

**RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI
IMOBILISASI ION Cr^{3+} DENGAN CAMPURAN
KAPUR (CaO) DAN TANAH LIAT (CLAY)**

SKRIPSI

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



Oleh :

REZA NANDA PUTRI

NIM: 17036032/ 2017

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2021

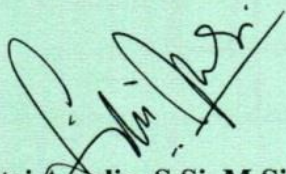
PERSETUJUAN SKRIPSI

RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION Cr^{3+} DENGAN CAMPURAN KAPUR(CaO) DAN TANAH LIAT(*Clay*)

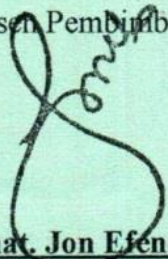
Nama : Reza Nanda Putri
NIM : 17036032
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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 : Reza Nanda Putri
NIM : 17036032
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION Cr^{3+} DENGAN CAMPURAN KAPUR(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

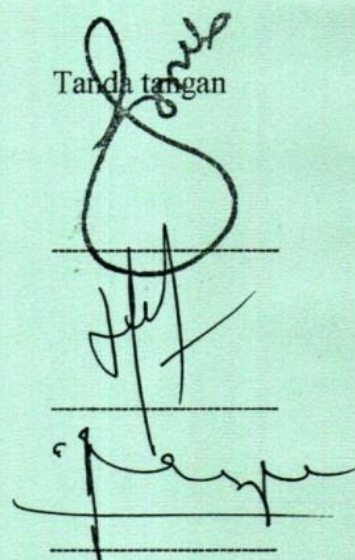
Nama

Tanda tangan

Ketua : Dr.rer.nat. Jon Efendi, M.Si

Anggota : Dr. Hardeli, M. Si

Anggota : Edi Nasra, S.Si, M.Si



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

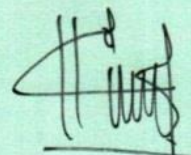
Nama : Reza Nanda Putri
NIM : 17036032
Tempat/Tanggal lahir : Pasar Kambang/ 22 April 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Rentang Temperatur Tinggi Preparasi Imobilisasi Ion Cr^{3+} dengan Campuran Kapur(CaO) dan Tanah Liat(*Clay*)**

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



Reza Nanda Putri
NIM : 17036032

RENTANG TEMPERATUR TINGGI PREPARASI IMOBILISASI ION Cr^{3+} DENGAN CAMPURAN KAPUR (CaO) DAN TANAH LIAT

REZA NANDA PUTRI

ABSTRAK

Limbah logam berat meningkat di sektor industri. Limbah yang di hasilkan ada yang di buang secara langsung ataupun tidak langsung. Logam berat seperti kromium (Cr^{3+}) jika terkontaminasi melebihi ambang batas dapat memicu asma, pneumonitis, disfungsi ginjal, radang laring, alergi kulit, dan dermatitis. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat menangani toksisitas limbah logam berat dengan melihat sifat *leaching out* logam kromium dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*).

Metode stabilisasi/solidifikasi dianggap tepat dalam imobilisasi limbah logam berat. Pada penelitian ini karakterisasi campuran menggunakan instrument *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Thermo Gravimetric Analyzer* (TGA) untuk melihat interaksi sampel serta *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) untuk melihat sifat *leaching out* dari campuran kapur, tanah liat, dan logam kromium.

Karakteristik pada instrument FTIR menandakan adanya gugus Si-O-Si dan Si-O-Al pada bilangan gelombang $1046\text{-}859\text{ cm}^{-1}$, gugus C-O pada bilangan gelombang $1428\text{-}1412\text{ cm}^{-1}$, Ca-O pada bilangan gelombang $539\text{-}520\text{ cm}^{-1}$, serta gugus M-O dari Cr-O pada bilangan gelombang $452\text{-}424\text{ cm}^{-1}$. Instrument TGA menghasilkan tiga zona tiap pengurangan massa. Zona pertama terjadi penghilangan massa sebesar 1,047 mg pada daerah sekitar $32\text{-}130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada zona kedua kehilangan massa sebesar 0,817 mg pada daerah $217\text{-}365\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zona ketiga terjadi pada daerah sekitar $385\text{-}522\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kehilangan massa sebesar 0,776 mg. Pada instrument TGA terjadi dekomposisi tanah liat darisuhu $300\text{-}500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hasil AAS pada sampel menunjukkan persentase *leaching out* terbesar pada suhu $575\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan terendah yaitu 8,42 pada suhu $675\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kata kunci : *Stabilisasi/Solidifikasi, Logam Kromuim, Kapur, Tanah Liat*

HIGH TEMPERATURE RANGE OF IMMOBILIZATION of Cr³⁺ IONS WITH A MIXTURE OF LIME (CaO) AND CLAY

REZA NANDA PUTRI

ABSTRACT

Heavy metal waste is increasing in the industrial sector. The waste produced is either disposed of directly or indirectly. Heavy metals such as chromium (Cr³⁺) if contaminated beyond the threshold can trigger asthma, pneumonitis, kidney dysfunction, inflammation of the larynx, skin allergies, and dermatitis. Therefore, we need a method that can handle the toxicity of heavy metal waste by looking at the leaching out properties of chromium metal with a mixture of lime (CaO) and clay (clay).

The stabilization/solidification method is considered appropriate in the immobilization of heavy metal waste. In this study, the characterization of the mixture used the Fourier Transform Infra Red (FTIR) instrument and the Thermo Gravimetric Analyzer (TGA) to observe sample interactions and Atomic Absorption Spectrometry (AAS) to see the leaching out properties of a mixture of lime, clay, and chromium metal.

The characteristics of the FTIR instrument indicate the presence of Si-O-Si and Si-O-Al groups at wave numbers 1046-859 cm⁻¹, C-O groups at wave numbers 1428-1412 cm⁻¹, Ca-O at wave numbers 539-520 cm⁻¹, and the M- O group of Cr-O at wave number 452-424 cm⁻¹. The TGA instrument produces three zones per mass reduction. In the first zone, a mass loss of 1.047 mg occurred in the area around 32-130°C. In the second zone, the mass loss was 0.817 mg in the 217-365°C area. The third zone occurs in the area around 385-522°C with a mass loss of 0.776 mg. In the TGA instrument, clay decomposition occurs from a temperature of 300-500°C. The results of AAS on the sample show the largest percentage of leaching out at a temperature of 575°C and the lowest is 8.42 at a temperature of 675°C.

Keyword : *Stabilization/Solidification, Metal Chromium, Lime, Clay*

KATA PENGANTAR

Puji syukur hanya teruntuk Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian yang berjudul **“Rentang Temperatur Tinggi Preparasi Imobilisasi Ion Cr^{3+} dengan Campuran Kapur (CaO) dan Tanah Liat (*Clay*)“** dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 pada program studi Kimia (NK), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penulisan ini yaitu:

1. Bapak Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si selaku dosen pembimbing
2. Bapak Edi Nasra, S. Si., M. Si selaku dosen penguji I
3. Bapak Dr. Hardeli, M. Si selaku dosen penguji II
4. Ibu Fitri Amelia, M.Si., Ph.D. selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
5. Bapak Budhi Oktavia, M. Sc., Ph. D selaku Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP
6. Kedua Orang Tua penulis tercinta atas segala motivasi, dukungan, serta bantuan baik secara moril maupun materil
7. Laboran di Laboratorium Kimia, FMIPA UNP yang telah membantu peneliti dalam memperoleh data-data untuk penelitian ini
8. Teman-teman satu tim penelitian yaitu Windi, Wahyuni, dan Selly yang selalu berbagi informasi dalam menyelesaikan skripsi
9. Teman-teman terdekat yang selalu memberi support dan doa dalam penulisan skripsi

10. Senior tim penelitian 16 kak Bela, Fani, Tika, Irma atas bimbingan dan masukan selama penelitian dalam pembuatan skripsi
11. Semua pihak terkait yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

Kritik dan saran dari pembaca diperlukan untuk perbaikan skripsi ini. Atas kritik dan saran yang diberikan diucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian	3
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Logam Kromium (Cr).....	5
1. Kromium pada lingkungan	5
2. Dampak logam Cr bagi kesehatan manusia	5
B. Imobilisasi Logam Berat.....	6
1. Metode Solidifikasi/Stabilisasi (S/S)	6
2. Proses yang terjadi dalam metode S/S	7
3. Agen pengikat metode S/S	8
C. Temperatur	8

D.	Kapur (CaO).....	9
E.	Tanah Liat (Clay).....	10
F.	Karakterisasi	11
1.	Fourier Transform Infrared (FTIR)	11
2.	Thermo Gravimetric Analyzer (TGA).....	12
3.	Atomic Absorption Spectrometry (AAS).....	13
BAB III METODE PENELITIAN		15
A.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	15
B.	Variabel Penelitian.....	15
C.	Alat dan Bahan.....	15
D.	Prosedur Penelitian	16
1.	Preparasi Tanah Liat.....	16
2.	Stabilisasi Ion Logam Cr ³⁺ dengan Campuran CaO dan Clay.....	16
3.	Karakterisasi campuran CaO-Clay-Cr ³⁺	16
4.	LeachingTest	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		18
A.	<i>Leaching Test</i>	18
B.	Interaksi Ion Logam Cr ³⁺ dengan Kapur (CaO) dan Tanah Liat (clay) ..	19
1.	Fourier Transform Infrared (FTIR)	19
2.	Thermo Gravimetric Analyzer (TGA).....	28
BAB V PENUTUP.....		30
A.	Kesimpulan	30
B.	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN.....		36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema instrument FTIR	11
Gambar 2. Skema Instrument TGA	13
Gambar 3. Skema Instrument AAS.....	14
Gambar 4. Grafik Hasil Leaching Out Logam Cr^{3+}	18
Gambar 5. Spektrum FTIR dari campuran pada suhu 425°C	20
Gambar 6. Spektrum FTIR dari campuran pada suhu 475°C	21
Gambar 7. Spektrum FTIR dari campuran pada suhu 525°C	22
Gambar 8. Spektrum FTIR dari campuran pada suhu 575°C	23
Gambar 9. Spektrum FTIR dari campuran pada suhu 625°C	24
Gambar 10. Spektrum dari campuran pada suhu 675°C	25
Gambar 11. Spektrum FTIR dari campuran CaO-Clay-Cr (gugus mineral).....	26
Gambar 12. Spektrum FTIR dari campuran CaO-Clay-Cr (khusus logam Cr)	27
Gambar 13. Spektrum FTIR dari campuran CaO-Clay-Cr yang di furnace pada suhu (a) 425°C (b) 475°C (c) 525°C (d) 575°C (e) 625°C (f) 675°C	27
Gambar 14. Pengurangan massa pada campuran CaO-Clay-Cr	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Preparasi Sampel	36
Lampiran 2. Campuran $\text{CaO-clay-Cr(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	37
Lampiran 3. Uji Karakteristik Campuran $\text{CaO-Clay-Cr(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	38
Lampiran 4. Uji Leaching Out	39
Lampiran 5. Perhitungan Pembuatan Larutan, massa clay dan CaO	40
Lampiran 6. Konsentrasi Awal Campuran.....	42
Lampiran 7. Perhitungan Ion Cr^{3+} yang Terlepas ke Pelarut	45
Lampiran 8. Persentase Konsentrasi Leaching Out	47
Lampiran 9. Perhitungan Konsentrasi Terikat Leaching Out	49
Lampiran 10. Gambar Prosedur Kerja	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Hasil Leaching Out menggunakan AAS	19
--	----

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kuantitas logam berat meningkat seiring peningkatan di sektor industri. Hal ini mengacu pada masalah lingkungan terhadap peningkatan produksi limbah yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan (Hastuti & Siswanta, 2015). Menurut (Fu & Wang, 2011), Perkembangan industri seperti operasi pertambangan, fasilitas pelapisan logam, industri pupuk, baterai, serta industri kertas menghasilkan air limbah yang mengandung logam berat. Hasil produksi limbah ada yang di buang secara langsung ataupun tidak langsung ke lingkungan. Kegiatan industrialisasi menghasilkan limbah logam berat yang berbahaya bagi lingkungan apabila melebihi batas spesifik sehingga tidak dapat terdegradasi.

Kehadiran logam berat di lingkungan di lihat dari toksisitas, persistensi, dan dampak ekologisnya (Pardo et al., 2006). Logam berat merupakan unsur kimia logam yang memiliki massa jenis relatif tinggi, secara alami terjadi pada lingkungan dengan berbagai konsentrasi (Agoro et al., 2020). Terkontaminasi logam berat dalam jangka panjang dapat menyebabkan risiko kesehatan. Bahaya jika keracunan logam berat akut yaitu merusak fungsi saraf pusat, sistem kardiovaskular dan gastrointestinal (GI), paru-paru, ginjal, hati, kelenjar endokrin, dan tulang (Lakherwal, 2014).

Kromium merupakan logam berat yang digunakan pada industri penyamakan kulit dan perawatan permukaan karena sifat fisiknya seperti kekerasan, kekuatan, ketahanan terhadap korosi serta kemampuan oksidasinya (Akoulih et al., 2020). Di alam Kromium terdapat tiga bentuk utama yaitu bentuk logam tidak bermuatan (Cr), bentuk trivalen (Cr III) dan bentuk heksavalen (Cr VI) (Hedayatkah et al., 2018). Jika terhirup zat yang mengandung Cr (III) dapat memicu asma, perforasi septum hidung, bronkitis, pneumonitis, disfungsi ginjal, radang laring dan hati, perubahan kronis pada sistem saraf dan saluran

pencernaan, serta meningkatkan kejadian karsinoma bronkogenik (Chow et al., 2018).

Menurut (Antemir et al., 2010) teknik yang cocok untuk mengurangi mobilisasi pencemaran terhadap lingkungan yaitu teknik stabilisasi / solidifikasi (S / S). Stabilisasi / solidifikasi (S / S) yaitu metode remediasi yang memiliki efisiensi tinggi terhadap tanah yang terkontaminasi logam berat dan hemat biaya. Keuntungan dari metode stabilisasi / solidifikasi (S / S) ini selain keuntungan ekonomi juga mengurangi masalah pembuangan limbah serta penghematan energi. Tujuan dari teknik solidifikasi / stabilisasi (S / S) untuk melumpuhkan unsur-unsur yang mengandung racun dari limbah berbahaya serta mengantisipasi pencuciannya dari limbah yang pernah dibuang (Dassekpo et al., 2018). Aplikasi dari teknologi stabilisasi / solidifikasi (S / S) ini sudah banyak digunakan di seluruh dunia karena keunggulannya dalam peningkatan kekuatan tanah dan imobilisasi kontaminan dalam proses perawatan tanah yang terkontaminasi oleh logam berat (Liu et al., 2018).

Semen Portland, abu layang bubuk (PFA), kapur, dan tanah liat yang dimodifikasi merupakan bahan pengikat yang sering digunakan (Antemir et al., 2010). Pada proses ini digunakan kapur sebagai *stabilization* / stabilisasi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Elina Putri, kapur saja belum efektif sebagai pengikat limbah logam berat dalam jangka waktu panjang. Maka dari itu tanah liat dijadikan tambahan sebagai salah satu bahan yang berfungsi sebagai *solidification* / pemadatan limbah. Peran tanah liat di lingkungan biasanya digunakan sebagai bahan adsorben yang efektif dalam penghapusan ion logam berat beracun pada perairan (Uddin, 2017). Namun pada penelitian Shinta Bella sebelumnya terjadi peningkatan hasil *leaching out* pada suhu $\geq 600^{\circ}\text{C}$ (Bella, 2020) dari kedua binder tersebut sehingga dilakukan penyempitan suhu pada penelitian ini untuk melihat pola leaching test yang terjadi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dilakukan identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Suhu mempengaruhi pola *leaching test* pada campuran larutan Cr^{3+} -CaO-Clay
2. Logam berat Cr banyak terkandung dalam limbah industri yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan masyarakat.
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 di atas dapat dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Ion logam yang digunakan adalah logam Cr^{3+} dari larutan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.
2. Perbandingan campuran CaO-clay- Cr^{3+} yaitu 3:3:1
3. Variasi suhu yang diamati dari campuran logam, kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*) adalah 425°C, 475°C, 525°C, 575°C, 625°C dan 675°C.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diatas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pola *leaching test* pada larutan yang mengandung ion logam Cr^{3+} dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*) pada variasi suhu 425°C, 475°C, 525°C, 575°C, 625°C dan 675°C?
2. Apa interaksi yang terjadi terhadap ion logam Cr^{3+} dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*)?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mampu menjelaskan pola *leaching test* pada larutan yang mengandung ion logam Cr^{3+} dengan campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*).
2. Mampu menjelaskan interaksi yang terjadi terhadap ion logam Cr^{3+} dengan campuran kapur (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. Logam Kromium (Cr)

1. Kromium pada lingkungan

Kromium secara alami ditemukan di tanah, batuan, tumbuhan, hewan, dan gas, gunung berapi serta debu. Logam ini umumnya ditemukan dalam bahan komponen alloy, pencelup dan cat, katalisator, magnetic tape, anti korosi pada alat pengeboran sumur berlumpur (Dr & Wahyu, 2008). Logam Cr tidak pernah ditemukan dalam bentuk murni, melainkan biasanya sudah dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai bahan mineral, Cr terbanyak ditemukan dalam bentuk kromit (FeOCr_2O_3). Mineral lain yang mengandung kromium adalah tanah krom (Cr_2O_3), kromitit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Cr}_2\text{O}_3$), dan krokoisit (PbCrO_4). Sebagian besar pencemaran tanah, air tanah tercemar oleh logam kromium dengan bentuk kromium trivalen $[\text{Cr(III)}]$ dan kromium heksavalen $[\text{Cr(VI)}]$ (Hedayatkah *et al.*, 2018).

2. Dampak logam Cr bagi kesehatan manusia

Mekanisme kromium masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan, udara dan air tetapi hanya sebagian kecil yang diserap oleh tubuh (Clodfelder *et al.*, 2004). Terhirup Cr^{3+} dapat menyebabkan perforasi septum hidung, asma, bronkitis, pneumonitis, disfungsi ginjal, radang laring dan hati, perubahan kronis pada sistem saraf dan saluran cerna serta meningkatkan kejadian karsinoma bronkogenik. Kontak kulit yang terkontaminasi Cr^{3+} dapat menyebabkan alergi kulit, dermatitis, nekrosis dermal dan lesi dermal (Chow *et al.*, 2018). Dampak logam Cr terhadap anak-anak menyebabkan gangguan sintesis darah, anemia, serta mengganggu sistem kekebalan tubuh (Guo *et al.*, 2017; M, Bhagawan, Saritha, Himabindu, & Reddy, 2017).

Logam Cr (III) merupakan elemen penting sebagai peran biologis untuk sintesis insulin. Namun, dalam dosis yang lebih tinggi menjadi beracun karena mengganggu sistem kekebalan tubuh (Guo et al., 2017). Batas air minum yang mengandung kromium adalah 0,05 mg/L. Batas pembuangan untuk kromium trivalen bervariasi, mulai dari 1 sampai 5 mg/L di alam kasus debit langsung ke badan air dan 1 sampai 20 mg/L dalam kasus debit ke dalam sistem saluran pembuangan umum (Tadesse, 2006).

B. Imobilisasi Logam Berat

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

1. Metode Solidifikasi/Stabilisasi (S/S)

Metode S/S adalah salah satu teknik pengolahan limbah industri sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) yang tepat. “Solidifikasi” mengacu kepada peningkatan integritas sifat fisika limbah agar dapat ditangani, sedangkan “stabilisasi” mengurangi keberadaan kontaminan dengan berbagai mekanisme seperti pengendapan, adsorpsi kimia, *enkapsulasi*, dan pertukaran ion (Kumpiene et al., 2007). Metode S/S pertama kali digunakan untuk pengolahan limbah radioaktif pada tahun 1960 serta dianggap sebagai metode terbaik oleh US Environmental Protecting Agency (US EPA) untuk limbah toksik dan tanah (Voglar & Lež, 2010).

Metode S/S dilakukan dengan cara mencampurkan limbah lumpur berbahaya atau tanah yang terkontaminasi dengan bahan pengikat atau bahan aditif. Tujuannya ialah untuk mengurangi kontaminan beracun dengan mengikat limbah dalam sebuah matriks padat (Antemir et al., 2010). Proses mengubah limbah menjadi padatan akan membuat limbah tersebut menjadi mudah ditangani

toksisitasnya (Malviya & Chaudhary, 2006). Kedua proses ini dilakukan secara bersamaan karena sama-sama memiliki tujuan untuk mengurangi jumlah limbah beracun di lingkungan. Gabungan kedua proses ini sering disebut sebagai “fiksasi limbah” atau “enkapsulasi” oleh peneliti diseluruh dunia (Voglar & Le^ˆ, 2010).

Pada metode S/S digunakan zat pengikat untuk menstabilkan kontaminan dalam limbah atau daerah yang terkontaminasi (Paria & Yuet, 2006). Berbagai jenis *binder* telah dikembangkan dan digunakan, namun jenis binder berbasis semen merupakan jenis binder yang paling banyak digunakan. Seperti (Voglar & Le^ˆ, 2010) telah mengaplikasikan semen portland (OPC) untuk menurunkan konsentrasi Cd, Pb, Zn dan Ni menggunakan metode S/S pada tanah.

Badan perlindungan lingkungan Amerika Serikat atau *Environmental Protection Agency* (EPA) menyatakan bahwa metode S/S adalah “*the Best Demonstrated Available Technology* (BDAT)” untuk 57 tipe limbah beracun yang di list oleh Resource Conversation and Recovery Act. Beberapa keuntungan menggunakan metode S/S untuk remediasi adalah biaya relatif murah, berdampak baik, stabilitas dalam jangka panjang, ketersediaan bahan baku yang banyak, bahan dan teknologi telah dikenal, mudah digunakan, bahan baku tidak bersifat toksik efektifitas tinggi, dapat digunakan dalam bermacam kontaminan, serta bisa diaplikasikan pada berbagai jenis tanah (Wadanambi *et al.*, 2008).

2. Proses yang terjadi dalam metode S/S

Metode dan proses yang digunakan dalam metode S/S sudah diterima dan menjadi bagian penting pada pengolahan limbah di lingkungan oleh seluruh negara di dunia. Stabilitas mengacu pada metode untuk mengurangi potensi bahaya limbah dengan mengubah kontaminan ke bentuk yang paling sukar larut, berpindah, atau tidak beracun (Malviya & Chaudhary, 2006). Karakteristik sifat fisika tidak perlu diubah secara alami. Komponen pengikat yang digunakan bereaksi dengan kontaminan sehingga mengakibatkan perubahan sifat kimia dan reaktifitas kontaminan. Perubahan sifat kontaminan tergantung pada zat pengikat yang digunakan. Menurut Enviromental Protection Agency (EPA) solidifikasi mengacu pada metode enkapsulasi limbah dalam padatan monolitik dengan

integritas struktur yang tinggi tanpa interaksi kimia antara kontaminan berbahaya dan reagen pematid (Poon *et al.*, 2004).

Metode S/S biasanya diaplikasikan dengan cara mencampurkan tanah yang terkontaminasi dengan bahan pengikat untuk membentuk kristal, kaca, atau polimer yang mengelilingi kontaminan (Arafat *et al.*, 1999). Metode S/S bergantung pada mikro enkapsulasi dimana limbah tidak berubah tetapi partikel makroskopiknya terbungkus pada lapisan yang relatif tahan atau pada fiksasi kimia tertentu. Enkapsulasi makro melibatkan mekanisme fiksasi kimia untuk memperbaiki resistivitas kelarutan limbah. Kontaminan diubah menjadi senyawa padat yang tahan pelarutan.

3. Agen pengikat metode S/S

Metode S/S bisa menggunakan berbagai zat pengikat, zat pengikat anorganik seperti semen, fly ash, lumpur, kapur (M *et al.*, 2017), atau zat pengikat organik (aspal, abu sekam padi, limbah pertanian lainnya). Penggunaan agen pengikat pada metode S/S ini memiliki keunggulan karena mampu memberikan soliditas fisik dan stabilitas kimia yang tinggi. Agen pengikat dipilih sesuai dengan kontaminan spesifik dan berdasarkan kondisi area pengolahan. Agen pengikat harus mampu mengikat kontaminan sehingga dapat di enkapsulasi menjadi padatan melalui proses imobilisasi fisika. Pada pH tinggi agen pengikat yang umum digunakan adalah semen portland karena terjadi pengendapan berbagai spesi kontaminan dan mengurangi mobilitas (stabil). Agen pengikat yang umum digunakan adalah kapur, semen portland, material termoplastik, aspal, dan semen polimer sulfur (Report & Sr, n.d., 2004).

C. Temperatur

Temperatur yang tinggi dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari tanah liat, misalnya warna, densitas, porositas, permeabilitas, kecepatan gelombang, kekuatan dan kekompakan, modulus elastisitas, sifat termal, struktur dan kenampakan tanah liat. Sejumlah peneliti telah mempelajari efek perlakuan suhu tinggi pada sifat-sifat tanah liat. Warna permukaan tanah liat yang diberi perlakuan suhu tinggi berubah dari coklat pada suhu kamar, menjadi hitam sekitar

300-400 °C dan kemudian menjadi merah bata di atas 600 °C, yang terkait dengan 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 200 °C dan kemudian cenderung stabil pada kisaran 300-900 °C. Konduktivitas termal tanah liat menunjukkan linieritas yang baik dengan densitas setelah pemanasan dan peningkatan kehilangan massa (termasuk hilangnya air dan bahan organik serta dekomposisi mineral) (Geng & Sun, 2018). Selain itu, metode penelitian yang diambil dari salah satu jurnal menyatakan bahwa pada suhu 105 °C, pasta semen dikeringkan selama 24 jam, kemudian dibakar pada suhu 300 °C, 450 °C, 600 °C, 750 °C selama 2 jam dalam *muffle furnace* (Tantawy, 2017).

Karakteristik lain yang diinginkan 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. Ini adalah titik dimana tanah liat 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 menghilangkan air dari badan tanah liat, termasuk molekul-molekul secara kimiawi yaitu aluminium dan silika (Beblo, n.d.).

D. Kapur (CaO)

Kapur merupakan produk kalsinasi batu kapur yang diekstrak dari tambang (Manocha *et al.*, 2018). Kapur adalah batuan sedimen yang biasanya berasal dari akumulasi progresif dan sementasi butiran karbonat anorganik dan organik, seperti crinoids (lili laut), kerang, ganggang, dan berbagai mikro-organisme di laut (Alaabad & Soltan, 2014). Batu kapur sebenarnya menggambarkan batuan besar dari berbagai kristal dan tekstur pembubaran dengan asam karbonat mengarah ke batu mengkristal padat dengan kepadatan lebih atau kurang. Kristalinitas dan

tekstur batu kapur memiliki dampak yang signifikan pada pemrosesan dan pengaruhnya saat di kalsinasi (Manocha & Ponchon, 2018).

Kalsium oksida atau nama lain disebut dengan quicklime atau kapur tohor merupakan zat pengikat (binder) langsung, yaitu binder yang bereaksi langsung dengan air akan menghasilkan padatan atau mengalami pengerasan (Vlček et al., 2014). Kapur tohor (CaO) dengan air bereaksi menghasilkan Ca(OH)_2 yang disebut *slaked lime* (kapur mati) yang bersifat basa. Reaksi kimia dalam air limbah yang mengandung Cr^{3+} dengan Ca(OH)_2 mengakibatkan krom terendap sebagai Cr(OH)_3 (Asmadi. & Oktiawan, 2009).

E. Tanah Liat (Clay)

Tanah liat atau lempung merupakan partikel mineral dengan bahan dasar silikat memiliki diameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mempunyai leburan silika dan aluminium yang halus. Unsur-unsur ini seperti silika dan aluminium merupakan unsur yang paling banyak membentuk kerak bumi. Ter bentuknya lempung melalui proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan oleh aktivitas panas bumi.

Di permukaan bumi, tanah liat merupakan mineral yang paling tersedia dan membentuk batuan yang dikenal sebagai serpihan dan merupakan komponen utama batuan sedimen. Ukuran partikelnya kecil dan struktur kristal mereka yang unik memberikan sifat khusus bahan tanah liat (Christine et al., 2017).

Banyak bahan dari tanah liat yang telah menunjukkan keunggulan potensinya untuk menghilangkan polutan logam tanpa modifikasi. Pada beberapa penelitian, kapasitas penghilangannya bisa ditingkatkan melalui modifikasi kimia tertentu seperti yang dibahas dalam ulasan ini. Sifat adsorpsi tanah liat, juga tergantung pada tingkat perawatan kimia, aktivasi, dan modifikasi adsorben. Tanah liat bisa diidentifikasi menggunakan instrumen FTIR, AAS, TGA, dan Uv-Vis (Uddin, 2017).

F. Karakterisasi

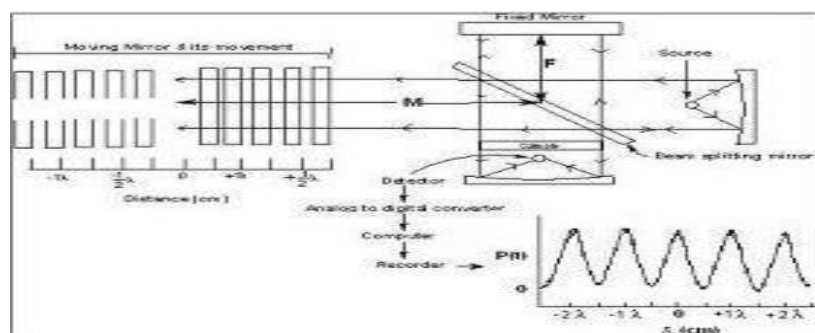
1. Fourier Transform Infrared (FTIR)

FTIR merupakan instrumen dengan dasar spektroskopi menggunakan sinar inframerah yang dilengkapi transformasi fourier sebagai pendeteksi serta analisis pada hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah digunakan sebagai identifikasi senyawa organik karena mempunyai spektrum yang kompleks, masing-masing gugus fungsi menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang berbeda, dan terdiri dari banyak puncak. Interferometer Michelson yang terdapat pada FTIR digunakan selaku pengganti monokromator yang terdapat di depan monokromator. Interferometer kemudian memberikan sinyal ke detektor berdasarkan intensitas frekuensi vibrasi molekul dalam bentuk interferogram (Silverstain & Bassler, 1967).

Informasi yang dihasilkan oleh detektor secara digital akan diubah dalam komputer kemudian dikonversi sebagai domain, setiap satuan frekuensi diambil dari interferometer yang lengkap (fourier transform). Kemudian sinyal tersebut diubah menjadi spektrum IR sederhana. Interferometer memberi informasi sesuai pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Spektroskopi FTIR digunakan untuk:

1. Menangkap sinyal lemah
2. Menganalisis sampel konsentrasi rendah
3. Menganalisis getaran (Silverstain & Bassler, 1967)

Adapun skema instrument FTIR sebagai berikut



Gambar 1. Skema instrument FTIR (Sawant, 2011)

Ketika suatu radiasi gelombang elektromagnetik bersentuhan dengan suatu materi, maka berlangsung suatu interaksi berupa penyerapan energi (absorpsi) oleh atom-atom atau molekul-molekul dari materi tersebut. Absorpsi dari cahaya tampak dan sinar ultraviolet mengakibatkan tereksitasnya elektron. Sementara untuk absorpsi radiasi inframerah, energi yang ada tidak cukup dalam mengeksitasi elektron, tetapi menyebabkan kenaikan amplitudo getaran (vibrasi) atom-atom pada suatu molekul. Penyerapan terhadap radiasi gelombang elektromagnetik suatu senyawa menyerap radiasi beserta panjang gelombang tertentu tergantung dengan struktur senyawa tersebut. Absorpsi khas ini memacu pada pengembangan metode spektroskopi atomik ataupun molekuler dengan memberikan referensi yang besar pada dunia ilmu pengetahuan terutama pada usaha pemahaman tentang susunan materi dan unsur-unsur penyusunnya (Fessenden, 1997).

Fourier Transform Infrared / Spektroskopi FTIR merupakan metode spektroskopi yang paling populer. Spektroskopi ini menggunakan metode absorpsi yang merupakan metode spektroskopi berdasarkan pada perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Syarat terjadinya adsorpsi inframerah pada materi ada dua, pertama kesesuaian pada frekuensi vibrasional molekul sampel dan frekuensi radiasi inframerah, kedua perubahan momen dipol pada saat terjadi vibrasi (Chatwall, 1985).

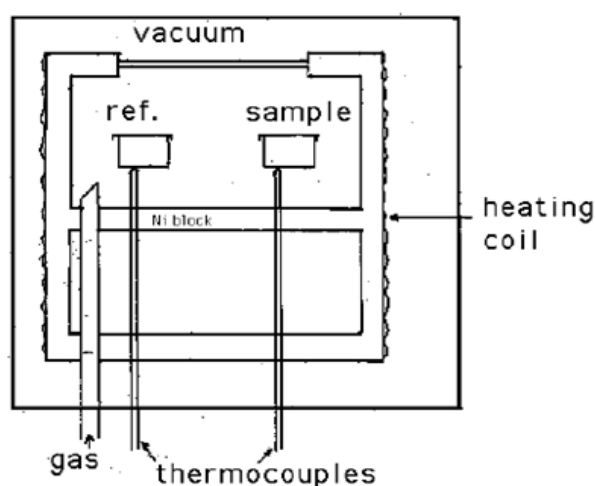
2. Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)

TGA adalah teknik termal kuantitatif yang sangat kuat, tetapi tidak memberikan informasi kimiawi langsung (Phung et al., 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 et al., 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 berfungsi dalam mempelajari bahan polimer, termoplastik, termoset, komposit, elastomer, film, serat, cat serta pelapis. Pengukuran TGA memberi informasi penting yang bisa digunakan dalam memilih bahan pada aplikasi penggunaan akhir tertentu, prediksi pada kinerja produk, serta peningkatan kualitas produk (Ng et al., 2018).

Adapun skema TGA pada gambar berikut



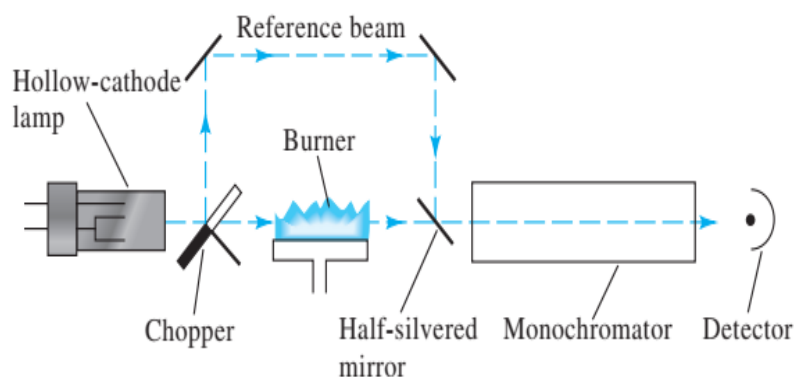
Gambar 2. Skema Instrument TGA

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).

3. Atomic Absorption Spectrometry (AAS)

Spektrometri adalah suatu metode analisis kuantitatif dimana pengukurannya didasarkan pada banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Spektrometri Serapan Atom (SSA) merupakan salah satu bagian dari spektrometri. SSA adalah metode analisis unsur

secara kuantitatif dimana pengukurannya didasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Skema dari alat SSA sebagai berikut:



Gambar 3. Skema Instrument AAS (Douglas. A Skoog., n.d.)

Spektrofotometer serapan atom merupakan instrumen dengan memakai prinsip energi yang diserap atom. Atom yang menyerap radiasi kemudian menyebabkan energi elektronik tereksitasi (Douglas A. Skoog., 2013). Spektrofotometri serapan atom (SAA) metoda yang di pakai untuk mendeteksi logam dalam sampel berair (Radu & Diamond, 2009). Ini dilakukan dengan membaca spektrum yang dihasilkan ketika sampel dieksitasi oleh radiasi. Atom menyerap sinar ultraviolet atau cahaya tampak dan melakukan transisi pada tingkat energi yang tinggi. Metode absorpsi atom mengukur besarnya energi berupa foton cahaya yang diserap sampel, konsentrasinya dihitung berdasarkan hukum Beer-Lambert (Osman et al., 2018).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Campuran kapur (CaO) dan tanah liat (*clay*) dapat digunakan sebagai zat pengikat dari logam kromium. Hal ini berdasarkan hasil *leaching out* campuran CaO-*clay*-Cr yang mengalami penurunan pada suhu 625⁰C.
2. Interaksi pada campuran kapur (CaO)-tanah liat (*clay*)-Cr terlihat pada pergeseran puncak Si-O-Si dan Si-O-Al yang teridentifikasi pada spektrum FTIR yang diperkuat dengan kurva TGA dimana mengalami dekomposisi dari gugus tanah liat.

B. Saran

Disarankan untuk peneliti selanjutnya melakukan uji XRD guna melihat struktur apa yang terbentuk diantara suhu 424-675⁰C.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-zied, B. M., & Ali, T. T. (2018). Fabrication, characterization and catalytic activity measurements of nano-crystalline Ag-Cr-O catalysts. *Applied Surface Science*. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.06.237>
- Agoro, M. A., Adeniji, A. O., Adefosiye, M. A., & Okoh, O. O. (2020). *Heavy Metals in Wastewater and Sewage Sludge from Selected Municipal Treatment Plants in Eastern Cape*.
- Akoulih, M., Tigani, S., Saadane, R., & Tazi, A. (2020). *Electrocoagulation Based Chromium Removal Efficiency Classification Using Logistic Regression*. 10(Iii), 1–10. <https://doi.org/10.3390/app10155179>
- Alaabed, S., & Soltan, A. M. (2014). *United Arab Emirates limestones : impact of petrography on thermal behavior*.
- Antemir, A., Hills, C. D., Carey, P. J., Gardner, K. H., Bates, E. R., & Crumby, A. K. (2010). Long-term performance of aged waste forms treated by stabilization / solidification. *Journal of Hazardous Materials*, 181, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.082>
- Arafat, H. A., Hebatpuria, V. M., Rho, H. S., Pinto, N. G., Bishop, P. L., & Buchanan, R. C. (1999). Immobilization of phenol in cement-based solidified/stabilized hazardous wastes using regenerated activated carbon: Role of carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 70(3), 139–156. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(99\)00127-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(99)00127-2)
- Arencibia, A., Pizarro, P., Sanz, R., & Serrano, D. P. (2019). Microporous and Mesoporous Materials CO₂ adsorption on amine-functionalized clays. *Microporous and Mesoporous Materials*, 282(March), 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2019.03.012>
- Asmadi., E. s., & Oktawan, W. (2009). Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)₂, NaOH dan NaHCO₃(Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang)”. *Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 5(1), 41–54.
- Beblo, J. E. (n.d.). An Analysis of Naturally Derived Marine Clay as a Ceramic Medium. *Explorations*, 7–14.
- Bella, S. (2020). *Pengaruh Suhu Pada Imobilisasi Ion Logam Cr (III) Menggunakan Campuran Kapur (CaO) Dan Tanah Liat (Clay)* (Issue Iii). Universitas Negeri Padang.
- Binder, P., Rao, A. J., Pagilla, K. R., Wagh, A. S., Rao, A. J., & Pagilla, K. R. (2011). *Stabilization and Solidification of Metal- Laden Wastes by Compaction and Magnesium Stabilization and Solidification of Metal-Laden Wastes by Compaction and Magnesium Phosphate-Based Binder*. 2247. <https://doi.org/10.1080/10473289.2000.10464193>