merupakan kelompok mineral aluminasilika dengan komposisi utama kaolin dan kuarsa. Komposisi kimia rata-rata dari mineral tersebut 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% (Aboulayt, 2017). Keberadaan tanah napa yang melimpah di Sumatera Barat masih tidak termanfaatkan dengan baik. Di antara sekian banyak kegunaan tanah napa, sebagian besarnya dimanfaatkan sebagai obat sakit perut dan diare. Dengan potensinya, jelas pemanfaatan tanah napa ini tampak monoton dan bernilai guna rendah.

Pada penelitian ini akan diteliti penggunaan tanah napa yang terdapat di Kabupaten Pesisir Selatan sebagai material utama pada pembuatan semen geopolimer terhadap karakteristik semen yang dihasilkan. Tanah napa yang digunakan berfungsi sebagai sumber alumina silika yang berperan sebagai prekursor dalam sintesis semen geopolimer.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini akan dipelajari manfaat tanah napa Kabupaten Pesisir Selatan sebagai material utama pada pembuatan semen geopolimer.

B. 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.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bahan utama yang digunakan sebagai sumber aluminasilikat adalah tanah napa dari Kabupaten Pesisir Selatan.
2. Variabel yang akan diteliti adalah variasi konsentrasi NaOH 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.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi NaOH 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 analisis komposisi kimia semen yang dihasilkan menggunakan XRF?

E. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari karakteristik semen geopolimer menggunakan tanah napa dengan variasi konsentrasi NaOH 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 pengaruh konsntrasi NaOH dalam pembuatan semen geopolimer.
3. Menenenetukan komposisi kimia semen yang dihasilkan.

F. 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

A. Tanah Napa

Tanah napa merupakan sebutan yang digunakan oleh masyarakat Sumatera Barat pada tanah yang biasa 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. Ciri fisik dari tanah napa adalah berwarna kecoklatan dan memiliki pori-pori yang besar.



Gambar 1. Tanah Napa

Tanah napa termasuk golongan mineral aluminosilikat dengan perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang berkisar antara 1.25-3.43 (Mawardi dkk, 2013). Komposisi kimia tanah napa terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , dan K_2O dengan jumlah yang bervariasi (Tabel 1). Komposisi ini memiliki kemiripan dengan komposisi kimia dari *fly ash* yang digunakan dalam pembuatan semen geopolimer.

Tabel 1. Komposisi Tanah Napa dengan XRF (Mawardi, 2015)

Lokasi Tanah Napa	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ /Al ₂ 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 tabel diatas, dapat dilihat bahwa komposisi kimia tanah napa memiliki kemiripan dengan komposisi kimia dari *fly ash* terutama kedua material ini memiliki kandungan utama alumina silika sehingga memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan utama pembuatan semen geopolimer (Jiayuan, 2017).

B. Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis (dapat mengeras jika bereaksi dengan air) dengan gipsum sebagai bahan tambahan. Semen merupakan bahan pengikat yang paling terkenal dan paling banyak digunakan dalam proses konstruksi beton (Ankur, 2017). Semen yang umum dipakai adalah semen tipe I dan ketergantungan kepada pemakaian semen jenis ini masih sangat besar. Semen portland jika dilihat dari sisi fungsi masih memiliki kekurangan dan keterbatasan yang pada akhirnya akan mempengaruhi mutu beton. Semen disebut perekat hidrolisis karena senyawa- senyawa yang terkandung didalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat

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

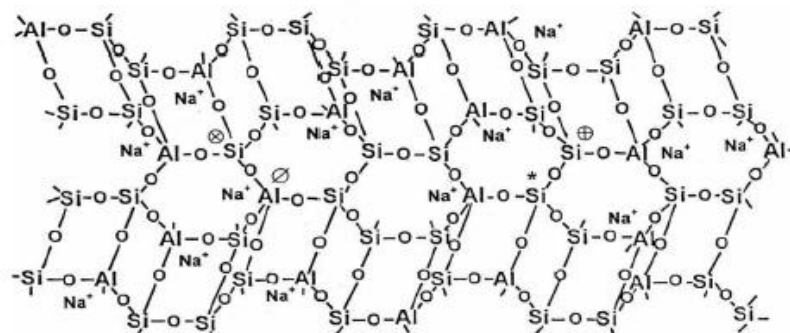
Tabel 2. Komposisi Kimia Semen Portland

		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)

C. Geopolimer

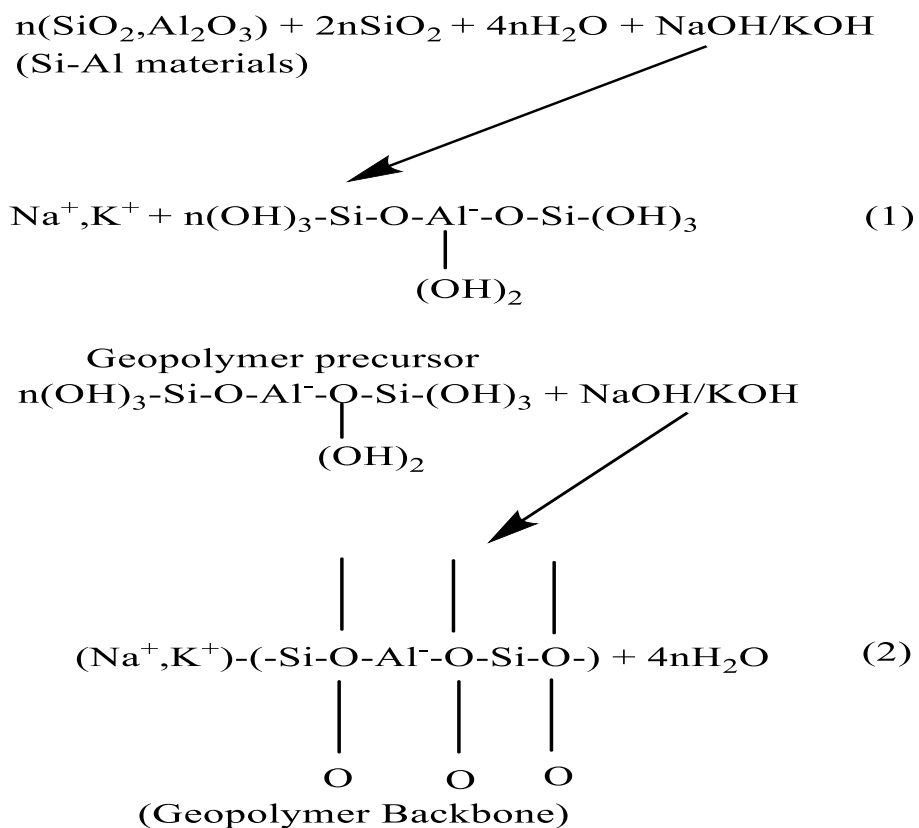
Istilah geopolimer pertama kali dikemukakan oleh Davidovits (1989) untuk mendeskripsikan suatu bahan padat dengan komposisi kimiawi seperti zeolit, secara struktural tersusun dari rantai makromolekul yang terdiri dari atom atom silikon, aluminium, serta oksigen (Davidovits, 1989). Rantai makromolekul silika-aluminat ini melibatkan gugus-gugus polisialat, yang merupakan rantai dan cincin dari polimer antara Si^{4+} dan Al^{3+} dalam ikatan koordinasi IV dengan oksigen yang berstruktur amorf hingga semi kristalin. Geopolimer memiliki kerangka mikroporos yang tergantung pada kation dari alkali yang digunakan sebagai aktivator (Davidovits,1994).



Gambar 2 Struktur Geopolimer (Davidovits, 2013)

Semen geopolimer dapat disintesis dari abu terbang, abu terbang dapat digunakan sebagai prekursor dalam sintesis geopolimer dan diaktivasi dengan larutan alkalin yaitu natrium hidroksida dan natrium silikat dengan rasio tertentu. Geopolimer berbasis abu terbang memiliki sifat yang tahan api yang mampu menahan pengaruh panas hingga diatas 800°C (Alehyen, 2017).

Geopolimer disintesis dari bahan dasar yang berupa senyawa aluminosilikat dengan aktivator yang berupa larutan alkali hidroksida dan alkali silikat. Pelarutan dari alumina silikat oleh alkali akan menghasilkan monomer Silika dan Alumina yang kemudian akan terpolikondensasi menjadi polimer alkali aluminasilikat, mekanisme reaksi pembentukan kerangka geopolimer dapat dilihat pada gambar 3 (Davidovits, 2011).



Gambar 3. Mekanisme Reaksi Geopolimer (Chanh, 2008)

Pada mekanisme reaksi diatas terlihat bahwa material utama pembuatan semen geopolimer adalah mineral alumina silikat. Pada reaksi pertama alumina silikat bereaksi dengan larutan alkalin aktivator yaitu natrium silikat dalam natrium hidroksida membentuk prekursor geopolimer yang bermuatan negatif. Pada reaksi kedua prekursor geopolimer bereaksi dengan natrium hidroksida, ion natrium bereaksi dengan prekursor geopolimer membentuk kerangka geopolimer dan melepaskan molekul air, reaksi ini disebut reaksi polikondensasi yaitu reaksi kimia pembentukan polimer dengan melepaskan molekul kecil.

Geopolimer mulai diteliti dan diminati oleh banyak negara karena proses pembuatannya memerlukan temperatur yang rendah, ramah lingkungan dan manfaatnya yang besar diberbagai bidang industri material antara lain sebagai binder, semen, keramik, campuran beton, isolator dan sebagainya. Material geopolimer merupakan polimer anorganik dengan penyusun utamanya silika dan alumina memakai bahan dasar alumino-silika-hidroksida., oleh karena itu penting sekali untuk mengembangkan teknologi aplikasi material geopolimer dalam bidang teknologi beton di Indonesia mengingat kegunaannya yang sangat besar di bidang industri konstruksi (Kushartomo, 2016).

Dalam konteks pengembangan proses berwawasan lingkungan, keunggulan geopolimer tidak hanya betumpu pada konsumsi energi yang lebih rendah dari produksi semen portland, tetapi juga pada fleksibilitas bahan baku yang sangat tinggi. Proses sintesis geopolimer praktis dapat memanfaatkan padatan aluminosilikat apapun dari mineral alami, bahan sintetik, hingga limbah anorganik. Xu dan van Deventer (2003) menggolongkan bahan-bahan baku

aluminosilikat ini sebagai: (1) bahan-bahan terkalsinasi, misalnya metakalolin, abu layang, ampas peleburan logam (slag), dan sebagainya, serta (2) bahan-bahan tak terkalsinasi seperti mineral-mineral kaolinit, feldspar, limbah pengolahan bijih tambang (tailling), dan lain-lain.

Proses geopolimerisasi membutuhkan aktivator berupa alkali untuk menginisiasi reaksi dalam pembentukan struktur polimer. Adapun aktivator yang bersifat alkali kuat yaitu: NaOH, KOH, Na₂SO₄, K₂SO₄, sejumlah kecil klinker semen dan kaca air (Hardjito, 2004). Natrium terlarut atau garam kalium klorida telah digunakan dalam larutan aktivator untuk memperlambat pengerasan gel geopolimer dan pepadatan. Pemilihan aktivator yang berbeda untuk pembubaran alumino-silikat dan pembekuan ke dalam struktur tetrahedral sementasi geopolimer sangat penting.

Menurut Davidovits (1994), geopolimer dapat diaplikasi pada berbagai lapangan industri seperti metalurgi dan pengecoran bukan besi, teknik sipil dan industri plastik. Tipe aplikasi material material geopolimer ditentukan oleh struktur kimia dalam hal ini rasio mol SiO₂/Al₂O₃. Rasio mol yang rendah seperti pada abu layang menginisiasi jaringan 3D sangat kaku sehingga aplikasi geopolimernya di bidang teknik sipil.

Xu dan van Deventer (2000) juga mempelajari berbagai jenis mineral-mineral alumino-silikat untuk membuat geopolimer. Studi yang mereka lakukan melibatkan 16 mineral alami Si-Al yang melingkupi cincin, rantai, lembaran dan kelompok struktur kristal, dan juga kelompok mineral garnet, mika, tanah liat, feldspar, sodalte dan zeolit. Mereka menemukan bahwa mineral-mineral alumino-

silikat merupakan sumber potensial untuk pembuatan geopolimer. Larutan alkali menggunakan natrium hidroksida atau kalium hidroksida.

D. Larutan Alkalin Aktivator

Larutan alkalin aktivator adalah larutan yang berfungsi untuk menginisiasi reaksi dalam pembentukan struktur polimer. Pada penelitian ini alkalin aktivator yang digunakan dalam pembuatan semen geopolimer adalah natrium hidroksida dengan 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 mempercepat reaksi polimerasi (Bakri, 2011).

E. Karakteristik Semen

Semen geopolimer memiliki komposisi yang berbeda dengan semen portland karena komponen utama dalam pembuatan semen portland adalah kalsium karbonat (CaCO_3) yang dipanaskan pada suhu tinggi mencapai 1400°C menghasilkan CaO dan CO_2 . Perbedaan komponen utama dalam pembuatan semen ini mempengaruhi karakteristik dari semen yang dihasilkan. Karakteristik semen yang sangat penting terhadap kualitas semen geopolimer meliputi kuat tekan, kehalusan butiran semen dan waktu pengikatan (Mathialagan, 2017)

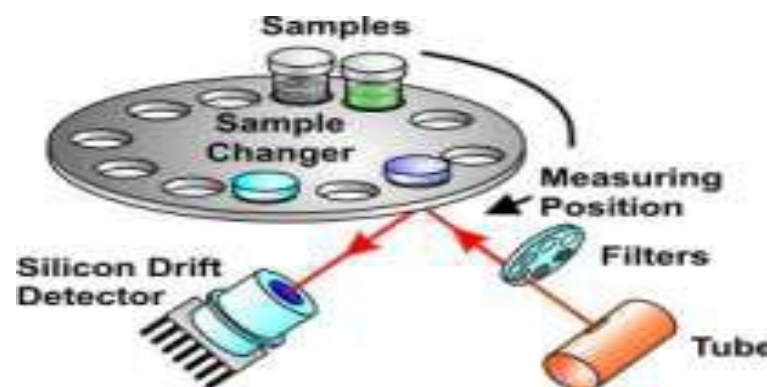
Tabel 3. Standar Karakteristik Semen SNI 2049.2015

No	Karakteristik Semen	Standar
1	Kehalusan Butiran Semen (<i>Blaine</i>)	min. $2800 \text{ cm}^2/\text{gram}$
2	Hilang Pijar (<i>Lost of Ignition</i>)	maks. 3,0 %
3	Bagian Tak Larut	maks. 1,5 %
4	Waktu Pengikatan	min.45 menit. maks. 375 menit

5	Kuat Tekan	
	3 Hari	125 kg/cm ²
	7 Hari	200 kg/cm ²
	28 Hari	250 kg/cm ²

a. X-Ray Fluorecence (XRF)

Menurut jurnal penelitian Munasir dkk, (2012), analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efekfotolistrik. Efekfotolistrik 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 electron 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 4.



Gambar 4. Prinsip X-Ray Fluorescence

Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal 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 persentasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa di atas ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi).

b. 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 cepat dan berpengaruh terhadap waktu pengikatan dan kuat tekan semen.

Kehalusan dapat mewakili sifat- sifat fisika lainnya terutama terhadap kuat tekan, bertambahnya kehalusan pada umumnya akan bertambah pula kekuatan, mempercepat reaksi hidrasi begitu pula waktu pengikatannya semakin singkat (Nofrita, 2012).

c. **Lost of Ignition (LOI)**

Lost of ignition (LOI) atau hilang pijar adalah zat yang akan terbebaskan sebagai gas pada saat terpanaskan atau dibakar. LOI merupakan persentase berat CO₂ dan H₂O yang hilang pada semen pada waktu dipijarkan dengan suhu dan waktu tertentu sesuai SNI 2049:2015. Persentase LOI dari semen geopolimer cenderung menunjukkan persentase H₂O karena semen geopolimer tidak mengandung CaCO₃ sebagai komposisi utama yang dapat menghasilkan CO₂ ketika dipanaskan.

Pengujian hilang pijar berfungsi untuk mencegah adanya mineral-mineral yang dapat diurai dalam pemijaran. Kristal mineral-mineral tersebut pada umumnya dapat mengalami metamorfosa dalam beberapa tahun, sehingga dapat menimbulkan kerusakan. (SNI 2049:2015)

d. **Bagian Tak Larut**

Bagian tak larut dibatasi dalam standar semen. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah dicampurnya semen dengan bahan- bahan alami lain yang tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika mortar. Persentase bagian tak larut dari semen geopolimer lebih tinggi dari semen portland karena memiliki komposisi utama silika yang sukar larut. Bagian tak larut dari semen ditentukan dengan *mendigest* contohnya dalam HCl. Setelah penyaringan, selanjutnya *didigest* dengan NaOH. Residu yang diperoleh dipijarkan dan ditimbang (SNI 2049:2015)

e. **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 .

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)

f. Konsistensi Normal

Konsistensi normal adalah jumlah air yang dibutuhkan semen untuk membentuk pasta yang ideal. Konsistensi normal pasta semen ditentukan oleh perbandingan air dan semen serta dipengaruhi oleh tingkat kehalusan semen yang dihasilkan dari proses penggilingan. Konsistensi normal ini biasanya menunjukkan pengaruh semen terhadap jumlah air yang dibutuhkan untuk pembentukan beton. (SNI 2049:2015)

g. Waktu Pengikatan (*Setting Time*)

Waktu pengikatan adalah waktu yang dibutuhkan pasta semen untuk mengeras. Waktu pengikatan semen dipengaruhi oleh kehalusan butiran, kandungan gipsum, jenis sumber material. Sementara waktu pengikatan semen geopolimer dipengaruhi oleh kehalusan butiran, jenis sumber material, konsentrasi alkali aktivator, rasio aktivator dan suhu pengeringan (Y.M.Liew, 2011). Semakin halus butiran semen akan mempercepat waktu pengikatan dari semen. Peningkatan konsentrasi alkali aktivator akan mempercepat waktu pengikatan semen geopolimer.

Setting time dibagi dua, yaitu:

- 1) *Initial Setting Time* (waktu pengikatan awal) adalah waktu mulai dibentuknya adonan semen sampai terjadi kekuatan tertentu. Pada kondisi ini adonan semen sudah mulai tidak dapat dibentuk (*unworkable*).
- 2) *Final Setting Time* (waktu pengikatan akhir) adalah waktu mulai dibentuknya adonan semen sampai terjadi kekakuan penuh (Irawati, dkk, 2015).

h. Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan sifat yang harus dimiliki oleh semen untuk dapat menahan beban tekan. Satuan dari nilai kuat tekan semen sesuai dengan standar dinyatakan dalam kg/cm^2 dan untuk pengujian kuat tekan semen PCC dilakukan untuk umur 3 hari minimal 130 kg/cm^2 , 7 hari minimal 200 kg/cm^2 dan 28 hari minimal 280 kg/cm^2 .

Istilah “*strength*” (kekuatan) pada mortar selalu dimaksudkan dengan *compressive strength* (kekuatan tekan). Hal ini disebabkan beton secara normal dipakai untuk memberikan kekuatan, demikian pula sifat-sifat beton lainnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan semen antara lain:

(a) Mineral Compound

C3S : Memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kekuatan awal (28 hari)

C2S : Memberikan kontribusi kekuatan tekan pada umur yang lebih panjang (180 hari)

C3A : Kekuatan tekan satu sampai dua tahun

C4AF : Tidak mempengaruhi kekuatan tekan terlalu banyak
(sedikit berubah)

(b) Komponen Minor dalam semen

Komponen minor yang ada dalam semen seperti alkali dan MgO dapat mempengaruhi kekuatan tekan semen. Gangguan ini dapat terjadi bila kandungan senyawa tersebut melebihi syarat yang ditentukan.

(c) Gypsum

Gypsum dalam semen berfungsi untuk mencegah terjadinya pengerasan lebih awal / lebih cepat dari adonan semen, penambahan gypsum dapat juga mempengaruhi perkembangan kekuatan tekan dari semen. Karakteristik dan pengaruh penambahan gypsum dalam semen dapat ditunjukkan dengan melihat kandungan SO_3 dalam semen. (Tim Pelayanan Teknis Semen Padang, 1998).

Salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan semen geopolimer adalah konsentrasi alkali aktivator, peningkatan konsentrasi aktivator yaitu NaOH dapat meningkatkan kuat tekan dari geopolimer yang dihasilkan, NaOH berfungsi mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terdapat dalam tanah napa sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat maka semakin tinggi konsentrasi NaOH kuat tekan semen yang dihasilkan juga semakin tinggi (Ming,L.Y, 2016).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

- a. Seluruh karakteristik sampel semen yang dianalisis, 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. Konsentrasi NaOH berpengaruh terhadap karakteristik kuat tekan mortar dan waktu pengikatan semen geopolimer berbasis tanah napa. Semen geopolimer yang disintesis menggunakan NaOH 14 M memiliki nilai kuat tekan mortar tertinggi yaitu 42 kg/cm² pada hari ketiga, 96 kg/cm² pada hari ketujuh dan 119 kg/cm² pada hari kedua puluh delapan, dan waktu pengikatan yang mendekati waktu pengikatan semen PCC yaitu 150 menit pengikatan awal dan 225 menit pengikatan akhir.
- c. Komposisi kimia utama semen geopolimer berbasis tanah napa adalah Al₂O₃ dan SiO₂ dengan persentase rata rata 66,25 % dan 24,3

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk menggunakan senyawa kimia lain sebagai bahan additif yang dapat meningkatkan kualitas semen geopolimer berbasis tanah napa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abulayt, A., Riahi, A., Ouzzani, M, 2017. Properties of Metakaolin Based Geopolymer Incorporating Calcium. *Advanced Powder Technology*.1-5
- Alehyen, S., Achouri, M.E.L., Taibi, M. 2017. Characterization, microstructure and properties of fly ash-based geopolymer.1783–1796.
- Ankur, M., Rafat, S. 2017. Strength, Permeability and Micro Structural Characterization of Low-calcium Fly Ash Based Geopolymers. *Construction Building Material*.141:325-334
- Bakri, M., Mohammed, H. 2011. Geopolymer concrete without Portland Cement. *Material and Chemical Engineering*.
- Chanh, L., Zaiqin, W., Yuanyi, W., Jing, J. 2016. Preparation and Properties of Alkali Activated Geopolymer. *Materials*.9:756-767
- Davidovits, J. 1989. Geopolymer and Geopolimeric Materials. *Journal of Thermal Analysis*. 35:429-441
- Davidovits, J. 1994. Properties of Geopolymer Cement. *Proceeding First International Conference on Alkaline Cement and Concretes*. Ukraiana: Kiev Technical University.
- Davidovits, J. 2011. *Geopolymer Chemistry and Application*. France: Institute of Geopolymer.
- Davidovits, J. 2013. *Geopolymer Cement*. Institute of Geopolymer.3:1-6
- Elmibi, A., Tchakoute, H.K., Njopwouo, D. 2011. Effects of Calcination Temperature of Kaoline Clays on The Properties of Geopolymer Cements. *Construction and Building Materials*.25:2805-2812
- Francisco, J., Satoshi, S., Motohiro, T., Takomi, K. 2014. Geopolymers Using Rice Husk Silica and Metakaolin Derivatives. *Material Science and Chemical Engineering*.2:35-43
- Hardjito, D., Wallah, S. 2004. On the Development of Fly Ash Based Geopolymer Concrete. *Materials*.6:467-472
- Jiayuan, Ye., Wenseng, Z. 2017. Properties of Aged Geopolymer Synthesized from Calcined of Bauxite and Slag. *Cement and Concrete Research*.100:23-31
- Kushartomo, W., Ika, B., Jonathan.2016. Effect of in-situ Curing on Compressive Strength of Reactive Powder Concrete.67:15-30