

**STABILISASI ION LOGAM Hg^{2+} DENGAN CaO SEBAGAI
ZAT PENGIKAT**

SKRIPSI

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



Oleh:

**NURHAYATI SINAGA
15036071/2015**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

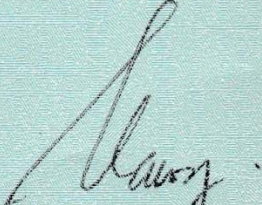
PERSETUJUAN SKRIPSI

STABILISASI ION LOGAM Hg^{2+} DENGAN CaO SEBAGAI ZAT PENGIKAT

Nama : Nurhayati Sinaga
NIM : 15036071
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2019

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 19611123198903100

Disetujui oleh:
Dosen pembimbing



Dr. rer.nat.Jon Efendi, M.Si
NIP. 196303101990011002

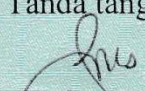
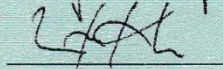
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Nurhayati Sinaga
NIM : 15036071
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

STABILISASI ION LOGAM Hg^{2+} DENGAN CaO SEBAGAI ZAT PENGIKAT

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

Padang, Agustus 2019

Tim Penguji	Nama	Tanda tangan
Ketua :	Dr.rer.nat.Jon Efendi, M.Si	
Anggota :	Edi Nasra, M.Si	
Anggota :	Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D	

ABSTRAK

Pertumbuhan dan perkembangan industri-industri di Indonesia berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan, tak terkecuali limbah logam berat. Limbah logam berat merupakan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang dapat mencemari lingkungan karena sifat dan konsentrasi zatnya beracun dan berbahaya. Logam berat yang paling banyak menjadi masalah lingkungan dan kesehatan makhluk hidup diantaranya adalah Merkuri (Hg).

Metode yang digunakan untuk mengikat dan menstabilkan Hg diantaranya adalah metode stabilisasi. Metode ini menggunakan *binder* yang mudah didapatkan dan tidak berbahaya. Beberapa *binder* anorganik yang telah digunakan adalah *fly ash*/CaO, semen, dan geopolimer. Metode stabilisasi pada penelitian ini menggunakan CaO sebagai *binder*. CaO dicampurkan dengan larutan HgCl₂ sehingga membentuk HgO.

Berdasarkan data FTIR pada panjang gelombang 625-627 cm⁻¹ mengidentifikasi adanya gugus -HgO yang dapat dianggap dari HgO. Sedangkan data spektroskopi UV-Vis menunjukkan bahwa kromofor yang mampu mengikat logam Hg memiliki panjang gelombang maksimum 335 nm. Konsentrasi Hg²⁺ meningkat sebanding dengan lama perendaman.

Kata kunci: Stabilisasi, Logam Hg, HgO, CaO

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Stabilisasi Ion Logam Hg^{2+} dengan CaO sebagai Zat Pengikat**”. Skripsi ini diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sain di Jurusan Kimia, 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. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
4. Serta pihak-pihak yang tidak disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dorongan hingga terwujudnya proposal penelitian ini.

Masukan dan saran tetap Penulis perlukan untuk perbaikan skripsi ini. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terimakasih.

Padang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Merkuri (Hg)	5
1. Karakteristik Merkuri (Hg).....	5
2. Merkuri (Hg) pada lingkungan	5
3. Dampak logam Merkuri (Hg) bagi kesehatan manusia.....	6
B. Metode Solidifikasi/Stabilisasi (s/s)	7
1. Proses yang Terjadi dalam Metode S/S	7
2. Agen Pengikat Teknik S/S	8
C. CaO (Kalsium Oksida)	9
D. Karakterisasi.....	10
1. Fourier Transform Infra Red (FTIR)	10
2. Spektrofotometri UV-VIS	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
A. Waktu dan Tempat Penelitian	16
B. Variabel Penelitian	16
C. Alat Dan Bahan	16
D. Prosedur Penelitian	17
1. Persiapan Alat dan Bahan	17
2. Pembuatan Larutan Induk HgCl ₂ 0.1 M	17
3. Stabilisasi ion Hg ²⁺ dengan CaO	17

4. Karakterisasi Stabilisasi Logam Hg dengan CaO.....	17
5. <i>Leaching Test</i>	18
6. Pembuatan Larutan Standar Hg ²⁺	18
7. Pengukuran Larutan Sampel.....	18
BAB IV PEMBAHASAN.....	19
BAB V PENUTUP.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik Kalsium Oksida (CaO)	10
Tabel 2. Interpretasi spektra FTIR Hg ²⁺ /CaO	20
Tabel 3. Abs kromofor Hg ²⁺ yang terbentuk	22
Tabel 4. Hasil uji sampel dengan Spektro UV-Vis	23

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema Instrumen FTIR	12
Gambar 2. Spektra IR CaO dari Batu Kapur	13
Gambar 3. Spektra IR HgO	14
Gambar 4. Skema Spektroskopi <i>UV-Visible Double Beam</i>	15
Gambar 5. Spektra UV-Vis HgO	15
Gambar 6. Spektra IR Sampel Hg ²⁺ /CaO	20
Gambar 7. Spektra IR HgCl ₂ murni, CaO murni, dan HgO	20
Gambar 8. Absorbansi campuran Hg ²⁺ /CaO	21
Gambar 9. Persen (%) <i>leaching</i> ion logam Hg ²⁺	24
Gambar 10. Kurva Kalibrasi Hg ²⁺	36
Gambar 11. Pasta CaO-Hg yang sudah kering	45
Gambar 12. CaO-Hg yang baru direndam dengan aquades	45
Gambar 13. Rendaman CaO-Hg hari kelima	45
Gambar 14. Rendaman CaO-Hg hari pertama	46
Gambar 15. Rendaman CaO-Hg hari ketiga	46
Gambar 16. Rendaman CaO-Hg hari kelima	46

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Stabilisasi Logam Hg dengan CaO Variasi Konsentrasi Larutan HgCl ₂	32
Lampiran 2. <i>Leaching Test</i>	32
Lampiran 3. Perhitungan Variasi Konsentrasi Larutan HgCl ₂	33
Lampiran 4. Perhitungan pembuatan larutan standar Hg ²⁺	34
Lampiran 5 Perhitungan konsentrasi (ppm) ion logam Hg ²⁺ yang terlepas setelah direndam selama 5 hari	35
Lampiran 6. Perhitungan konsentrasi (ppm) ion logam Hg ²⁺ yang terikat.....	39
Lampiran 7. Persen (%) <i>leaching</i> Hg setelah direndam selama 5 hari	42
Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan industri-industri di Indonesia berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan, tak terkecuali limbah logam berat. Limbah logam berat merupakan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang dapat mencemari lingkungan. Sifat logam berat yang sukar terurai, jika terakumulasi dalam jaringan tubuh makhluk hidup dapat menyebabkan keracunan secara akut bahkan dapat mengakibatkan kematian (Onundi, Mamun, Khatib, & Ahmed, 2010).

Pembuangan limbah terkontaminasi oleh logam berat ke dalam sumber air bersih (air tanah atau air permukaan) telah menjadi masalah utama pencemaran lingkungan karena sifat toksik logam berat tidak terdegradasi secara biologis (*non-biodegradable*) (Tumin & Chuah, 2008). Dewasa ini permasalahan logam berat merupakan masalah lingkungan yang paling serius sehingga perlu teknik remediasi yang tepat (Hastuti & Siswanta, 2015; Harbottle, Al-tabbaa, & Evans, 2007).

Teknik remediasi menggunakan teknologi sederhana, hemat biaya serta efektif sangat dibutuhkan (Fauziah, Izzati, & Agamuthu, 2013). Banyak teknik remediasi yang bisa di aplikasikan seperti solidifikasi/stabilisasi, elektrokinetika, pitoremediasi dan immobilisasi insitu. Diantara beberapa metode tersebut solidifikasi/stabilisasi (S/S) merupakan yang metode yang paling banyak digunakan untuk mengurangi kontaminasi logam berat pada tanah karena keunggulannya dalam peningkatan kekuatan tanah dan imobilisasi kontaminan

(Liu, Zha, Long, & Yang, 2018). Metoda S/S merupakan teknik yang menjanjikan dengan penambahan agent pengikat untuk enkapsulasi dalam mengurangi keberadaan limbah berbahaya, biaya relatif murah serta dapat digunakan secara luas (Galiano, Pereira, & Vale, 2011).

Logam berat yang paling banyak menjadi masalah lingkungan dan kesehatan makhluk hidup diantaranya adalah Merkuri (Hg). Logam merkuri merupakan unsur yang telah dikenal selama lebih dari 4000 tahun. Merkuri memiliki biloks 0, +1, dan +2. Dapat terbentuk karena alkilasi membentuk senyawa metil atau etil merkuri tergantung dengan Eh dan pH larutan. Hg^{2+} dan Hg_2^{2+} lebih stabil dibawah keadaan oksidasi tersebut (Hashim, *et al.*, 2011). Di alam uap merkuri tersirkulasi secara alami memiliki pengaruh signifikan terhadap tanah dan air. Merkuri pada air hujan membentuk oksidasi senyawa merkuri divalen. Reaksi ini dipengaruhi oleh faktor biologis khususnya aktifitas bakteri pada sedimentasi di badan air membentuk metil dan dimetil merkuri. Air minum boleh mengandung hingga 300 ng Hg/dm^3 . Pada kawasan industri dapat mencapai 700 ng Hg/dm^3 . Konsumsi harian merkuri dari makanan pada populasi secara umum $<20 \text{ } \mu\text{g/hari}$ (Pavan, *et al.*, 2006).

Merkuri terserap 80% melalui sistem pernafasan ke dalam tubuh, mencerna garam merkuri anorganik akan mengakibatkan tenggorokan panas, diare berdarah, muntah-muntah, kematian, infeksi mukosa usus, kerusakan ginjal, anuria dan ureni. Menghirup uap merkuri $>1 \text{ mg/dm}^3$ dapat merusak lapisan paru-paru pneumonia. Gejala klasik keracunan uap merkuri adalah gemeteran, gusi bengkak, penyakit mental (Pavan, *et al.*, 2006).

Solidifikasi/stabilisasi (S/S) merupakan metode yang sering digunakan untuk menurunkan *leaching* limbah industri ke lingkungan (Roy & Stegemann, 2017). Solidifikasi/stabilisasi sering digunakan karena sifatnya yang mampu mengikat logam berat ke dalam suatu *binder* seperti semen (Rachman, 2018), *fly ash* (Tang, Liu, Gu, & Zhou, 2016), dan *bottom ash* (Boca Santa, Soares, & Riella, 2016).

Berbagai jenis *binder* telah dikembangkan, namun jenis *binder* berbasis semen yang paling banyak digunakan. Karena biaya relatif rendah, ketersediaan dan fleksibilitas besar (Gollmann *et al.*, 2010). Namun penggunaan semen terus menerus bisa menyebabkan polusi udara, karena untuk memproduksi 1 ton semen Portland menghasilkan residu 1 ton gas karbondioksia (CO₂) pula (Palomo, *et al.*, 2014). Selain semen, *binder* yang banyak digunakan yaitu kapur yang merupakan aditif dalam proses S/S. Kapur yang banyak digunakan adalah Ca(OH)₂ (Hussain *et al.*, 2017) dan CaO (Rokhman, 2015). Penelitian ini menggunakan metoda stabilisasi dengan *binder* yang digunakan adalah kapur murni (CaO). Diharapkan penulis dapat mengetahui karakteristik senyawa kompleks yang terbentuk dan kestabilan ion logam Hg²⁺ dalam campuran CaO-Hg sehingga CaO dapat menjadi *binder* alternatif dalam metode stabilisasi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi beberapa hal untuk mengatasi masalah terkait hal berikut.

1. Industrialisasi meningkatkan keberadaan kontaminan logam berat.
2. Metode remediasi logam berat pada limbah industri.
3. Zat pengikat logam berat untuk mengurangi keberadaan kontaminan logam berat dalam limbah.

4. Karakterisasi metode remediasi solidifikasi/stabilisasi logam berat pada limbah industri.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Logam berat limbah industri yang dipelajari adalah Hg (Merkuri).
2. Metode remediasi limbah yang digunakan adalah teknik solidifikasi/stabilisasi (S/S).
3. Zat pengikat logam berat untuk mengurangi keberadaan kontaminan logam berat dalam limbah adalah kapur (CaO).
4. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan instrumen FTIR, spektroskopi UV-Vis dan UV-DR.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana interaksi ion logam Hg^{2+} dengan kapur (CaO)?
2. Bagaimana kestabilan campuran logam Hg dengan kapur (CaO)?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mampu menjelaskan interaksi ion logam Hg^{2+} dengan kapur (CaO).
2. Mampu menjelaskan kestabilan campuran logam Hg dengan kapur (CaO).

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah menemukan metode imobilisasi dan *binder* yang cocok digunakan untuk penanganan limbah logam berat Hg.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Merkuri (Hg)

1. Karakteristik Merkuri (Hg)

Merkuri adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Hg (bahasa Latin: *hidronium*). Nama lain dari merkuri adalah air raksa. Merkuri merupakan unsur dengan nomor atom 80, terletak pada golongan IIB pada tabel periodik unsur, periode keenam dengan konfigurasi elektron $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2$. Logam ini memiliki permukaan seperti kaca saat dalam fasa cair dan memiliki massa atom 200,6; Densitas 13,55; mencair pada suhu $38,8^{\circ}\text{C}$ dan mendidih pada suhu $356,7^{\circ}\text{C}$. Logam merkuri merupakan unsur yang ditemukan sekitar 4000 tahun yang lalu. Merkuri merupakan unsur alami yang dilepaskan ke atmosfer sebanyak 30.000 sampai 150.000 ton melalui pelepasan gas ke atmosfer dari kerak bumi dan samudera. Logam yang dilepaskan ke atmosfer dari aktivitas manusia adalah sekitar 2000 sampai 3000 melalui bahan bakar rumah tangga, limbah industri dan terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara (Rhimjim, 2013).

2. Merkuri (Hg) pada lingkungan

Logam merkuri memiliki biloks 0, +1, dan +2. Dapat terbentuk karena alkilasi membentuk senyawa metil atau etil merkuri tergantung dengan Eh dan pH larutan. Hg^{2+} dan Hg_2^{2+} lebih stabil dibawah keadaan oksidasi tersebut (Hashim, *et al.*, 2011). Di alam uap merkuri tersirkulasi secara alami memiliki pengaruh signifikan terhadap tanah dan air. Merkuri pada air hujan membentuk oksidasi

senyawa merkuri divalen. Reaksi ini dipengaruhi oleh faktor biologis khususnya aktifitas bakteri pada sedimentasi di badan air membentuk metil dan dimetil merkuri. Merkuri merupakan komponen pengolahan air limbah yang mungkin digunakan untuk fertilisasi tanah menjadi ancaman besar pada logam esensial. Air minum boleh mengandung hingga 300 ng Hg/dm^3 . Pada kawasan industri dapat mencapai 700 ng Hg/dm^3 . Konsumsi harian merkuri dari makanan pada populasi secara umum $<20 \text{ } \mu\text{g/hari}$ (Pavan, *et al.*, 2006).

Menurut USEPA kadar maksimum merkuri pada air tanah adalah 0.0002 ppm sedangkan pada air minum 0.002 ppm (Hashim, *et al.*, 2011). Menurut WHO batas merkuri pada air minum adalah 0.001 ppm. Merkuri dapat diperoleh dari alat-alat elektronik, industri finishing logam, air tanah terlarut (Barakat, *et al.*, 2014). Menurut Enviromental Protection Management (EPA) mengklasifikasikan merkuri kedalam logam bersifat karsinogenik. Merkuri dapat berasal dari ikan di laut karena metil merkuri berikatan dengan protein pada jaringan ikan laut. Alat-alat seperti termometer, termostat dan amalgama. Pada industri kertas, pertambangan, kloralalkali serta produk krim pencerah, salep, antiseptik, antibakteri dan makanan dan minuman seperti sirup fruktosa jagung, quaker dan smuker (Ravichandran, 2011).

3. Dampak Logam Merkuri (Hg) bagi Kesehatan Manusia

Merkuri anorganik dapat masuk ke dalam tubuh melalui pori-pori kulit. Merkuri terserap 80% melalui sistem pernafasan ke dalam tubuh. Mencerna merkuri anorganik akan mengakibatkan tenggorokan panas, diare berdarah,

muntah-muntah, kematian, infeksi mukosa usus, kerusakan ginjal, anuria dan ureni. Menghirup uap merkuri $>1 \text{ mg/dm}^3$ dapat merusak lapisan paru-paru (pneumonia). Ion Hg^{2+} di dalam tubuh dapat terikat kuat pada gugus sulfidril pada protein, albumin, enzim dan hemoglobin. Jika ion Hg^{2+} terakumulasi di dalam tubuh dapat mengakibatkan timbulnya penyakit proteinuria (Pavan, *et al.*, 2006).

B. Metode Solidifikasi/Stabilisasi (S/S)

U.S EPA telah mengidentifikasi bahwa teknik 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 teknik S/S untuk remediasi adalah biaya relatif murah, stabilitas dalam jangka panjang, berdampak baik, ketersediaan bahan baku yang banyak, bahan dan teknologi telah dikenal, bahan baku tidak bersifat toksik, mudah digunakan, efektifitas tinggi, resistensi tinggi terhadap biodegradasi, dapat digunakan pada berbagai kontaminan, dapat diaplikasi pada berbagai jenis tanah (Wadanambi *et al.*, 2008).

1. Proses yang Terjadi dalam Metode S/S

Secara umum proses S/S terbagi atas dua bagian penting, proses kimia, dan fisika. Proses kimia membutuhkan reaksi kimia untuk memungkinkan proses berlangsung. Dalam proses ini reaksi kimia dapat terdiri atas reaksi sederhana seperti reaksi netralisasi, atau reaksi lebih rumit seperti kompleksasi (Singh and Pant, 2006). Sedangkan pada proses fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Prosesnya yaitu menyerap unsur-unsur pada permukaan atau pori-pori dan

mengikatnya dalam bentuk matrik yang melapisi partikel penyusun dan menyebarkannya sehingga terjadi pemisahan secara fisika kontaminan dari tanah (Yukselen and Alpaslan, 2001).

Metode S/S biasanya diaplikasikan dengan mencampur 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 dapat berubah namun partikel makroskopiknya terbungkus dalam lapisan yang relatif tahan atau pada fiksasi kimia tertentu. Kontaminan diubah menjadi senyawa padat yang tahan pelarutan. Selain itu *enkapsulasi* makro melibatkan mekanisme fiksasi kimia untuk memperbaiki resistivitas kelarutan limbah.

2. Agen Pengikat Teknik S/S

Dalam teknik S/S zat pengikat sering digunakan untuk menstabilkan kontaminan dalam limbah atau daerah yang terkontaminasi dan untuk menghilangkan zat bebas lainnya (Paria and Yuet, 2006). Berbagai jenis *binder* telah dikembangkan, namun jenis *binder* berbasis semen yang paling banyak digunakan. Karena biaya relatif rendah, ketersediaan dan fleksibilitas besar (Gollmann *et al.*, 2010).

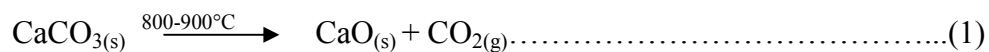
Metode S/S dapat menggunakan berbagai zat pengikat, baik zat pengikat anorganik seperti semen, fly ash, lumpur atau zat pengikat organik (aspal, abu sekam padi, limbah pertanian lainnya). Penggunaan bahan pengikat pada teknik S/S memiliki keunggulan karena kemampuannya memberikan soliditas fisik dan

stabilitas kimia yang tinggi. Agen pengikat sesuai dipilih untuk kontaminan spesifik dan berdasarkan kondisi area pengolahan. Pada pH tinggi agen pengikat yang umum digunakan adalah semen portland karena terjadi pengendapan berbagai spesi kontaminan dan mengurangi mobilitas (stabil). Agen pengikat harus mampu mengatur kontaminan sehingga dapat di *enkapsulasi* menjadi padatan melalui proses imobilisasi fisika. Agen pengikat yang umum digunakan adalah CaO, semen portland, material termoplastik, aspal, dan semen polimer sulfur. Akhir-akhir ini perkembangan ilmu pengetahuan meningkatkan modifikasi agen pengikat dengan menggunakan abu sekam padi, fly ash, silika, dan abu pembakaran (Report & Sr, n.d., 2004)

C. CaO (Kalsium Oksida)

Kapur adalah batuan sedimen yang biasanya berasal dari akumulasi progresif dan sementasi butiran karbonat anorganik dan organik, seperti ooids, peloids, crinoids (lili laut), kerang, ganggang, dan berbagai mikro-organisme di laut (Alaabed *et al.*, 2014). Kapur biasa digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan semen (Temga, *et al.*, 2017). Selain itu kapur telah lama digunakan sebagai zat pengikat dalam proses S/S. Hal ini dikarenakan sifatnya yang menghasilkan panas selama hidrasi berpotensi dapat mempercepat laju reaksi, sehingga kapur dapat digunakan dalam proses S/S (Mohammadinia, *et al.*, 2017).

Kapur tohor atau *quick lime* (CaO) yaitu hasil langsung dari pembakaran CaCO_3 pada suhu 800-1000°C (Manocha, *et al.*, 2018), reaksinya sebagai berikut:



Dengan adanya reaksi seperti diatas CaO dapat dihasilkan. Karakteristik CaO dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Kalsium Oksida (CaO)

Nama IUPAC	Kalsium Oksida
Rumus molekul	CaO
Berat molekul	56
Densitas (g/cm ³)	3,35
Titik didih (°C)	2850
Titik lebur (°C)	2572
Warna	Putih
Struktur Kristal	Kubik

(Munawaroh, *et all.*, 2018).

CaO memiliki sifat ramah lingkungan serta ketersediaannya di alam sangat banyak (Kierzkowska, 2013). Jenis kapur ini merupakan pengikat yang paling baik digunakan dalam proses stabilisasi (Rokhman, 2015). Dalam proses stabilisasi/solidifikasi sederhana, penambahan CaO dapat mengakibatkan imobilisasi efektif Hg, terutama Hg (II), karena kondisi basa tinggi yang terbentuk dapat mengendapkan ion logam (U.S EPA, 1998).

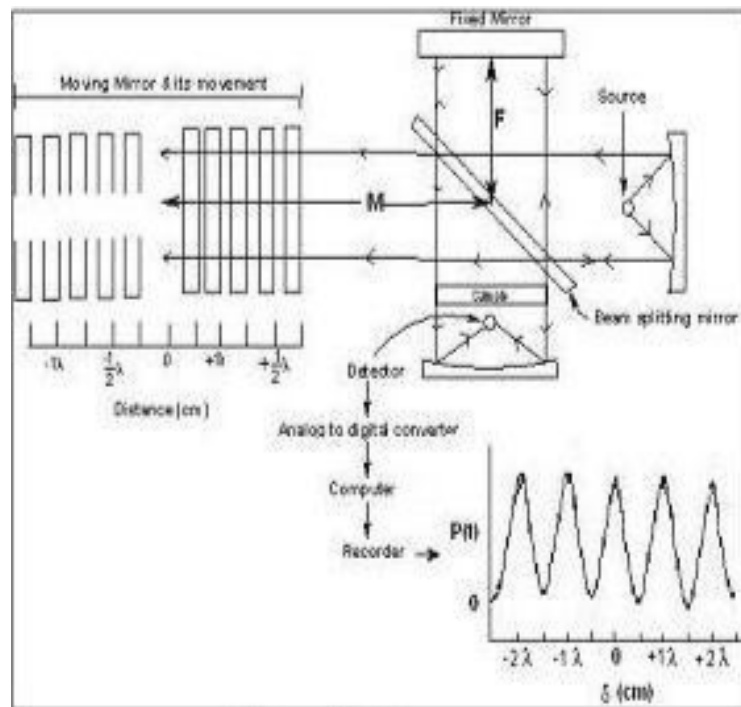
D. Karakterisasi

1. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Metode spektroskopi yang sangat populer diantaranya adalah metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*), yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk analisis hasil

spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwall, 1985). Apabila suatu radiasi gelombang elektromagnetik mengenai suatu materi, maka akan terjadi suatu interaksi, diantaranya berupa penyerapan energi (absorpsi) oleh atom-atom atau molekul-molekul dari materi tersebut. Absorpsi sinar ultraviolet dan cahaya tampak akan mengakibatkan tereksitasinya elektron. Sedangkan absorpsi radiasi inframerah, energinya tidak cukup untuk mengeksitasi elektron, namun menyebabkan peningkatan amplitudo getaran (vibrasi) atom-atom pada suatu molekul. Hal yang sangat unik pada penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik adalah bahwa suatu senyawa menyerap radiasi dengan panjang gelombang tertentu bergantung pada struktur senyawa tersebut. Absorpsi khas inilah yang mendorong pengembangan metode spektroskopi, baik spektroskopi atomik maupun molekuler yang telah memberikan sumbangan besar bagi dunia ilmu pengetahuan terutama dalam usaha pemahaman mengenai susunan materi dan unsur-unsur penyusunnya (Fessenden, 1997).

Adapun skema instrumen FTIR dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Skema Instrumen FTIR (Sumber: Baravkar, 2011).

Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer infra merah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram. Interferometer juga memberikan informasi yang berdasarkan pada intensitas spektrum dari setiap frekuensi. Informasi yang keluar dari detektor diubah secara digital dalam komputer dan ditransformasikan sebagai domain, tiap-tiap satuan frekuensi dipilih dari interferometer yang lengkap (fourier transform). Kemudian sinyal itu diubah menjadi spektrum IR sederhana. Spektroskopi FTIR digunakan untuk:

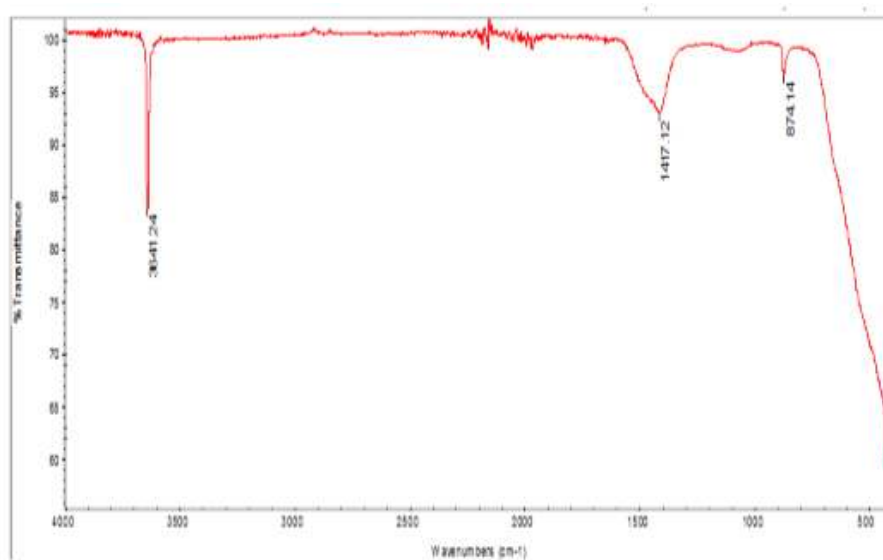
1. Mendeteksi sinyal lemah

2. Menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah

3. Analisis getaran (Silverstain and Bassler, 1967).

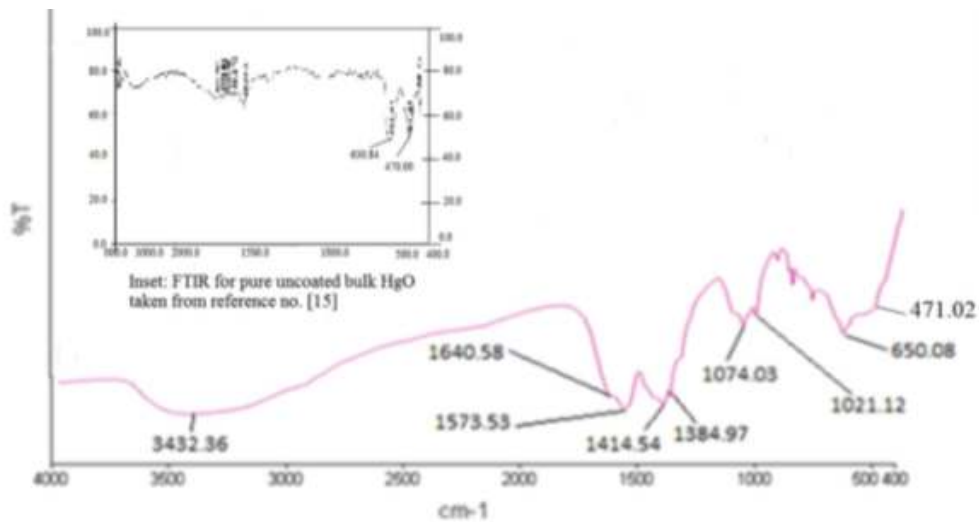
Karakterisasi FTIR pada penelitian ini dilakukan pada rentang bilangan gelombang 300-4000 cm^{-1} untuk melihat gugus fungsi HgO yang terkandung dari sampel dan gugus fungsi CaO sebagai pembanding. Bilangan gelombang 3641.24, 1417.12, 874.14 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan gugus CaO . 1417.12 dan 874.14 cm^{-1} mendeskripsikan ikatan C-O, sedangkan 3641.24 cm^{-1} mendeskripsikan ikatan O-H (Munawaroh, 2018). Bilangan gelombang 712 cm^{-1} juga mengindikasikan keberadaan CaO dengan membentuk ikatan Ca-O (Roy and Bhattacharya, 2011).

Berikut spektrum FTIR CaO dari batu kapur.



Gambar 2. Spektra IR CaO dari Batu Kapur (Munawaroh, 2018).

Bilangan gelombang 650 dan 494 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan HgO (Das, *et al.*, 2015). Berikut spektrum FTIR dari Hg-O .

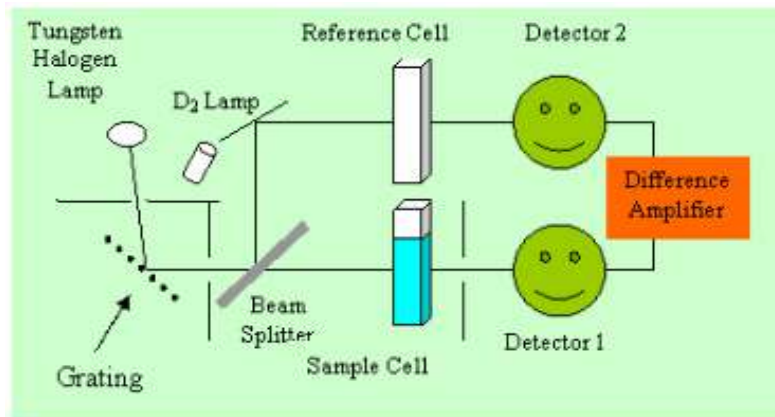


Gambar 3. Spektra IR HgO (Das, *et al.*, 2015).

2. Spektrofotometri UV-VIS

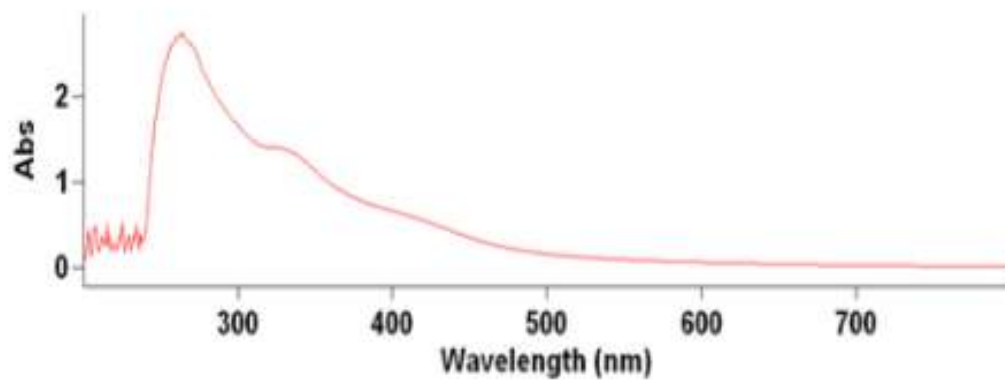
Pada umumnya spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan jenis ikatan rangkap terkonjugasi, menentukan jenis kromofor dan ausokrom dari suatu senyawa organik. Spektrofotometer ini dapat memberikan informasi dari struktur berdasarkan panjang gelombang maksimum suatu senyawa dan mampu menganalisis senyawa organik secara kuantitatif menggunakan prinsip hukum Lambert-Beer. Penerapan spektrofotometri UV-Vis pada senyawa organik didasarkan pada $n-\pi^*$ ataupun $\pi-\pi^*$ dikarenakan pada spektrofotometri UV-Vis memerlukan adanya gugus kromofor dalam molekul dari senyawa tersebut. Transisi ini terjadi dalam daerah spektrum (sekitar 200 ke 700 nm) yang sering digunakan dalam eksperimen. Spektrofotometer UV-Vis yang komersial biasanya beroperasi pada panjang gelombang sekitar 175 atau 200 sampai 1000 nm (Day, 2002).

Adapun skema instrument dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Skema Spektroskopi UV-Visble Double Beam (Shah, 2015).

HgO memiliki daerah spektrum UV-Vis pada panjang gelombang 200-250 nm. Berdasarkan gambar grafik berikut dapat dilihat bahwa HgO terlihat pada panjang gelombang 243 nm.



Gambar 5. Spektra UV-Vis HgO (Das, *et al.*, 2014)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Kapur (CaO) yang direaksikan dengan air membentuk Ca(OH)_2 dapat bereaksi dengan ion logam Hg^{2+} membentuk endapan HgO
2. Campuran CaO-Hg berdasarkan hasil pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis tidak stabil ditandai dengan konsentrasi Hg^{2+} yang *terleaching* semakin meningkat sebanding dengan lama perendaman

B. Saran

Disarankan untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian lebih lanjut tentang *binder* tambahan yang dikombinasikan dengan kapur sehingga dapat digunakan sebagai *binder* dalam proses stabilisasi ion logam Hg^{2+} untuk penanganan limbah logam berat Hg.

DAFTAR PUSTAKA

- Agamuthu, P., Y.S. Tan, and S.H. Fauziah. (2013). Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil Using Selected Organic Wastes. *Procedia Environmental Sciences*, 18: 694–702.
- Alaabed, S., & Soltan, A. M. (2014). *United Arab Emirates Limestones : Impact of Petrography on Thermal Behavior*.
- Antemir, Aurora, Colin D. Hills, Paula J. Carey, Kevin H. Gardner, Edward R. Bates, and Alison K. Crumbie. (2010). Long-Term Performance of Aged Waste Forms Treated by Stabilization/solidification. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3): 65-73.
- Arafat, Hassan A., Vikram M. Hebatpuria, Hong Sang Rho, Neville G. Pinto, Paul L. Bishop, and Relva C. Buchanan. (1999). Immobilization of Phenol in Cement-Based Solidified/stabilized Hazardous Wastes Using Regenerated Activated Carbon: Role of Carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 70(3): 139-56.
- Barakat, M. A., & Kumar, R. (2014). Modified and New Adsorbents for Removal Heavy Metals from Wastewater. *Journal of Heavy Metals In Water*, 193-212.
- Baravkar, A. A., & R. N. Kale. (2011). *FT-IR Spectroscopy: Principle, Technique and Mathematics*. International Journal of Pharma and Bio Sciences, 2: 513-519.
- Boca Santa, R. A. A., Soares, C., & Riella, H. G. (2016). Geopolymers With a High Percentage of Bottom Ash for Solidification/Immobilization of Different Toxic Metals. *Journal of Hazardous Materials*, 318: 145-153.
- Chatwall, G. (1985). *Spectroscopy Atomic and Molecule*. Bombay: Himalaya Publishing House.
- Das, Amlan K., Avinash M., Divya Sain. (2014). One-Step Green Synthesis and Characterization of Flower Extract-Mediated Mercuric Oxide (HgO) Nanoparticles from Callistemon Viminalis. *Journal of Pharmaceutics and Nanotechnonology*, 2(2): 25-28.
- Das, Amlan K., Avinash M., Divya S. and Vikram Pareek. (2015). One-Step Green Synthesis and Characterization of Plant Proteincoated Mercuric Oxide (HgO) Nanoparticles: Antimicrobial Studies. *Journal of Int. Nano Lett*, 5: 125-132.
- Day, Underwood. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi ke Enam*. Jakarta: Erlangga.