

**RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION  
 $\text{Cd}^{2+}$  DENGAN CAMPURAN KAPUR (CaO) DAN TANAH LIAT (Clay)**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:  
WAHYUNI  
NIM. 17036039/ 2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2021**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION $\text{Cd}^{2+}$ DENGAN CAMPURAN KAPUR( $\text{CaO}$ ) DAN TANAH LIAT(*Clay*)

Nama : Wahyuni  
NIM : 17036039  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:  
Ketua Jurusan

  
Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D  
NIP. 19800819 200912 2002

Disetujui oleh:  
Dosen Pembimbing

  
Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si  
NIP. 19630310 199001 1002

### **PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI**

Nama : Wahyuni  
NIM : 17036039  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### **RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION $\text{Cd}^{2+}$ DENGAN CAMPURAN KAPUR( $\text{CaO}$ ) DAN TANAH LIAT(*Clay*)**

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

Padang, Agustus 2021

Tim Penguji

|         | Nama                           | Tanda tangan                                                                          |
|---------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Ketua   | : Dr.rer.nat. Jon Efendi, M.Si |  |
| Anggota | : Alizar S.Pd, M.Sc, Ph.D      |  |
| Anggota | : Edi Nasra, S.Si, M.Si        |  |

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Wahyuni  
NIM : 17036039  
Tempat/Tanggal lahir : Tanjung/22 Februari 1999  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **Rentang Temperatur Tinggi Preparasi Imobilisasi Ion  $Cd^{2+}$  dengan Campuran Kapur(CaO) dan Tanah Liat(Clay)**

Dengan ini menyatakan bahwa :

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

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

Padang, Agustus 2021  
Yang menyatakan



**Wahyuni**  
NIM : 17036039

# RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION $\text{Cd}^{2+}$ DENGAN CAMPURAN KAPUR (CaO) DAN TANAH LIAT

WAHYUNI

## ABSTRAK

Akumulasi limbah logam berat meningkat seiring perkembangan industri. Cadmium (Cd) adalah zat non-esensial, karsinogen dan membahayakan dalam tingkat yang berlebihan, dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular, kerusakan tulang, kanker paru-paru, prostat dan ginjal dalam tubuh manusia. Untuk mengurangi dampak negatif logam berat maka diperlukan teknik yang tepat, dengan mengetahui pola *leaching out* ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  pada temperatur tinggi dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (Clay).

Metode Stabilisasi/Solidifikasi adalah metode yang tepat untuk mengurangi immobilitas logam berat dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (Clay). Karakterisasi menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Thermo Gravimetric Analyzer* (TGA). Sedangkan, menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) untuk mengetahui pola *leaching out* ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  pada temperatur tinggi dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (Clay).

Hasil AAS yang menunjukkan persentase *leaching* pada suhu 475°C-625°C mengalami penurunan, namun mengalami fluktuasi pada suhu 675°C sebesar 0,53%. karakteristik peregangan O-H hilang secara bertahap pada suhu 525°C dan ikatan C-O mulai hilang pada suhu 575°C seiring dengan meningkatnya suhu. Pada analisis TGA memperjelas bahwa terjadinya penguapan pada suhu 26°C-166°C sebanyak 1,038 mg  $\pm$  (10,380%). Hilangnya gugus O-H terjadinya proses (dehidroksilasi) kaolin menjadi metakaolin pada suhu 417°C-537°C sebanyak 1,564 mg  $\pm$  (15,640%). Disaat yang bersamaan terjadinya dekomposisi  $\text{CaCO}_3$  menjadi CaO dan  $\text{CO}_2$ , sehingga pada suhu ini terjadi banyaknya pengurangan massa. Peregangan Si-O-Si/Al puncaknya semakin melebar seiring dengan meningkatnya suhu. Namun, ikatan CaO dan CdO tidak terlihat jelas perubahannya.

**Kata kunci :** *Stabilisasi/Solidifikasi, Imobilisasi, Temperatur tinggi, Ion Logam Cd CaO, Tanah Liat*

# HIGH TEMPERATURE RANGE OF IMMOBILIZATION of $\text{Cd}^{2+}$ IONS WITH A MIXTURE OF LIME ( $\text{CaO}$ ) AND CLAY

WAHYUNI

## ABSTRAK

Accumulation of heavy metal waste increases along with population growth and industrial development, namely Cadmium ( $\text{Cd}$ ) is a non-essential heavy substance, carcinogen and harmful in excessive levels, can cause cardiovascular disease, bone damage, lung cancers, prostate and kidney human body. To reduce the negative impact of heavy metals, an appropriate technique is needed, by knowing the determine pattern of leaching out  $\text{Cd}^{2+}$  metal ions at high temperatures with a mixture of lime ( $\text{CaO}$ ) and clay ( $\text{Clay}$ ).

Stabilization/Solidification method is an appropriate method to reduce the immobility of heavy metals with a mixture of lime ( $\text{CaO}$ ) and clay ( $\text{Clay}$ ). Characterization using Fourier Transform Infra Red (FTIR) and Thermo Gravimetric Analyzer (TGA). Instruments Atomic Absorption Spectrometry (AAS) using to determine pattern of leaching out properties of  $\text{Cd}^{2+}$  metal ions at high temperatures with a mixture of lime ( $\text{CaO}$ ) and clay ( $\text{Clay}$ ).

The AAS results showed that the percentage of leaching at a temperature of  $475^{\circ}\text{C}$ - $625^{\circ}\text{C}$  decreased, but influktuates in temperature of  $675^{\circ}\text{C}$  by 0.53%. O-H stretching characteristics disappear gradually at  $525^{\circ}\text{C}$  and C-O bonds begin to disappear at  $575^{\circ}\text{C}$  with increasing temperature. In the TGA analysis, it is clear that the volatilization at a temperature of  $26^{\circ}\text{C}$ - $166^{\circ}\text{C}$  is  $1.038 \text{ mg} \pm (10.380\%)$ . Meanwhile, the loss of the O-H group occurs during the proces of (dehidroksilation) changes in the clay structure from kaolin to metakaolin at a temperature of  $417^{\circ}\text{C}$ - $537^{\circ}\text{C}$  was  $1,564 \text{ mg} \pm (15.640\%)$ . At the same time,  $\text{CaCO}_3$  is decomposition of  $\text{CaO}$  and  $\text{CO}_2$ . So, at los of mass loss will occurs at this at themperatur. Si-O-Si/Al the peak widens with increasing temperature. But, the bond between  $\text{CaO}$  and  $\text{CdO}$  is not clearly visible.

**Keyword :** *Stabilization/Solidification, Imobilisation, High Temperature, Metal Cd, CaO, Clay*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur hanya kepada Allah SWT, Tuhan pencipta semesta alam yang sentiasa melimpahkan rahmat serta karunia-Nya. Sehingga, penelitian yang berjudul **“Rentang Temperatur Tinggi Preparasi Imobilisasi Ion  $\text{Cd}^{2+}$  dengan Campuran Kapur (CaO) dan Tanah Liat (Clay)”** dapat diselesaikan dengan baik. Proposal ini diajukan untuk melengkapi serta memenuhi persyaratan mata kuliah Seminar hasil pada program studi Kimia (NK), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini, yaitu kepada:

1. Bapak Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik
2. Bapak Alizar S.Pd, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembahas
3. Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si selaku dosen pembahas
4. Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Fitri Amelia M.Si, Ph.D selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP
6. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Fauzan dan Ibu Rasmi serta keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, motivasi dari segala hal baik moril maupun materil.
7. Laboran di Laboratorium Kimia FMIPA UNP yang telah memabntu peneliti dalam memeperoleh data-data untuk penelitian ini.
8. Kedua saudari, yaitu uni Eliza dan Rika Juniwati, serta saudara laki-laki Bujang Faisal yang telah memberikan do'a dan semangat.

9. Teman-teman satu tim penelitian yaitu Windi, Reza dan Shelly yang selalu berbagi informasi dalam penyelesaian skripsi.
10. Teman-teman terdekat yang selalu memberikan do'a dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Teman-teman Kimia NK 17 yang selalu berjuang bersama dan pantang menyerah.
12. Senior penelitian Kimia NK16 yaitu kak Bela, Fany, Tika dan Irma atas bimbingan dan masukan selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
13. Semua pihak terkait yang tidak disebutkan satu per satu, yang telah tulus dan ikhlas memberikan do'a dan motivasi dalam pelaksanaan penelitian dan penyelesaian skripsi.

Kritik dan saran yang membangun dari pembaca diperlukan untuk perbaikan penulisan skripsi ini. Semoga bermanfaat bagi pembaca, atas kritik dan sarannya diucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| ABSTRAK.....                                   | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                           | vi   |
| DAFTAR ISI.....                                | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                            | x    |
| DAFTAR TABEL .....                             | xi   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                          | xii  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                        | 1    |
| A. Latar Belakang.....                         | 1    |
| B. Identifikasi Masalah .....                  | 4    |
| C. Batasan Masalah .....                       | 4    |
| D. Rumusan Masalah .....                       | 5    |
| E. Tujuan Penelitian.....                      | 5    |
| F. Manfaat Penelitian.....                     | 6    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                  | 7    |
| A. Kadmium (Cd) .....                          | 7    |
| 1. Karakteristik Kadmium .....                 | 7    |
| 2. Keberadaan Kadmium di Lingkungan.....       | 8    |
| 3. Dampak Kadmium Terhadap Kesehatan.....      | 8    |
| B. Imobilisasi Logam Berat.....                | 9    |
| 1. Metoda Solidifikasi/ Stabilisasi (S/S)..... | 9    |
| 2. Proses Dalam Metode S/S .....               | 10   |
| 3. Zat Pengikat Metoda S/S .....               | 11   |
| C. Temperatur .....                            | 12   |
| D. Kalsium Oksida (CaO).....                   | 13   |
| E. Tanah Liat (Clay).....                      | 15   |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| F. Karakterisasi.....                                                             | 17 |
| 1. Spektrofotometer Inframerah (FTIR) .....                                       | 17 |
| 2. <i>Atomic Absorption Spectrometry</i> (AAS).....                               | 19 |
| 3. Thermo Gravimetric Analyzer (TGA).....                                         | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....                                               | 22 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....                                              | 22 |
| B. Variabel Penelitian .....                                                      | 22 |
| C. Alat dan Bahan.....                                                            | 22 |
| D. Prosedur Penelitian.....                                                       | 23 |
| 1. Preparasi Tanah Liat.....                                                      | 23 |
| 2. Stabilisasi Ion Logam Cd dengan Campuran CaO dan Clay .....                    | 23 |
| 3. Karakterisasi Campuran Logam Cd <sup>2+</sup> dengan CaO dan Clay .....        | 24 |
| 4. Leaching Out.....                                                              | 24 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                                 | 25 |
| A. Leaching Test.....                                                             | 25 |
| B. Interaksi Ion Logam Cd dengan campuran tanah liat ( <i>Clay</i> ) dan CaO..... | 27 |
| 1. FTIR (Fourier Transform Infra Red).....                                        | 27 |
| C. Termal Gravietric Analysis (TGA).....                                          | 37 |
| BAB V KESIMPULAN .....                                                            | 39 |
| A. Kesimpulan.....                                                                | 39 |
| B. Saran .....                                                                    | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                              | 40 |
| LAMPIRAN.....                                                                     | 47 |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                                                                                            | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1. Logam Kadmium.....                                                                                                                                                      | 7       |
| Gambar 2. Skema Instrumen FTIR (Shilverstain, et al. 2005).....                                                                                                                   | 18      |
| Gambar 3. Skema Instrumen AAS (Beaty, 1993).....                                                                                                                                  | 19      |
| Gambar 4. Skema Instrument TGA .....                                                                                                                                              | 21      |
| Gambar 5. Hasil Leaching out (%) ion Cd yang terperangkap didalam material padat CaO dan Clay terhadap pengaruh suhu. ....                                                        | 25      |
| Gambar 6. Spektrum FTIR (a) Ion Cd yang terperangkap di dalam material padatan CaO dan Clay pada suhu 425°C dan (b) material padatan CaO dan Clay pada suhu 425°C.....            | 27      |
| Gambar 7. Spektrum FTIR (a) Ion Cd yang terperangkap di dalam material padatan CaO dan Clay pada suhu 475°C dan (b) material padatan CaO dan Clay pada suhu 475°C.....            | 29      |
| Gambar 8. Spektrum FTIR (a) Ion Cd yang terperangkap di dalam material padatan CaO dan Clay pada suhu 525°C dan (b) material padatan CaO dan Clay pada suhu 525°C.....            | 30      |
| Gambar 9. Spektrum FTIR (a) Ion Cd yang terperangkap di dalam material padatan CaO dan Clay pada suhu 575 °C dan (b) material padatan CaO dan Clay pada suhu 575°C.....           | 31      |
| Gambar 10. Spektrum FTIR (a) Ion Cd yang terperangkap di dalam material padatan CaO dan Clay pada suhu 625°C dan (b) material padatan CaO dan Clay pada suhu 625°C.....           | 33      |
| Gambar 11. Spektrum FTIR (a) Ion Cd yang terperangkap di dalam material padatan CaO dan Clay pada suhu 675°C dan (b) material padatan CaO dan Clay pada suhu 675°C.....           | 34      |
| Gambar 12. Spektrum FTIR campuran CaO-Clay-Cd (gugus mineral) (a) 425 °C (b) 475°C (c) 525 °C (d) 575 °C (e) 625 °C (f) 675°C.....                                                | 35      |
| Gambar 13. Spektrum FTIR campuran CaO-Clay-Cd (khusus logam Cd) pada suhu (a) 425°C (b) 475°C (c) 525°C (d) 575°C (e) 625°C (f) 675°C .....                                       | 35      |
| Gambar 14. Spektrum FTIR Cd yang terperangkap didalam material padatan CaO dan Clay pada suhu (khusus logam Cd) (a) 425°C (b) 475°C (c) 525°C (d) 575°C (e) 625°C (f) 675°C. .... | 36      |
| Gambar 15. Grafik TGA dari campuran Clay-CaO-Cd <sup>2+</sup> .....                                                                                                               | 37      |

## DAFTAR TABEL

| <b>Tabel</b>                                                                                                              | <b>Halaman</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tabel 1.Sifat Kimia dan Fisika Kalsium Oksida.....                                                                        | 13             |
| Tabel 2. Komposisi Kimia pada Tanah liat Murni.....                                                                       | 17             |
| Tabel 3. Hasil uji ion Cd yang terperangkap didalam material padatan CaO dan Clay terhadap pengaruh suhu dengan AAS ..... | 26             |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                                                                                                                                       | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Lampiran 1. Preparasi Tanah Liat .....                                                                                                                         | 47      |
| Lampiran 2. Campuran $\text{CaO-Clay-CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .....                                                                                   | 47      |
| Lampiran 3. Uji karakteristik Campuran $\text{CaO-Clay- CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .....                                                                | 48      |
| Lampiran 4. <i>Leaching Test</i> .....                                                                                                                         | 50      |
| Lampiran 5. Perhitungan pembuatan larutan $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,12 mol serta massa $\text{CaO}$ dan tanah liat.....                       | 50      |
| Lampiran 6. Konsentrasi awal campuran $\text{CaO-Clay-Cd}$ .....                                                                                               | 53      |
| Lampiran 7. Perhitungan Konsentrasi Ion Logam $\text{Cd}^{2+}$ yang terlepas ke pelarut setelah di bakar dengan suhu yang berbeda ( <i>Leaching Out</i> )..... | 56      |
| Lampiran 8. Persentase konsentrasi ion logam $\text{Cd}$ yang lepas ( <i>%Leaching Out</i> )                                                                   | 58      |
| Lampiran 9. Gambar prosedur kerja .....                                                                                                                        | 59      |

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Akumulasi logam berat di era globalisasi, seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri. Semakin banyak logam berat di lingkungan akan semakin besar akibatnya terhadap biosfer kehidupan, terutama pada limbah cair (Jonasi, Matina, and Guyo 2017). Logam berat merupakan toksisitas bagi lingkungan yang sifatnya tidak dapat terdegradasi, persisten dan akumulatif. Namun dapat membahayakan dalam tingkat yang berlebihan (Uddin 2017).

Logam berat sebagian besar dilepaskan ke lingkungan pada kegiatan industri dan pertambangan seperti pupuk kandang, cat, pembuatan baterai dan kebocoran limbah industri (Amari, Ghnaya, and Abdelly 2017). Pencemaran limbah cair oleh logam berat melalui pembuangan limbah industri menjadi salah satu permasalahan lingkungan dunia, seperti pelapisan logam, pertambangan, pengolahan kulit (penyamakan), serta pertanian. Paparannya berupa emisi gas, endapan air, dan limbah padat. Polusi terbesar logam berat adalah pada media air (Jonasi, Matina, and Guyo 2017).

Logam seperti Cd, Pb, Cr, dan Hg sangat beracun jika melebihi ambang batasnya. Batasan kandungan logam berat dalam air minum ditetapkan oleh WHO (*World Health Organization*) sebesar 0,01 mg/L atau kurang dari batasan air minum internasional (García-Gil et al. 2016). Akibat dari logam berat dalam tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan permanen pada ginjal, sistem syaraf, hati dan otak. Sehingga diperlukan suatu proses pengolahan logam berat

yang terkontaminasi sebelum dibuang ketempat pembuangan akhir (Khalifa et al. 2020).

Salah satu logam berat yaitu Cadmium (Cd) adalah zat non-esensial dan merupakan logam yang sangat beracun. Cd berasal dari kegiatan antropogenik seperti pertambangan, pelapisan listrik, metalurgi, pembakaran limbah dan penyalahgunaan pestisida yang mengandung Cd. Cadmium di klasifikasikan karsinogen bagi manusia yang dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular, kerusakan tulang, kanker paru-paru, prostat dan ginjal dalam tubuh manusia (Pyrzynska 2019). Cd merupakan logam ketujuh yang paling berbahaya dan beracun menurut *Agency for Toxic Substances and Diseases Registry* (ATSDR)(Mishra et al. 2019).

Cadmium ditemukan alami dalam salah satu bahan asap rokok dengan kadar yang rendah. Berbagai macam kegunaan Cadmium seperti pelapisan logam dan pembuatan baterai Ni-Cd. Jika terpapar logam Cd terlalu lama dalam kadar yang melebihi batasan yang ditetapkan akan menyebabkan berbagai efek yang buruk (Govil and Krishna 2018). Berdasarkan US Environmental Protection Agency (USEPA) menetapkan tingkat kontaminan maksimum Cadmium sebesar 0,005 mg/L dalam air minum, sedangkan WHO (*World Health Organization*) menetapkan ambang batas maksimum sebesar 0,003 mg/L (Godt et al. 2006).

Untuk mengurangi dampak negatif dari logam berat yang berada pada lingkungan dan manusia, banyak teknik yang dilakukan seperti kimiawi oksidasi/reduksi, presipitasi, pertukaran ion dan adsorpsi (Godt et al. 2006). Termasuk metode Solidifikasi/Stabilisasi, Solidifikasi merupakan proses penjebakan limbah dalam bentuk padatan dengan menggunakan bahan yang dapat

memadatkan limbah. Sedangkan Stabilisasi yaitu proses mengikat senyawa limbah beracun dengan senyawa aditif dalam bentuk endapan yang stabil. Soliodifikasi/Stabilisasi adalah imobilisasi kimia dan metode enkapsulasi fisik untuk tanah/sedimen yang terkontaminasi limbah berbahaya (L. Wang et al. 2018). Metode ini bertujuan mengurangi potensi bahaya logam berat dilingkungan (Ba-Naimoon and Hamid 2016).

Metode Stabilisasi/Solidifikasi adalah metode yang cocok untuk mengurangi mobilitas pencemaran logam berat, karena terjadi proses perubahan partikel dalam logam berat yang mobilitasnya tinggi menjadi immobilitas (Antemir et al. 2010). Keunggulan dari metode S/S ini adalah ketersediaan bahan baku banyak, stabilitas dalam jangka panjang, tekanan kekuatan benturan yang tinggi, bahan kimia yang tidak bersifat toksik, penggunaannya efektif, biodegradasi dan permeabilitas air juga rendah (Al-Kindi 2019).

Banyak bahan pengikat (*binder*) yang digunakan sebelumnya, pada metode S/S ini umumnya digunakan bahan pengikat seperti semen potland (PC), kapur dan Fly ash yang telah dihaluskan (Du et al. 2014). Berdasarkan pada penelitian Mutia Nurul Octavia, CaO saja belum mampu sebagai bahan pengikat ion logam Cd, karena belum menghasilkan *leaching out* yang stabil. Sehingga, belum efektif digunakan sebagai bahan pengikat limbah logam berat dalam jangka panjang (Octavia, 2019).

Pada penelitian Tika Indriani digunakan tanah liat sebagai adsorben untuk mengikat senyawa logam beracun pada limbah cair. Tanah liat (*Clay*) digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk menghilangkan logam beracun dalam limbah, karena memiliki keunggulan persediaan bahan baku melimpah, ekonomis,

memiliki sifat adsorpsi yang baik dan juga tidak beracun. Kapasitas pertukaran ion yang tinggi, permukaan tinggi serta volume pori yang menyebabkan sebagai agen penyerap (Uddin 2017). Kemampuan penyerapan Kapur (CaO) dan tanah liat mengurangi kontaminasi ion logam dalam limbah dengan metode S/S. Pada penelitian Tika Indriani campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*Clay*) dapat digunakan sebagai bahan pengikat ion logam Cd, namun mengalami penurunan hasil *leaching out* pada suhu diatas 400°C (Indriani, 2020).

Pada penelitian kali ini dilakukan penyempitan suhu pada temperatur tinggi, yaitu antara suhu 400°C hingga 600°C, bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur tinggi terhadap pola penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  dalam campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*Clay*).

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Suhu mempengaruhi pola *leaching test* dengan campuran logam Cd-CaO-*Clay*.
2. Logam berat Cd banyak terjandung dalam limbah industri yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan.
3. Zat pengikat yang digunakan untuk mengurangi kontaminan limbah logam berat yaitu campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*Clay*).

## **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dapat diketahui pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Ion logam yang digunakan adalah  $\text{Cd}^{2+}$  dari larutan  $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  0,12 mol.
2. Perbandingan campuran kapur ( $\text{CaO}$ ) dan tanah liat (*Clay*) dengan logam Cd yaitu 2:2:1.
3. variasi suhu yang diamati pada campuran  $\text{CaO-Clay-logam}$  adalah  $425^\circ\text{C}$ ,  $475^\circ\text{C}$ ,  $525^\circ\text{C}$ ,  $575^\circ\text{C}$ ,  $625^\circ\text{C}$  dan  $675^\circ\text{C}$ .

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola *leaching test* pada larutan yang mengandung ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan campuran kapur ( $\text{CaO}$ ) dan tanah liat (*Clay*) pada variasi suhu  $425^\circ\text{C}$ ,  $475^\circ\text{C}$ ,  $525^\circ\text{C}$ ,  $575^\circ\text{C}$ ,  $625^\circ\text{C}$  dan  $675^\circ\text{C}$ ?
2. Apa interaksi yang terjadi terhadap ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan campuran kapur ( $\text{CaO}$ ) dan tanah liat (*Clay*)?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu menjelaskan pola *Leaching test* pada larutan yang mengandung ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dengan campuran Kapur ( $\text{CaO}$ ) dan tanah liat (*Clay*) pada variasi suhu  $425^\circ\text{C}$ ,  $475^\circ\text{C}$ ,  $525^\circ\text{C}$ ,  $575^\circ\text{C}$ ,  $625^\circ\text{C}$  dan  $675^\circ\text{C}$ .
2. Mampu menjelaskan interaksi yang terjadi terhadap ion logam Cd dengan campuran Kapur ( $\text{CaO}$ ) dan tanah liat (*Clay*).

**F. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menemukan metode imobilisasi yang tepat untuk penanganan limbah logam berat.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Kadmium (Cd)**

#### **1. Karakteristik Kadmium**



Gambar 1. Logam Kadmium

Unsur kadmium (Cd) ditemukan pertama kali oleh ahli kimia Jerman yang bernama Friedrich Stromeyer pada tahun 1817. Unsur yang memiliki tekstur yang lunak, yang berwarna putih keperakan. Kadmium memiliki sifat yang sama dengan logam stabil yaitu merkuri dan seng, yang berada pada golongan 12 dengan titik leleh  $321^{\circ}\text{C}$  dan titik didihnya berada pada  $767^{\circ}$ . Biasanya logam kadmium tidak ditemukan sebagai unsur murni dilingkungan (Hayat et al. n.d.).

Logam kadmium yang bernomor atom 48 berada pada golongan IIB dan terletak diperiode ke 5, kadmium memiliki konfigurasi elektron  $[\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2$ . Konsentrasi kadmium dikerak bumi adalah sebesar 0,15 ppm, mineral kadmium yang paling umum adalah greenockite (Cds). Kadmium dirubah menjadi produk sampingan dari endapan sulfida terutama yang mengandung timbal, seng dan tembaga (Sharma, Rawal, and Mathew 2015).

## 2. Keberadaan Kadmium di Lingkungan

Kadmium dapat ditemukan pada air, udara tanah dan bahan makanan. Mineral kadmium paling banyak diketahui yaitu dalam bentuk kadmium sulfida (77,6% Cd), kadmium karbonat (61,5% Cd), dan kadmium oksida murni (87,5% Cd) (Rao et al. 2011). Logam kadmium di kerak bumi sekitar 0,1 – 0,2 ppm dan merupakan satu dari 65 unsur logam opaling melimpah dimuka bumi (Devesa and Vélez 2015). Kadmium digunakan terutama dalam baterai NiCd (86%) dan pigmen (9%), penggunaan dalam jumlah kecil seperti pelapis, paduan dan stabilator (Colzato et al. 2017). Sebagian besar kadmium digunakan sebagai produksi nikel-kadmium. Sekitar 80% kadmium yang digunakan, tetapi dimurnikan dalam pigmen plastik, stabilisator plastik, enamel keramik, pelapisan besi dan baja, dan juga digunakan untuk paduan timah dan tembaga. Kadmium dilingkungan juga beracun bagi organisme, tumbuhan dan juga hewan. Karena kadmium adalah unsur kimia yang sederhana di alam dan bersifat *non-degradabel* dan persisten. Sehingga tidak bisa dipecah menjadi senyawa yang tidak beracun dilingkungan (Hayat et al. n.d.).

## 3. Dampak Kadmium Terhadap Kesehatan

Kadmium sangat mengancam kesehatan manusia dan sangat beresiko. Kadmium telah diklasifikasikan sebagai karsinogen dan teratogen pada manusia yang mempengaruhi paru-paru, hati dan juga organ reproduksi. Batas konsentrasi Cd yang telah ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) yaitu sebesar 0,003 mg/L Cd dalam air minum (Boparai, Joseph, and O'Carroll 2011). Sedangkan US Environmental Protection Agency (USEPA) menetapkan tingkat

kontaminan maksimum Cadmium dalam air minum sebesar 0,005 mg/L (Godt et al. 2006).

Kadmium masuk ketubuh manusia melalui udara, air, makanan tumbuhan, hewan serta dalam rokok. Kadmium sukar diabsorpsi dari saluran cerna, tetapi sebagian besar diabsorpsi melalui saluran nafas para perokok (Sarwar et al. 2010). Waktu paruh kadmium kira-kira 10 tahun. Masuknya kadmium kedalam tubuh manusia dapat mengikat makromolekul seperti protein, dan senyawa lain. Dampak kadmium berlebihan dapat menyebabkan kanker paru-paru, kanker pencernaan, kerusakan ginjal, tulang dan hati (Liu et al. 2018).

## **B. Imobilisasi Logam Berat**

Imobilisasi pada logam berat disebut juga dengan stabilisasi, yaitu melibatkan penambahan reagen(pengikat) ke tanah yang terkontaminasi untuk melumpuhkan bahan berbahaya. Imobilisasi/Stabilisasi selalu terhubung dengan solidifikasi, istilah ini digunakan sebagai teknologi perawatan untuk remediasi (Framework 2018). Imobilisasi pada penelitian ini menggunakan metode yaitu Stabilisasi/Solidifikasi atau yang biasa disingkat dengan metode S/S (Renew et al. 2016).

### **1. Metoda Solidifikasi/ Stabilisasi (S/S)**

Metode Solidifikasi/Stabilisasi (S/S) adalah teknik pengolahan limbah lumpur industri sebelum dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang tepat. Solidifikasi/Stabilisasi bisa digunakan untuk menstabilkan logam berat dalam tanah terkontaminasi dengan cara penambahan *binder* (zat pengikat) organik maupun anorganik seperti fly ash, sekam padi, semen, kapur, dan lainnya sebagai agen solidifikasi atau mengganti struktur molekul dari limbah. Tujuan

utama dari proses S/S adalah mengurangi kemampuan meluluhkan kontaminan logam berat menjadi sangat sedikit (Felix, Fraaij, and Hendriks 2001).

Menurut Felix 2001, metode S/S merupakan suatu teknologi yang menggunakan material pengikat seperti semen, kapur, atau polimer organik untuk mengubah tanah tercemar yang mengandung logam beracun untuk dapat dikendalikan dan menjadi bentuk yang kurang beracun secara fisik dan kimia dengan mengimobilisasi kontaminan (Yukselen and Gokyay 2006). Sedangkan Stabilisasi yaitu proses mengikat senyawa limbah beracun dengan senyawa aditif dalam bentuk endapan yang stabil. Metode ini bertujuan mengurangi potensi bahaya logam berat dilingkungan (Ba-Naimoon and Hamid 2016). Keunggulan dari metode S/S ini adalah ketersediaan bahan baku banyak, stabilitas dalam jangka panjang, tekanan kekuatan benturan yang tinggi, bahan kimia yang tidak bersifat toksik, penggunaannya efektif, biodegradasi dan permeabilitas air juga rendah (Al-Kindi 2019).

## **2. Proses Dalam Metode S/S**

Metoda S/S terjadi proses secara fisika dan kimia, dimana terjadi proses kimia yaitu reaksi sederhana seperti reaksi netralisasi, atau reaksi kompleks (Singh and Pant 2006). Sedangkan pada proses fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Namun terjadi proses fisika yaitu penyerapan unsur-unsur pada permukaan atau pori-pori dan mengikatnya dalam bentuk matriks yang melapisi partikel penyusun dan menyebarkannya sehingga terjadi pemisahan secara fisika kontaminan dari tanah (Yukselen and Gokyay 2006)

Metode S/S ini dapat melumpuhkan limbah yang terkontaminan limbah agar tidak tersebar kelingkungan. Metode S/S ini lebih efektif digunakan karena

mengikat senyawa limbah berbahaya kedalam bentuk yang stabil dan yang dijebak dalam bentuk padatan, sehingga penggunaanya dilingkungan dengan cara yang aman (Ba-Naimoon and Hamid 2016). Proses ini melibatkan interaksi kimia antara limbah dan zat pengikat. Fiksasi juga mengacu pada proses stabilisasi. Solidifikasi adalah proses mengubah lumpur cair atau semi-padat menjadi bentuk padatan monolitik atau material padat granular yang akan memudahkan penanganan dan transportasi ke TPA. Solidifikasi tidak selalu melibatkan interaksi kimia antara limbah dan zat pengikat (W. Zhang et al. 2017).

### **3. Zat Pengikat Metoda S/S**

Zat pengikat (*Binders*) adalah zat anorganik yang biasanya diperoleh dengan pemanasan bahan baku alami dengan komposisi yang sesuai. *Binder* adalah reagen tunggal campuran zat dengan aditif yang memiliki kemampuan mengikat, sehingga menghubungkan sistem granular dalam suatu padatan (Tompinkofa 2015, Ray 2016).

Berbagai macam zat pengikat, seperti zat pengikat anorganik yaitu, semen, *fly ash*, lumpur dan juga kapur (Rani M. 2017). Sedangkan binder organik seperti aspal, abu sekam padi, limbah pertanian dan lainnya (Singh and Pant 2006).

Keunggulan dari penggunaan bahan pengikat pada proses S/S karena memberikan soliditas fisika dan stabilitas kimia yang tinggi. Penggunaan zat pengikat ini sesuai dengan yang dibutuhkan (García et al. 2004).

### C. Temperatur

Temperatur yang tinggi dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari tanah liat, misalnya warna, densitas, porositas, permeabilitas, kecepatan gelombang, kekuatan, modulus elastisitas, sifat termal, struktur kenampakan tanah liat. Sejumlah peneliti telah mempelajari efek perlakuan suhu tinggi pada sifat tanah liat. Warna permukaan tanah liat yang diberi perlakuan suhu tinggi berubah dari coklat pada suhu kamar, sedangkan menjadi hitam pada sekitar suhu 300°C-400°C dan kemudian menjadi merah bata diatas suhu 600°C yang merupakan perubahan fisik dan kimia. Perubahan ini dikarenakan oleh tiga aspek, yaitu: disipasi air, dekomposisi mineral dan pembakaran bahan organik. Konduktivitas termal dan difusivitas tanah liat bervariasi secara signifikan dengan suhu. Menurun dengan cepat ketika suhu meningkat dari suhu kamar ke suhu 200°C dan kemudian cenderung stabil pada kisaran suhu 300°C-900°C. Konduktivitas termal tanah liat menunjukkan linieritas yang baik dengan densitas setelah pemasaran dan peningkatan kehilangan massa (termasuk kehilangan air dan bahan organik serta dekomposisi mineral)(Geng and Sun 2018).

Metode penelitian yang diambil dari salah satu sumber yang menyatakan bahwa, pada suhu 105°C, pasta semen dikeringkan selama 24 jam, kemudian dibakar pada suhu 425°C, 475°C, 525°C, 575°C, 625°C dan 675°C selama 2 jam dalam *muffle furnace*(Tantawy 2017). Karakteristik lain dari tanah liat adalah kemampuannya untuk dibakar. Pembakaran tanah liat pada suhu yang sesuai akan mengeras material dan membuat badan tanah liat menjadi permanen. Setelah dibakar, tanah liat berubah menjadi zat yang lebih tahan. Meskipun dapat

terfragmentasi, tanah liat yang dibakar akan tetap dalam keadaan tidak berubah selama ribuan tahun. Titik dimana tanah liat akan menjadi sangat keras dan padat, dengan meningkatnya suhu komponen-komponen pada tanah liat mulai mencair dan mengisi pori-pori luar pada tanah liat. Proses ini menciptakan zat yang tahan lama dan permanen. Temperatur yang tinggi akan menghilangkan air dari bahan tanah liat, termasuk molekul-molekul secara kimiawi yaitu aluminium dan silika (Beblo n.d.).

#### D. Kalsium Oksida (CaO)

Kalsium oksida atau dengan nama lain disebut *quickly* atau kapur tohor merupakan zat pengikat (*binder*) langsung, yaitu *binder* yang bereaksi langsung dengan air akan menghasilkan padatan atau mengalami pengerasan (Topincova, 2015). Kapur dapat digunakan untuk mengubah beberapa sifat fisik dan meningkatkan kualitas tanah atau mengubah tanah menjadi lebih stabil menyebabkan meningkatnya kekuatan dan daya tahan tanah (Skels et al. 2011). Kalsium oksida atau kapur dan kalsium oksida diperoleh dengan cara dekomposisi termal batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). Kualitas dari kalsium oksida dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk sifat fisik dan komposisi kimia (Dash and Hussain 2012).

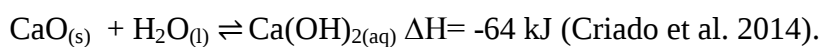
Tabel 1. Sifat Kimia dan Fisika Kalsium Oksida

| Komposisi Kimia             | Rata-rata |
|-----------------------------|-----------|
| $\text{CaO}_{\text{total}}$ | 95,0%     |
| MgO                         | 0,9%      |
| $\text{SiO}_2$              | 1,6%      |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$     | 0,25%     |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$     | 0,25%     |
| $\text{P}_2\text{O}_5$      | 0,15%     |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| TiO <sub>2</sub>                     | 0,03% |
| MnO                                  | 0,04% |
| CO <sub>2</sub>                      | 1,0%  |
| S                                    | 0,18% |
| K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O | 0,07% |
| CaO <sub>aktif</sub>                 | 92,0% |

Sumber : (Skels et al. 2011)

Stabilisasi kapur mengacu pada stabilisasi tanah dengan penambahan produk batu kapur yang terdekomposisi baik kalsium oksida atau kalsium hidroksida. Stabilisasi dengan kalsium oksida diketahui sebagai stabilisator tanah yang lebih efektif dari pada kalsium hidroksida (Ri et al. 2016). Kalsium oksida memiliki keunggulan yaitu dapat menghasilkan panas dan mempercepat penguapan. Hal ini terjadi karena adanya reaksi eksoterm yaitu reaksi yang melepaskan kalor disertai dengan pemindahan kalor dari sistem kelilingan. Ketika kalsium oksida dimasukkan kedalam air, maka reaksi akan ditandai dengan kenaikan temperatur campuran pembentukan hidrat. Persamaan reaksinya :



Kalsium oksida(CaO) sering digunakan dalam metoda stabilisasi karena biaya yang murah dan penerapan yang sederhana. Stabilisasi tanah dengan kapur banyak digunakan dalam struktur seperti jalan raya, kerta api, bandara, tanggul, pondasi pelapisan kanal dan sebagainya (Dash and Hussain 2012). Stabilisasi kapur saat ini sudah digunakan secara luas pada pengaplikasiannya juga digunakana pada beberapa struktur alas pondasi, pelindung lereng dan pelapis kanal. Penggunaan kapur ini sangat lazim karena kemudahan konstruksi dan ekonomis (Venkateswarlu et al. 2014).

### E. Tanah Liat (Clay)

Tanah liat merupakan bahan mentah alami yang terbentuk berbutir alami, penggunaannya sangat efektif untuk penghapusan logam berat dalam air. *Clay* memiliki sifat plastisitas ketika dicampur air akan mengeras atau berbentuk padatan ketika dikeringkan. Pencampuran tanah liat dengan air akan membentuk lumpur dalam bentuk yang diinginkan dan jika dikeringkan akan menjadi padat yang sangat kaku (Uddin 2017). Berbagai tanah liat dan mineral tanah liat memainkan peran penting dalam lingkungan dan digunakan sebagai bahan adsorben yang efektif untuk menghilangkan ion logam beracun dari larutan air. Penggunaan tanah liat sebagai adsorben memiliki keuntungan dari banyak adsorben lain yang tersedia secara komersial, seperti berbiaya rendah, ketersediaan yang melimpah, luas permukaan spesifik tinggi, sifat adsorpsi yang sangat baik, sifat tidak beracun dan potensi besar untuk pertukaran ion. Sebagian besar mineral tanah liat bermuatan negatif dan sangat efektif, dan juga digunakan secara luas untuk menyerap kation logam dari larutan; karena kapasitas pertukaran kation yang tinggi, luas permukaan yang tinggi, dan volume pori. Penyerapan logam berat oleh mineral tanah liat melibatkan serangkaian mekanisme adsorpsi yang kompleks; seperti ikatan langsung antara kation logam dengan permukaan mineral tanah, kompleksasi permukaan, pertukaran ion (Diagboya et al. 2020).

Sebagai adsorben, ada tiga cara mineral tanah liat dapat mengerahkan daya serap non-kovalen pada berbagai molekul dari bentuk cair hingga gas. Pertama adsorpsi fisik: ada adsorpsi non-ion ke permukaan material yang terbelah halus (area permukaan yang luas pada mineral tanah liat terdiri dalam volume kecil). Kedua, adsorpsi penukar ion melalui interaksi dan pertukaran elektrostatik dan

yang ketiga masuknya molekul-molekul kecil di dalam pori-pori atau rongga-rongga, dan pengucilan sebagai atau seluruhnya dari molekul-molekul yang lebih besar oleh rongga-rongga itu melalui aksi adsorpsi zeolit (Aboudi Mana, Hanafiah, and Chowdhury 2017).

Tanah liat memiliki berbagai komposisi mineralogi. Mineralogi pada tanah liat berperan menjadi faktor terpenting mengendalikan stabilitas yang digunakan sebagai indikator struktur tanah. Mineral tanah liat memiliki sifat mempengaruhi luas permukaan, kepadatan muatan, kapasitas pertukaran ion (CEC). Selain itu mineral lempung berfungsi menentukan permukaan dan proses bawah permukaan. Mineralogi komposisi tanah berpengaruh pada erodibilitas tanah dilingkungan tropis (Omdi, Daoudi, and Fagel 2018). Tanah liat diklasifikasikan berdasarkan kemampuan penyerapan air yaitu tanah liat mengembang dan tidak mengembang. Tanah liat mengembang seperti kaolinit yang mengadsorpsi lapisan dengan struktur 1:1 dengan komposisi umum  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ . Mineral lain seperti montmorillonit dengan mengadsorpsi lapisan struktur 2:1 (Jeldres et al. 2019). Penggunaan tanah liat sudah sejak zaman dahulu digunakan salah satunya untuk pembuatan tembikar yang menjadi sejarah. Tanah liat yang tidak murni dapat digunakan sebagai bahan bangunan seperti pembuatan batu bata dan juga ubin. Ada juga yang dijadikan sebagai bahan keramik yang halus seperti tanah liat cina. Tanah liat umumnya digunakan untuk bahan pembuatan semen, keramik, batu bata, sebagai industri pupuk dan farmasi (Adeola, Odunayo, and Ifeoluwa 2020).

Tabel 2. Komposisi Kimia pada Tanah liat Murni

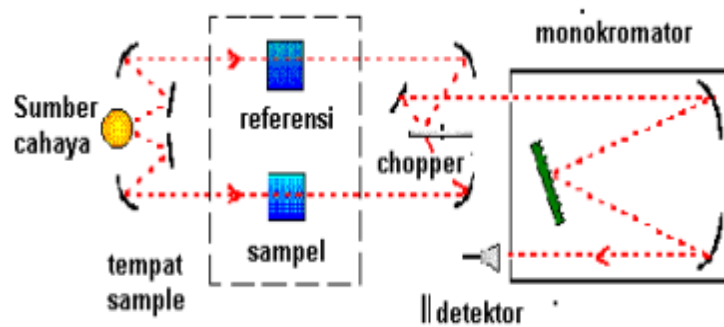
| <b>Komposisi Kimia</b>         | <b>Bobot (%)</b> |
|--------------------------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58,10            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,11            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 9,60             |
| Na <sub>2</sub> O              | 5,11             |
| CaO                            | 2,05             |
| LOI                            | 12,03            |

Sumber: (Algamel et al. 2018)

## **F. Karakterisasi**

### **1. Spektrofotometer Inframerah (FTIR)**

Spektrofotometer Inframerah (FTIR) merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material atau analisis kualitatif dari setiap material. Prinsip kerja Spektrofotometer FTIR adalah interaksi antara energi dengan materi, dimana radiasi sinar inframerah melewati sampel. Radiasi inframerah sebagian diserap oleh sampel dan sebagian lainnya ditransmisikan. Spektrum yang dihasilkan akan menampilkan absorpsi molekul dan transmisi sehingga menghasilkan sidik jari dari sampel. Skema instrumen FTIR dapat dilihat pada (gambar 2).



Gambar 2. Skema Instrumen FTIR (Shilverstain, et al. 2005)

Spektroskopi inframerah (FTIR) digunakan untuk menganalisis senyawa organik karena memiliki spektrum yang kompleks, masing-masing gugus fungsi menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang berbeda, dan terdiri dari beberapa puncak. Pada spektrofotometer inframerah digunakan interferometer Michelson sebagai pengganti dari monokromator yang berada didepan monokromator. Ineterferometer akan memberikan sinyal ke detektor dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram. Informasi yang keluar dari detektor akan diubah secara digital ke komputer kemudian ditransmisikan ke domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferometer yang lengkap (*fourier transform*). Kemudian diubah menjadi spektrum IR sederhana. Interferometer memberikan informasi berdasarkan intensitas spektrum dari setiap frekuensi.

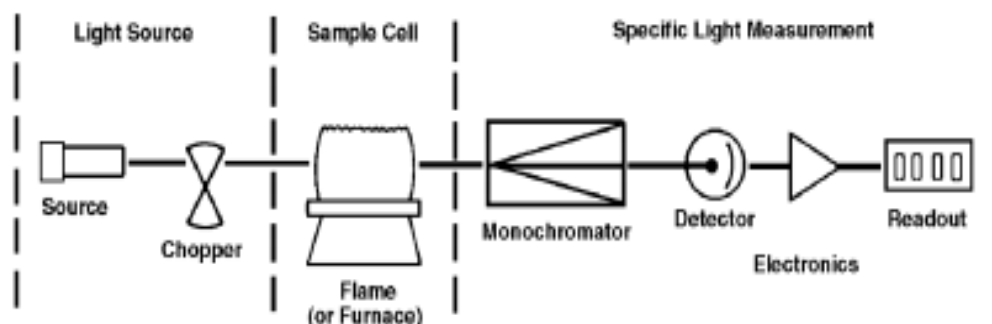
Spektrum IR menghasilkan sebuah sidik jari dari sampel dengan puncak serapan yang berhubungan dengan frekuensi vibrasi antara ikatan atom-atom yang menyusun material. Pada sidik jari, tidak ada satupun senyawa yang memiliki spektrum IR yang sama. Pada penelitian ini fungsi FTIR yaitu : (1) menentukan material yang belum diketahui (*Unknown material*), (2) kualitas atau konsistensi

dari sampel, dan (3) mengetahui jumlah komponen dalam campuran (Douglas A. Skoog., 2013)

Spektroskopi IR merupakan metode spektroskopi yang paling populer, metode yang digunakan adalah adsorpsi. Metode yang didasarkan pada penyerapan inframerah. Syarat terjadinya adsorpsi inframerah pada suatu materi ada dua, pertama kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan vibrasional molekuler sampel. Kedua, perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwall 1985).

## 2. Atomic Absorption Spectrometry (AAS)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) merupakan instrumen dengan prinsip energi yang diserap atom. Atom yang menyerap radiasi akan menimbulkan keadaan energi elektronik tereksitasi. Spektroskopi serapan atom merupakan instrumen untuk menganalisis konsentrasi analit dalam suatu sampel (Douglas A. Skoog., 2013). Skema Spektrofotometer serapan atom dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Instrumen AAS (Beaty, 1993).

Spektrofotometri serapan atom(SSA) menggunakan metode untuk mendeteksi logam dalam cairan dalam sampel (Radu and Diamond 2009). Pembacaan spektrum yang dihasilkan ketika sampel dieksitasi oleh radiasi. Atom menyerap sinar ultraviolet atau cahaya tampak dan melakukan transisi ke tingkat energi ke yang lebih tinggi. Sinar yang dilepaskan oleh atom logam identik untuk setiap logam, sehingga pengukurannya dapat selektif untuk setiap atom. Metoda adsorpsi atom mengukur besarnya energi berupa foton cahaya yang diserap sampel, konsentrasi dihitung berdasarkan hukum Lambert-Beer (Osman Ali Salih 2018). Metode ini yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam Cd (II) setelah proses penyerapan menggunakan tanah liat (*Clay*) dan Kapur (CaO).

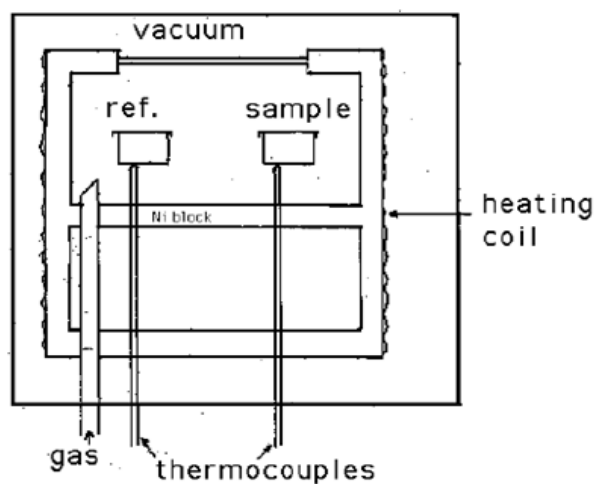
### **3. Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)**

TGA adalah teknik termal kuantitatif yang sangat kuat, tetapi tidak memberikan informasi kimiawi langsung (Phung, Maes, and Seetharam 2019). Secara umum, TGA mempelajari perubahan berat sampel saat sampel dipanaskan atau didinginkan pada suhu terkontrol,  $T(t)$ , dan perubahannya terus dipantau. Program yang mengontrol suhu dapat berupa isothermal ( $T(t)$  konstan) atau nonisothermal. Isothermal adalah kondisi ketika  $T(t)$  konstan, dan nonisothermal adalah kondisi saat laju pemanasan konstan (disebabkan oleh perubahan suhu linier dengan waktu) (Ng, Omar, and Kasi 2018).

Analisis termogravimetri (TGA) menjadi alternatif yang cepat, lebih mudah serta lebih murah. Termogravimetri memberikan informasi mengenai perubahan massa material akibat perubahan suhu atau waktu secara terkontrol. Oleh karena itu, ini khusus untuk mempelajari reaksi dekomposisi dan oksidasi

dan proses fisik seperti sublimasi, penguapan, dan desorpsi. Ini sangat berguna untuk mempelajari bahan polimer, termasuk termoplastik, termoset, elastomer, komposit, film, serat, pelapis, dan cat. Pengukuran TGA memberikan informasi berharga yang dapat digunakan untuk memilih bahan untuk aplikasi penggunaan akhir tertentu, memprediksi kinerja produk, dan meningkatkan kualitas produk (Ng, Omar, and Kasi 2018).

Adapun skema TGA dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. Skema Instrument TGA

TGA ini bisa dilakukan dalam kondisi berbeda (misalnya suhu, laju pemanasan, waktu pendudukan dan atmosfer gas) dan karena itu dapat memberikan hasil relevan dengan sistem pembakaran bahan bakar apa pun (Farrow et al. 2020).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **A. Kesimpulan**

1. Campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*) dapat digunakan sebagai zat pengikat dari logam Kadmium. Hal ini berdasarkan hasil *leaching out* campuran CaO-*clay*-Cd pada suhu 475°C hingga 625°C pola *leaching* mengalami penurunan *leaching* secara signifikan namun mengalami fluktuasi pada suhu 675°C.
2. Interaksi yang terjadi pada campuran CaO-*clay*-Cd dapat terlihat karakteristik peregangan O-H hilang secara bertahap pada suhu 525°C dan ikatan C-O mulai hilang pada suhu 575°C seiring dengan meningkatnya suhu. Pada analisis TGA memperjelas bahwa terjadinya penguapam pada suhu 26°C-166°C sebanyak 1,038 mg  $\pm$  (10,380%). Hilangnya gugus O-H terjadinya proses (dehidroksilasi) kaolin menjadi metakaolin pada suhu 417°C-537°C sebanyak 1,564 mg  $\pm$  (15,640%). Disaat yang bersamaan terjadinya dekomposisi CaCO<sub>3</sub> menjadi CaO dan CO<sub>2</sub>, sehingga pada suhu ini terjadi banyaknya pengurangan massa. Peregangan Si-O-Si/Al puncaknya semakin melebar seiring dengan meningkatnya suhu. Sedangkan, ikatan CaO dan CdO tidak terlihat jelas perubahannya.

#### **B. Saran**

Disarankan pada penelitian selanjutnya melakukan uji dengan XRD untuk melihat struktur apa yang terbentuk diantara suhu 425-675°C.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aboudi Mana, Suzanne Christine, Marlia Mohd Hanafiah, and Ahmed Jalal Khan Chowdhury. 2017. "Environmental Characteristics of Clay and Clay-Based Minerals." *Geology, Ecology, and Landscapes* 1(3): 155–61. <http://doi.org/10.1080/24749508.2017.1361128>.
- Adeniyi, Funmilayo I., Mary B. Ogundiran, T. Hemalatha, and Bhajantri Bharatkumar Hanumantrai. 2020. "Characterization of Raw and Thermally Treated Nigerian Kaolinite-Containing Clays Using Instrumental Techniques." *SN Applied Sciences* 2(5): 1–14. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2610-x>.
- Adeola, Adewole John, Adeyemi Moyosoluwa Odunayo, and Omojola Damilola Ifeoluwa. 2020. "GEOCHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF CLAY DEPOSITS AT IJESHA – IJEBU AND ITS ENVIRONS , SOUTH- WESTERN NIGERIA." 26: 119–30.
- Al-Kindi, Ghayda Yaseen. 2019. "Evaluation the Solidification/Stabilization of Heavy Metals by Portland Cement." *Journal of Ecological Engineering* 20(3): 91–100.
- Algamel, Yousif, N.M Khalil, Qyled Saleem, and Mohamed.J Almughrabi. 2018. "Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution by Natural Clay." *Archives of Business Research* 6(8): 357–64.
- Amari, T., T. Ghnaya, and C. Abdelly. 2017. "Nickel, Cadmium and Lead Phytotoxicity and Potential of Halophytic Plants in Heavy Metal Extraction." *South African Journal of Botany* 111: 99–110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2017.03.011>.
- Andriani,Tika. 2020. "Skripsi Tika Andriani (16036023)." Padang.
- Antemir, Aurora et al. 2010. "Long-Term Performance of Aged Waste Forms Treated by Stabilization / Solidification." *Journal of Hazardous Materials* 181: 65–73.
- Ba-Naimoon, Mohammed S., and Abdulrahman M. Hamid. 2016. "Stabilization/Solidification (S/S) Technique and Its Applications in Saudi Arabia." *International Journal of Environment and Sustainability* 5(1): 1–5.
- Beblo, Julianne E. "An Analysis of Naturally Derived Marine Clay as a Ceramic Medium." *Explorations*: 7–14.
- Beaty Richard D. Dan Kerber Jack D. 1993. *Concepts, Instrumentation And Techniques In Atomic Absorption Spectrophotometry, Second Edition. USA : The Perkin-Elmer.*
- Boparai, Hardiljeet K., Meera Joseph, and Denis M. O'Carroll. 2011. "Kinetics and Thermodynamics of Cadmium Ion Removal by Adsorption onto Nano