

**PEMANFAATAN TANAH NAPA KECAMATAN LINTAU KABUPATEN  
TANAH DATAR SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL TAMBAHAN  
PADA PEMBUATAN SEMEN PCC DI PT. SEMEN PADANG**

**SKRIPSI**

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Mata Kuliah Tugas Akhir 2*

*Jurusan Kimia FMIPA UNP*



**Oleh**

**EDTRI SINTIARA**

**NIM. 1201525 / BP. 2012**

**PRODI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2016**

**PEMANFAATAN TANAH NAPA KECAMATAN LINTAU KABUPATEN  
TANAH DATAR SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL TAMBAHAN  
PADA PEMBUATAN SEMEN PCC DI PT. SEMEN PADANG**

**SKRIPSI**

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Mata Kuliah Tugas Akhir 2*

*Jurusan Kimia FMIPA UNP*



**Oleh**

**EDTRI SINTIARA**

**NIM. 1201525 / BP. 2012**

**PRODI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2016**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

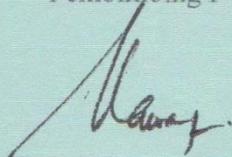
PEMANFAATAN TANAH NAPA KECAMATAN LINTAU KABUPATEN  
TANAH DATAR SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL TAMBAHAN  
PADA PEMBUATAN SEMEN PCC DI PT. SEMEN PADANG

Nama : EDTRI SINTIARA  
NIM : 1201525  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

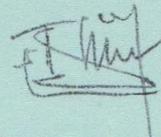
Disetujui oleh

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Drs. Bahrizal, M.Si**  
NIP. 19551231 198903 1 003

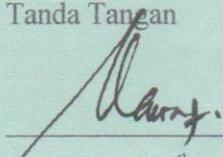
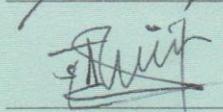
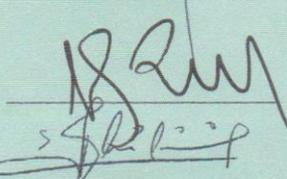
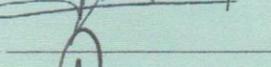
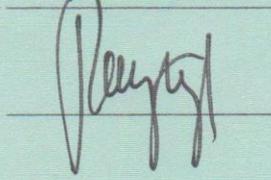
## HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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

Judul : Pemanfaatan Tanah Napa Kecamatan Lintau Kabupaten Tanah Datar sebagai Alternatif Material Tambahan pada Pembuatan Semen PCC di PT. Semen Padang.  
Nama : Edtri Sintiar  
TM/NIM : 2012/1201525  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2016

### Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Mawardi, M.Si	
2. Sekretaris	: Drs. Bahrizal, M.Si	
3. Anggota	: Drs. Zul Afkar, MS	
4. Anggota	: Dra. Syamsi Aini, M.Si, Ph.D	
5. Anggota	: Dr. Rahadian Z, S.Pd, M.Si	

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Edtri Sintiaara  
TM/NIM : 2012/1201525  
Tempat/Tgl Lahir : Padang/ 16 Juli 1994  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Alamat : Jln. Kali Citarum Blok V No. 16 Kampung Lapai,  
Kecamatan Nanggalo Kota Padang  
No. HP/Telp : 082170072552  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Tanah Napa Kecamatan Lintau  
Kabupaten Tanah Datar sebagai Alternatif Material  
Tambahkan pada Pembuatan Semen PCC di PT.  
Semen Padang.

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, 15 Agustus 2016

Yang Membuat Pernyataan



## ABSTRAK

Edtri Sintiar (2016) :Pemanfaatan Tanah Napa Kecamatan Lintau Kabupaten Tanah Datar sebagai Alternatif Material Tambahan pada Pembuatan Semen PCC di. PT Semen Padang.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui manfaat dari tanah napa sebagai alternatif material tambahan pada pembuatan semen PCC di PT. Semen Padang. Tanah napa yang berasal dari kecamatan Lintau, Kabupaten Tanah Datar ini merupakan material alam dengan kandungan terbesar  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang biasa digunakan oleh sebagian masyarakat sebagai obat sakit perut dan diare. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh penggunaan tanah napa terhadap 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 dengan XRF (X-Ray Fluorescence). Komposisi tanah napa divariasikan menjadi 4%, 8%, 12%, dan 16%, dan digunakan pozzolan sebagai kontrol sebanyak 8% dari total jumlah bahan semen. Penggunaan tanah napa terhadap karakteristik semen yang meliputi kehalusan butiran semen, bagian tak larut, dan waktu pengikatan persentasinya lebih baik jika dibandingkan semen kontrol. Sedangkan untuk karakteristik hilang pijar, sisa diatas ayakan 45 $\mu\text{m}$  dan konsistensi normal persentasinya masih dibawah semen kontrol. Pada kuat tekan mortar dihari ke tujuh dan hari kedua puluh delapan pada semen dengan penggunaan tanah napa sebanyak 4% dari komposisi total bahan semen lebih tinggi jika dibandingkan kuat tekan pada semen yang menggunakan pozzolan. Seluruh sampel semen yang dianalisis masih memenuhi standar menurut SNI 7064:2014. Analisis XRF terhadap semen menunjukkan kandungan paling tinggi pada semen yang dihasilkan yaitu  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

*Kata kunci : Tanah Napa, Pozzolan, Semen PCC, XRF, Kuat Tekan Semen.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Rabb semesta alam yang senantiasa memberi kekuatan dan kesabaran dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Tanah Napa Kecamatan Lintau Kabupaten Tanah Datar sebagai Alternatif Material Tambahan pada Pembuatan Semen PCC di PT. Semen Padang ”**.Shalawat dan salam untuk nabi akhir zaman, nabi Muhammad SAW, sosok yang mulia, suri tauladan dalam segala sisi kehidupan.

Penelitian dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku pembimbing I sekaligus Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si selaku pembimbing II sekaligus penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Nelvi Irawati, S.Si selaku Kepala Biro Quality Assurance & Pelayanan Teknis PT. Semen Padang .
5. Bapak Febri Maulana, S.Si selaku Kepala Bidang Kualitas Produk Semen PT. Semen Padang.

6. Staf dan Karyawan di Biro Quality Assurance & Pelayanan Teknis PT. Semen Padang yang telah banyak membantu penulis dalam melaksanakan Penelitian Tugas Akhir.
7. Bapak dan Ibu staf Pengajar Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
8. Bapak Heru & Kak Dilla yang telah membantu dalam urusan surat-menyerat di jurusan.
9. Kedua Orang Tua penulis dan adik tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas penelitian.
10. Teman-teman kimia tahun 2012 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis.

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, Juli 2016**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Permasalahan.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
A. Semen.....	5
B. Semen Portland .....	5
C. Bahan Baku Pembuatan Semen .....	6
D. Bahan Tambahan pada Semen .....	8
E. Tanah Napa .....	8
F. Jenis – jenis Semen .....	11
G. Karakteristik Semen.....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21

B.	Objek Penelitian.....	21
C.	Variabel Penelitian.....	21
D.	Alat dan Bahan.....	21
E.	Prosedur Penelitian .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>27</b>
A.	Analisis Pengaruh Penggunaan Tanah Napa terhadap Komposisi Kimia Semen dengan XRF .....	28
B.	Analisis Penggunaan Tanah Napa Terhadap Kehalusan Butiran Semen	30
C.	Analisis Penggunaan Tanah Napa Terhadap Hilang Pijar (LOI).....	32
D.	Analisis Penggunaan Tanah Napa terhadap Bagian Tak Larut pada Semen.....	34
E.	Analisis Penggunaan Tanah Napa terhadap Sisa Diatas Ayakan 45 $\mu\text{m}$	37
F.	Analisis Penggunaan Tanah Napa terhadap Konsistensi Normal.....	38
G.	Analisis Penggunaan Tanah Napa terhadap Waktu Pengikatan .....	40
H.	Analisis Penggunaan Tanah Napa terhadap Kuat Tekan .....	43
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>46</b>
<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>		<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>50</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kimia Semen Portland.....	6
Tabel 3. Perlakuan Pada Semen .....	23
Tabel 4. Variasi Penggunaan Bahan Bahan Pembuatan Semen .....	28
Tabel 5. Komposisi senyawa kimia semen dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa.....	29
Tabel 6. Hasil Uji Kehalusan Butiran Semen Dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa.....	31
Tabel 7. Hasil Uji Hilang Pijar Semen Dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa	32
Tabel 8. Hasil Bagian Tak Larut Semen Dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa .....	34
Tabel 9. Hasil Analisa Sisa Diatas Ayakan Dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa.....	37
Tabel 10. Hasil Analisa Konsistensi Normal dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa.....	39
Tabel 11. Hasil Analisa Waktu Pengikatan dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa.....	41
Tabel 12. Hasil Analisa Kuat Tekan dengan Variasi Penggunaan Tanah Napa ...	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanah Napa .....	9
Gambar 2. Prinsip X-Ray <i>Flourescence</i> .....	15
Gambar 3. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap kehalusan butiran semen.....	31
Gambar 4. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap hilang pijar semen. ....	33
Gambar 5. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap bagian tak larut semen.....	35
Gambar 6. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap sisa diatas ayakan 45 $\mu$ m .....	37
Gambar 7. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap konsistensi normal semen.....	39
Gambar 8. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap waktu pengikatan semen.....	42
Gambar 9. Kurva hubungan penggunaan tanah napa terhadap kuat tekan .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Rancangan penelitian secara umum.....	50
Lampiran 2. Analisa XRF .....	51
Lampiran 3. Analisa Kehalusan butiran semen ( <i>Blaine</i> ) .....	52
Lampiran 4. Analisa <i>Lost of ignition</i> (LOI) .....	53
Lampiran 5. Analisa Bagian Tak Larut.....	54
Lampiran 6. Analisa diatas Ayakan 45 $\mu$ m.....	55
Lampiran 7. Pengujian Konsistensi Normal .....	56
Lampiran 8. Pengujian Waktu Pengikatan.....	57
Lampiran 9. Pengujian Kuat Tekan .....	58
Lampiran 10. Hasil Uji XRF komposisi kimia Tanah Napa.....	59
Lampiran 11. Data Hasil Pengujian .....	60
Lampiran 12. Perhitungan Hilang Pijar .....	61
Lampiran 13. Perhitungan Bagian Tak Larut.....	62
Lampiran 14. Perhitungan Sisa diatas Ayakan 45 $\mu$ m .....	63
Lampiran 15. Perhitungan Konsistensi Normal .....	64
Lampiran 16. Alat yang digunakan.....	65

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Permasalahan

Semen sebagai bahan pengikat pada batuan dan beton mempunyai peranan penting dalam setiap kegiatan pembangunan fisik. Antara semen dan pembangunan merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Semen merupakan senyawa atau bahan pengikat senyawa hidrolis yang apabila bereaksi dengan air akan mengikat bahan-bahan padat lainnya, membentuk suatu kesatuan massa yang padat dan keras. Semen pertama kali dibuat dari kalsinasi kapur yang tidak murni oleh bangsa Mesir untuk konstruksi Pyramid. Pada tahun 1824 Joseph Aspidin dari Inggris melakukan proses kalsinasi sampai tingkat tertentu terhadap campuran batu kapur dan tanah liat. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, telah banyak diteliti mengenai semen mutu tinggi untuk menanggulangi kekurangan-kekurangan yang dimiliki semen biasa.

Menurut Hariawan. (2006), ada beberapa jenis semen yang ada dipasaran. Salah satunya semen *Portland Composite Cement* (PCC). Semen PCC merupakan jenis semen varian baru yang mempunyai karakteristik mirip dengan semen *Portland* pada umumnya tetapi semen jenis ini memiliki kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang ekonomis. Komposisi bahan baku semen PCC adalah klinker, gipsum, dan bahan tambahan aditif. Bahan aditif yang digunakan biasanya adalah batu kapur, *fly ash*, dan trass atau pozzolan.

Bagi industri semen di tanah air, pozzolan banyak digunakan sebagai bahan aditif. Pozzolan ini tidak mempunyai kemampuan mengikat seperti halnya semen. Dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh pozzolan akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk melalui proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang dapat mengikat. Pozzolan dapat digantikan dengan bahan alternatif material lain yang mempunyai kandungan silika oksida tinggi untuk membuat semen.

Keberadaan tanah napa yang melimpah di Sumatera Barat masih tidak termanfaat dengan baik. Di antara sekian banyak kegunaan tanah napa, sebagian besarnya dimanfaatkan sebagai obat sakit perut dan diare. Menurut laporan riset Mawardi dkk, (2015), tanah napa merupakan kelompok mineral alumina silikat dengan perbandingan  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  berkisar antara 1.25-3.43. Tanah napa mempunyai kandungan rata-rata  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{TiO}_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$  masing-masing 70,43%; 20,52%; 3,67%; 0,40%; 2,70%; 1.26% dan trace. Dibandingkan dengan potensinya, jelas pemanfaatan tanah napa ini tampak monoton dan bernilai guna rendah.

Pada penelitian ini diteliti pengaruh penggunaan tanah napa yang terdapat di Kecamatan Lintau Kabupaten Tanah Datar sebagai alternatif material tambahan pada semen. Penggunaan tanah napa ini diperuntukkan untuk menghasilkan tipe semen Portland Komposit yang divariasikan dengan bahan material seperti klinker, gipsum, dan batu kapur. Dimana tanah napa berfungsi sebagai sumber silika alumina. Dari hasil kandungannya, tanah napa tergolong dalam pozzolan alam, karena mengandung silika alumina yang tinggi.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini akan dipelajari manfaat tanah napa Kecamatan Lintau Kabupaten Tanah Datar sebagai alternatif material tambahan pada pembuatan semen PCC di PT. Semen Padang.

## **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 alternatif material pada pembuatan semen. 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. Semen kontrol yang digunakan yaitu semen tipe PCC.
2. Bahan aditif yang digunakan adalah tanah napa dari Kecamatan Lintau Kabupaten Tanah Datar.
3. Variabel yang akan diteliti adalah variasi komposisi tanah napa terhadap kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , waktu pengikatan, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut dan kuat tekan mortar.
4. 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 komposisi tanah napa terhadap parameter semen yaitu kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , 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. Mengetahui pengaruh variasi komposisi tanah napa terhadap parameter semen yaitu kehalusan butiran semen, sisa diatas ayakan 45  $\mu\text{m}$ , waktu pengikatan, konsistensi normal, hilang pijar, bagian tak larut dan kuat tekan mortar.
2. Mengetahui komposisi kimia semen yang dihasilkan.

#### **F. Manfaat Penulisan**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang pengaruh penggunaan tanah napa terhadap mutu semen yang dihasilkan.
2. Memberikan sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Semen

Kata “Cement” berasal dari bahasa latin “*Cementum*” yang artinya pengikat atau perekat batu kapur. Serbuk semen telah digunakan sebagai bahan adukan (*mortar*) lebih dari dua ribu tahun yang lalu di negara Italia. Dalam perkembangannya kata *cement* mengalami perubahan sedikit yang diartikan sebagai segala macam bahan pengikat atau perekat seperti “*rubber cement*” termasuk “*portland cement*” (Ningsih dkk, 2012).

Semen adalah *hidrolik binder* (perekat hidrolik). Diartikan bahwa senyawa-senyawa yang terkandung di dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat yang baru yang bersifat perekat terhadap yang lain.

Oleh karena sifat hidrolisis tersebut, maka semen bersifat:

- Dapat mengeras bila dicampur dengan air.
- Tidak larut dalam air.

(Team Pelayanan Teknis PT Semen Padang, 1990)

#### 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. 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 1. Komposisi Kimia Semen Portland

		Simbol	N a m a
$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Tricalcium-Silicate	$\text{C}_3\text{S}$	Alite
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	Dicalcium-Silicate	$\text{C}_2\text{S}$	Belite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	Tricalcium- Aluminate	$\text{C}_3\text{A}$	Interstitial
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	Tetracalcium-Aluminate Ferrite	$\text{C}_4\text{AF}$	Phase

(Tim Pelayanan Teknis PT. Semen Padang, 1998)

### C. Bahan Baku Pembuatan Semen

Komponen utama bahan baku dalam pembuatan semen adalah batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silika. Menurut Tim Pelayanan Teknis PT. Semen Padang (1998), komponen pencampuran bahan baku semen tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1) Batu Kapur (*Lime Stone*)

Batu kapur digunakan sebanyak  $\pm 80 \%$  dari total kebutuhan. Batu kapur merupakan sumber kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dalam pembuatan semen.

Terdapat di bukit Karang Putih  $\pm 2$  Km dari lokasi pabrik, sebagai sumber CaO ( $\pm 50-53\%$ ).

2) Batu Silika (*Silica Stone*)

Batu silika digunakan sebanyak  $\pm 9-10\%$  dari total kebutuhan bahan mentah. Batu silika merupakan sumber utama silika dioksida dan alumina serta merupakan bahan utama untuk mengkonfersikan kekurangan komposisi kimia pada pembuatan semen. Sumbernya terdapat di bukit Ngalau  $\pm 1$  km dari lokasi pabrik.

3) Tanah Liat (*Clay*)

Tanah liat digunakan sebanyak  $\pm 9\%$ , merupakan sumber alumina oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sebanyak 27-37%. Terdapat di sekitar bukit-bukit lokasi pabrik, dan saat ini tanah liat didatangkan dari di Gunung Sarik, Bungus, Air Dingin, dan lain lain.

4) Pasir Besi (*Iron Sand*) / *Copper Slag*

Pasir besi atau *copper slag* digunakan sebanyak  $\pm 1\%$  dari total kebutuhan bahan mentah. Pasir besi atau *copper slag* merupakan sumber utama dari oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Pasir besi atau *copper slag* berfungsi sebagai pemberi warna gelap pada semen dan secara teoritis berfungsi sebagai fluks dalam pembakaran dan menurunkan trikalsium aluminat. Saat ini Pasir besi lebih sering didatangkan dari Solok Selatan dan *copper slag* dari Batam dan Gresik. (Sihaloho, Rianti:2012)

#### **D. Bahan Tambahan pada Semen**

Bahan tambahan yang digunakan dalam proses pembuatan semen, yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan klinker tetapi tetap memiliki semen dengan kualitas yang baik. Bahan tambahan pada semen diantaranya:

##### **a. Gypsum**

Gypsum adalah bahan mentah tambahan dalam industri semen yang berguna untuk memperbaiki sifat semen. Gypsum merupakan sumber kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Gypsum ditambahkan dan dicampur dengan klinker dalam produksi semen yang berfungsi sebagai *retarder*, yaitu sebagai penghambat pengerasan pada semen. Tanpa adanya gipsum semen akan segera mengeras, sehingga tidak cukup waktu dalam pengerjaan selanjutnya seperti pengadukan, pengecoran dan menghaluskan permukaan. (Mudimela *et al*, 2009).

##### **b. Pozzolan**

Menurut Thomas (2007), pozzolan didefinisikan sebagai material silika dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, tapi akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar untuk membentuk senyawa yang memiliki sifat seperti semen.

#### **E. Tanah Napa**

Tanah napa merupakan material alam yang biasa digunakan oleh sebagian masyarakat Sumatera Barat sebagai obat sakit perut dan diare. Adapun warna dan jenis tanah napa tergantung dari sumber pembentuknya. Jenis tanah napa Lintau ini berwarna abu- abu kehitaman, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tanah Napa

Menurut laporan riset Mawardi dkk, (2013), tanah napa merupakan kelompok mineral alumina silika dengan perbandingan  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  berkisar antara 1.25-3.43. Sebagai perbandingannya, komposisi kimia natural zeolit clinoptilolite yang diproduksi oleh industri Gravis Mining Co kandungan  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{TiO}_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Na}_2\text{O}$  masing-masing 65-72%; 10-12%; 0,8-1,9%;-, 2,5-3,7%; 2.3%-3.5% dan trace. Untuk kandungan produk komersial kaolin dari Selandia Baru masing-masing adalah 49.50; 35.50; 0.29; 0.09; trace; trace; trace.

Sejenis tanah napa yang sama juga terdapat di Kec. Lintau Kab. Tanah Datar. Pada tabel 2 merupakan tanah napa di beberapa tempat di Sumatera Barat dengan karakterisasi XRF beserta komposisinya.(Mawardi dkk, 2015).

Tabel 2. Analisis Kandungan Tanah Napa dengan XRF

Lokasi tanah napa	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kec. Situjuh Kab. 50 kota	68.70	21.24	2.168	0.743	Trace	6.358	Trace	3.23
Kec. Sarilamak Kab. 50 kota	66.21	19.42	2.982	0.913	Trace	9.832	Trace	3.40
Kec. Lintau Kab. Tanah Datar	64.42	24.99	5.976	0.654	2.331	0.892	Trace	2.58
Kec. Batang Kapeh Kab. Pesisir Selatan	51.70	41.52	2.129	3.201	0.426	0.156	Trace	1.24

Menurut data di atas, tanah napa adalah tanah yang memiliki kandungan kadar alumina silika yang tinggi yang dapat digunakan dalam pembuatan semen. Hal ini sesuai dengan standar ASTM C618 dimana syarat pozzolan yang baik yaitu mengandung minimum 70% senyawa yang terdiri dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>.

Mineral yang mengandung ion silikat [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup> disebut dengan mineral silikat yang merupakan mineral yang dominan pada kerak bumi. Zeolit adalah material kristal silika-alumina yang memiliki struktur penataan polimer tiga dimensi yang terdiri dari unit-unit tetrahedral SiO<sub>4</sub> dan AlO<sub>4</sub><sup>-</sup>, yang bergabung dengan jalan pemakaian bersama (*sharing*) oksigen (Mufrodi dkk, 2010).

## F. Jenis – jenis Semen

Berdasarkan SNI 2049:2015, semen portland dapat diklarifikasikan sebagai berikut:

### 1. *Portland Cement Type I*

*PC Type I* adalah semen yang dipakai untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yaitu tidak memerlukan ketahanan sulfat, tidak memerlukan persyaratan panas hidrasi, dan tidak memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Kegunaan *PC Type I* yaitu gedung, jembatan, jalan.

### 2. *Portland Cement Type II*

*PC Type II* adalah semen yang dipakai untuk konstruksi yang memerlukan persyaratan ketahanan terhadap sulfat sedang, yaitu apabila dipakai dilokasi tanah yang mengandung sulfat 0,08 - 0,17 % atau dinyatakan mengandung  $\text{SO}_3$  sebesar 125 ppm. Kegunaannya yaitu untuk dermaga, bendungan, bangunan ditanah berawa, bergambut, tepi pantai, dan *soil cement*.

### 3. *Portland Cement Type III*

*PC Type III* adalah semen yang dipakai untuk kondisi *emergency* dan musim dingin karena semen ini mempunyai kekuatan awal dan kekuatan pada umur panjang yang lebih tinggi dibanding semen *Type 1*. Kegunaannya yaitu untuk jalan raya, jembatan, terowongan/bendungan, pengecoran pada suhu yang rendah, dan industri beton pracetak.

#### 4. *Portland Cement Type IV*

*PC Type IV* adalah semen yang dipakai untuk konstruksi yang memberikan panas dengan hidrasi rendah, pengerasan dan perkembangan kekuatannya lambat. Contoh: dam raksasa, beton massa tebal dan bangunan atau konstruksi di kawasan yang panas, serta kering.

#### 5. *Portland Cement Type V*

*PC Type V* adalah semen yang dipakai untuk konstruksi yang memerlukan persyaratan ketahanan terhadap sulfat tinggi, yaitu apabila dipakai dilokasi tanah yang mengandung sulfat 0,17 - 1,67% atau dinyatakan mengandung  $SO_3$  : 125 ppm-1250 ppm. (Nurzal dan Joni, Mahmud:2013)

#### 6. *Super Masonry Cement (SMC)*

*Super Masonry Cement (SMC)* adalah Semen Portland Campur (Mixed Cement) yang memenuhi persyaratan SNI 3500:2014. Kegunaan *Super Masonry Cement* antara lain:

- Sangat cocok untuk pekerjaan pembuatan pondasi konstruksi ringan, karena sifatnya yang lebih plastis dan tidak cepat kaku pada waktu pengecoran serta memiliki kuat tekan yang relatif sama dengan semen Portland.
- Karena sifatnya yang lebih plastis dan workable, lebih cocok untuk pengerjaan pemasangan batu bata, tegel dan bahan- bahan bangunan lainnya.

- Sangat cocok untuk pengerjaan plesteran, misalnya pembuatan dinding dan lain lain, karena sifatnya yang plastis dan kedap air
- Memberikan hasil permukaan plester yang licin dan halus serta tanpa retak- retak, karena sifat pengerutan dan penyusutannya.
- Sangat cocok untuk pekerjaan-pekerjaan pengecoran dan percetakan karena sifatnya yang workable, lebih plastis, serta panas hidrasinya lebih rendah, sehingga hasilnya akan lebih baik dan bebas dari keretakan- keretakan.
- Mempunyai pori- pori permukaan yang sangat kecil, sehingga akan menghemat pemakaian bahan cat.
- Mempunyai pertumbuhan kuat tekan yang relatif lebih lambat, sehingga bangunan yang menggunakan *Masonry Cement* akan memiliki kekuatan akhir yang lebih besar.

#### 7. *Portland Composite Cement (PCC)*

Semen memenuhi persyaratan mutu *portland Composite Cement SNI 7064:2014*. Produk ini adalah jenis semen yang menggunakan banyak *klinker* dan sedikit gipsum serta menggunakan satu atau lebih bahan anorganik untuk menunjang kualitas semen. Dapat digunakan secara luas untuk konstruksi umum pada semua beton. Struktur bangunan bertingkat, struktur jembatan, struktur jalan beton, bahan bangunan, beton pra tekan dan pra cetak, pasangan bata, plesteran dan acian, panel beton, *paving block*, *hollow brick*, batako, genteng, potongan ubin, lebih mudah dikerjakan, suhu

beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, lebih tahan terhadap sulfat, lebih kedap air dan permukaan acian lebih halus.

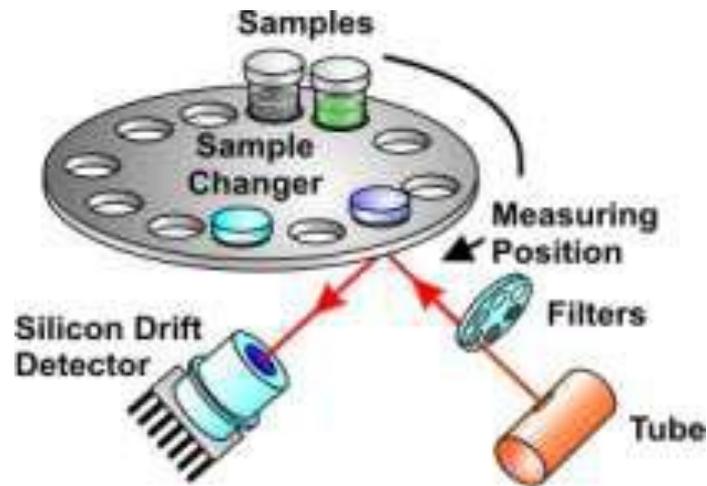
#### 8. *Super Portland Pozzolan Cement (PPC)*

Semen yang memenuhi persyaratan semen Portland SNI 0302:2014. Semen PCC dapat digunakan secara luas yaitu konstruksi beton massa (bendungan, dam, irigasi), konstruksi beton yang memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat, pekerjaan pasangan plesteran.

### **G. Karakteristik Semen**

#### **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 2.



Gambar 2. Prinsip X-Ray *Flourescence*

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 persentase 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 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 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. 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. Pengikatan dan Pengerasan (*Setting Time and Hardening*)**

Mekanisme terjadinya *setting* dan *hardening* yaitu ketika terjadinya pencampuran dengan air, maka terjadi reaksi dengan tricalcium aluminat dan membentuk  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  yang bersifat kaku dan berbentuk gel. Untuk

mengatur pengikatan perlu ditambahkan gipsum dan bereaksi dengan  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , membentuk lapisan *ettringete* yang akan membungkus permukaan senyawa tersebut. Namun karena ada peristiwa osmosis lapisan *ettringete* akan pecah dan reaksi hidrasi tricalcium aluminat akan terjadi lagi dan akan segera terbentuk lapisan *ettringete* kembali yang akan membungkus  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  kembali sampai gipsum habis. Proses ini akhirnya menghasilkan perpanjangan setting time. Peristiwa diatas mengakibatkan reaksi hidrasi tertahan, periode ini disebut *Dormant Periode* yang terjadi selama 1-2 jam dan selama itu pasta masih dalam keadaan plastis dan mudah dibentuk, periode ini berakhir dengan pecahnya *coating* dan reaksi hidrasi terjadi kembali dan *initial set* mulai terjadi.

*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. Menurut SNI 7064:2014 satuan kuat tekan semen dinyatakan dalam  $\text{kg}/\text{cm}^2$  dan untuk pengujian kuat tekan semen PCC

dilakukan untuk umur 3 hari minimal  $130 \text{ kg/cm}^2$ , 7 hari minimal  $200 \text{ kg/cm}^2$  dan 28 hari minimal  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

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 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) *Componen 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  $\text{SO}_3$  dalam semen. (Tim Pelayanan Teknis Semen Padang, 1998)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

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

- a. Seluruh sampel semen yang dianalisis masih memenuhi standar menurut SNI 2049:2015.
- b. Penggunaan tanah napa dalam pembuatan semen terhadap karakteristik semen yang meliputi kehalusan butiran semen, bagian tak larut, dan waktu pengikatan presentase hasil yang lebih baik jika dibandingkan semen kontrol.
- c. Penggunaan tanah napa dalam pembuatan semen terhadap karakteristik hilang pijar, sisa diatas ayakan 45 $\mu$ m dan konsistensi normal presentasinya masih dibawah semen kontrol.
- d. Kuat tekan mortar dihari ke tujuh dan hari kedua puluh delapan pada semen dengan penggunaan tanah napa sebanyak 4% dari komposisi total bahan semen lebih tinggi jika dibandingkan kuat tekan pada semen yang menggunakan pozzolan.
- e. Analisis XRF terhadap semen menunjukkan kandungan paling tinggi pada semen yang dihasilkan yaitu SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## **B. Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk penelitian selanjutnya:

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

## DAFTAR RUJUKAN

- Irawati, Nelvi, Nilda Tri Putri, dan Alexie Herryandie Ba. 2015. *Strategi Perencanaan Jumlah Material Tambahan Dalam Memproduksi Semen Dengan Pendekatan Taguchi Untuk Meminimalkan Biaya Produksi (Studi Kasus Pt Semen Padang)*. Jurnal Optimasi Sistem Industri. Vol.14, No. 1.
- Hariawan, Julian Bagus. (2012). *Pengaruh perbedaan karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composit Cement (PCC) terhadap Kuat Tekan Mortar*. Universitas Gunadarma: Jakarta
- Mawardi, Sanjaya, Hary, and Zainul, Rahadian. 2015. *Characterization of Napa Soil and Adsorption of Pb(II) from Aqueous Solutions Using on Column Method*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Reserch. 7(12): 905-912.
- Mudimela, Prasantha R., et al. 2009. *Synthesis of Carbon Nanotubes and Nanofibers on Silica and Cement Matrix Materials*. Journal of Nanomaterials. Volume 2009, Article ID 526128, 4
- Mufrodi, Zahrul, Bachrun Sutrisno, dan Arif Hidayat. 2010. *Modifikasi Limbah Abu Layang sebagai Material Baru Adsorben*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693 – 4393.
- Munazir, dkk.2012. *Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO<sub>3</sub> DAN SiO<sub>2</sub>)*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA).No. 1, Vol. 2 : 20- 29.
- Ningsih, Triyulia, Rahmi Chairunnisa dan Siti Miskah. 2012. *Pemanfaatan Bahan Additive Abu Sekam Padi Pada Cement Portland PT. Semen Baturaja (Persero)*. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 18 : 59-67