

**BIOSOLIDIFIKASI/STABILISASI ION LOGAM Hg²⁺ DENGAN
EKSTRAK DAUN JERUK PURUT (*Citrus hystrix*)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
(S1) pada Jurusan Kimia*



SELVIA PRAMISTIANA

14036041/2014

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2018

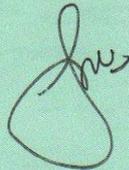
PERSETUJUAN SKRIPSI

Biosolidifikasi/Stabilisasi Ion Logam Hg^{2+} Dengan Ekstrak Daun Jeruk
Purut

Nama : Selvia Pramistiana
Nim : 14036041
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

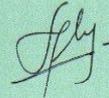
Padang, Juli 2018

Pembimbing I



Dr. rer.nat Jon Efendi, M.Si
NIP.19630310 199001 1 002

Pembimbing II



Dra. Sri Benti Etika, M.Si
NIP. 19620913 198803 2 002

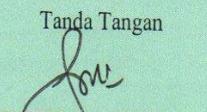
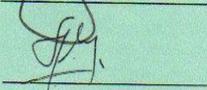
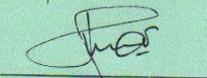
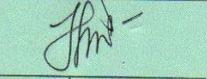
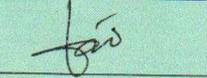
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

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

Judul : Biosolidifikasi/stabilisasi ion logam Hg^{2+} dengan ekstrak daun jeruk purut
Nama : Selvia Pramistiana
NIM : 14036041
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Dr. rer.nat. Jon Efendi, M.Si	
2. Sekretaris : Dra. Sri Benti Etika, M.Si	
3. Anggota : Drs. Iswendi, MS	
4. Anggota : Hary Sanjaya, M.Si	
5. Anggota : Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Selvia Pramistiana
TM/NIM : 14036041/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/ 15 September 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Jl. Dr. Sutomo no 24 A
No.HP/Telepon : 081374792630
Judul Skripsi : Biosolidifikasi/stabilisasi ion logam Hg^{2+} dengan ekstrak daun jeruk purut

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (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 daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh 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, Juli 2018

Yang membuat pernyataan,



Selvia Pramistiana

NIM : 14036041

ABSTRAK

Selvia Pramistiana.2018. "Biosolidifikasi/Stabilisasi Ion Logam Hg²⁺ Dengan Ekstrak Daun Jeruk Purut (*Citrus Hystrix*)". *Skripsi*. Padang: Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Penelitian ini membahas tentang penggunaan ekstrak daun jeruk purut untuk *Biosolidifikasi/stabilisasi (S/S)* ion logam Hg²⁺ sebagai upaya untuk mengurangi kontaminasi limbah berbahaya pada lingkungan. Penelitian ini dilakukan dengan metode *S/S* yaitu proses pemadatan suatu bahan berbahaya (logam berat) dengan penambahan senyawa pengikat (binder) dan membentuk ikatan secara kimia sehingga ion logam yang terikat stabil dan tidak mudah *leaching*.

Daun jeruk di ekstrak dengan cara merendam daun dengan pelarut aquades selama 30 hari agar komponen kimia dapat larut dalam pelarut yang digunakan. Ekstrak kemudian di uji coba menggunakan larutan Hg(NO₃)₂ dan dikarakterisasi menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan UV-Vis .

Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, -CN, dan -CO yang dapat memfiksasi logam Hg. Karakterisasi menggunakan UV-Vis menunjukkan bahwa kromofor yang mampu mengikat logam Hg memiliki panjang gelombang maksimum 325 nm. Pengaruh penambahan volume larutan Hg(NO₃)₂ terhadap endapan dan absorbansi filtrat menunjukkan bahwa jumlah endapan meningkat dengan bertambahnya volume larutan Hg(NO₃)₂ dan absorbansi filtrat menurun dengan bertambahnya volume larutan Hg(NO₃)₂. Kapasitas fiksasi ion logam Hg²⁺ juga di tentukan untuk mengetahui kemampuan ekstrak dalam mengikat ion logam Hg dengan kapasitas fiksasi maksimal ion Hg adalah 1,0365 / 1 gram ekstrak.

Kata Kunci : *Daun jeruk purut, Ekstrak daun jeruk, Biosolidifikasi/stabilisasi, logam Hg*

Kata Pengantar

Puja dan puji hanya teruntuk bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Biosolidifikasi/Stabilisasi Ion Logam Hg²⁺ Dengan Ekstrak Daun Jeruk Purut (*Citrus Hystrix*)**“. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Pada Penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. rer. nat. Jon Efendi, M.Si selaku dosen pembimbing I
2. Ibu Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku dosen pembimbing II
3. Bapak Drs. Iswendi, M.S dan Bapak Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D selaku dosen penguji
4. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku dosen penguji dan Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
7. Keluarga tercinta yang selalu mendoakan di setiap langkah penulis

8. Teman-teman kimia 2014 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam penulisan laporan ini

Semoga bimbingan dan bantuan yang Bapak dan Ibu berikan dapat menjadi amal kebaikan dan memperoleh balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk kesempurnaan proposal ini dan penelitian yang akan penulis lakukan, maka penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terimakasih.

Padang, Juli 2018

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Biosolidifikasi/Stabilisasi (S/S)	7
2.2.1. Proses yang terjadi dalam metode S/S	9
2.2.2. Agen pengikat teknik S/S	10
2.2. Logam Merkuri (Hg)	11
2.3. Jeruk Purut.....	16
2.3.1. Komposisi Daun Jeruk Purut.....	17
2.3.2. Kelebihan Daun Jeruk Purut	20
2.3.3. Ekstraksi Daun Jeruk Purut	20
2.4. Karakterisasi.....	20
2.4.1. Fourier Transform Infra Red (FTIR).....	20
2.4.2. Spektrofotometri UV-VIS	23
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1. Lokasi Penelitian	26
3.1.1. Tempat Penelitian.....	26
3.1.2. Waktu Penelitian	26
3.2. Objek Penelitian	26
3.3. Variabel penelitian	26
3.3.1. Variabel terikat	26
3.3.3. Variabel bebas	27
3.4. Alat Dan Bahan	27
2.5. Prosedur Penelitian.....	27
3.5.1. Persiapan Alat dan Bahan	27
3.5.2. Pengeringan daun jeruk purut	27
3.1.3. Karakterisasi ekstrak daun jeruk purut.....	27
2.6. Instrumen Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Pengaruh waktu ekstraksi daun jeruk purut	30
4.2. Pengaruh penambahan volume Hg(NO ₃) ₂	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran.....	36

DAFTAR PUSTAKA	37
Lampiran	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Logam merkuri merusak struktur dari sistein	16
2. Tanaman jeruk purut (<i>Citrus hystrix</i>)	17
3. Senyawa kimia dalam minyak atsiri daun jeruk purut	18
4. Struktur senyawa fenolik, kumarin dan alkaloid dari daun	19
5. Skema instrumen FTIR	22
6. Skema spektroskopi UV-Visible double beam	25
7. Spektra FTIR daun jeruk purut setelah direndam selama (a) 1 hari, (b) 3 hari,	31
8. Spektra FTIR (a) daun jeruk purut, (b) ekstrak kering daun jeruk purut,	32
9. Hubungan absorbansi dan massa endapan	33
10. Grafik kapasitas fiksasi ekstrak terhadap ion logam Hg.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pengeringan daun jeruk purut	41
2. Pengaruh waktu ekstraksi.....	42
3. Ekstraksi daun jeruk.....	43
4. Pengaruh volume penambahan $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	44
5. Data hasil uji kadar air	46
6. Penentuan kapasitas fiksasi ekstrak daun jeruk purut	47
7. Perhitungan	48
8. Gambar Hasil Penelitian	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industrialisasi menyebabkan pencemaran limbah berbahaya secara berlebihan ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan diantaranya mengandung logam berat seperti Timbal (Pb), Seng (Zn), Kadmium (Cd), Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu). Logam berat dinyatakan sebagai polutan yang sangat beracun dan berbahaya karena sifatnya yang sukar terurai. Sifat inilah yang menyebabkan logam berat dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh makhluk hidup sehingga dapat menyebabkan keracunan secara akut dan kronis bahkan dapat menyebabkan kematian (Azouaou, 2013).

Limbah yang mengandung logam berat dihasilkan dari berbagai proses, seperti limbah industri tanpa pengolahan, limbah dari industri kimia dan pestisida. Saat air hujan jatuh ke tempat pembuangan yang mengandung limbah logam berat, garam-garam / senyawa anorganik yang larut dalam air akan masuk ke dalam tanah. Hal ini menyebabkan air tanah memiliki kemungkinan untuk terkontaminasi logam berat yang dapat menunjukkan efek berbahaya pada kehidupan manusia serta lingkungan (Chauhan, 2015).

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. (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/dm³. Pada kawasan industri dapat mencapai 700 ng Hg/dm³. Konsumsi harian merkuri dari makanan pada populasi secara umum <20 µg/hari (Pavan, et al., 2006).

Merkuri terserap 80% melalui sistem pernafasan ke dalam tubuh, (Pavan, et al., 2006) uap metil merkuri yang di serap melalui pernapasan akan masuk ke aliran darah, metil merkuri melekat pada gugus sulfhidril, terutama pada sistein. Metil merkuri dapat diendapkan ke seluruh tubuh melalui aliran darah sekitar empat hari setelah terpapar (Bernhorf, 2012)

Pada saat ini teknik remediasi menggunakan teknologi sederhana, hemat biaya serta efektif sangat dibutuhkan. Telah banyak teknik remediasi yang aplikasikan seperti solidifikasi/stabilisasi, elektrokinetika, fitoremediasi, dan immobilisasi insitu. Diantara beberapa metode tersebut, metode Solidifikasi/Stabilisasi (S/S) telah dikembangkan dan digunakan secara efektif di beberapa negara maju beberapa dekade terakhir untuk mengurangi kontaminan logam berat pada tanah (Yin, 2006). Hal ini disebabkan karena solidifikasi/stabilisasi merupakan teknik yang menjanjikan, dengan penambahan agent pengikat yang dapat mengikat logam berat sehingga mengurangi pergerakan atau penyebaran logam berat ke lingkungan dengan biaya relatif murah dapat digunakan secara luas dsb (Luna Galiano, 2011). Prinsip dasar pengolahan limbah yaitu menghilangkan atau mengurangi kontaminan pada tingkat yang diperbolehkan sehingga tidak berdampak pada manusia dan lingkungan (Trop, 1998).

Metode S/S merupakan teknik pengolahan limbah lumpur industri sebelum dibuang ke TPA yang tepat. Istilah “solidifikasi” mengacu kepada peningkatan integritas sifat fisika limbah agar dapat ditangani, sedangkan “stabilisasi” adalah

mengurangi keberadaan kontaminan dengan berbagai mekanisme seperti pengendapan, adsorpsi kimia, *enkapsulasi*, dan pertukaran ion (Kumpiene, Lagerkvist, & Maurice, 2007). Teknik S/S pertama kali digunakan untuk pengolahan limbah radioaktif pada tahun 1960 dan dianggap sebagai teknik terbaik oleh US Environmental Protection Agency (US EPA) untuk limbah toksik dan tanah (Voglar, 2010).

Teknik S/S dengan cara mencampurkan limbah lumpur atau tanah yang terkontaminasi dengan bahan pengikat (*binder*) atau bahan aditif lain, bertujuan untuk menurunkan keberadaan kontaminan beracun dengan mengikatnya dalam sebuah matriks padat (stabilisasi) (Antemir, 2010). Berbagai jenis *binder* telah dikembangkan, namun jenis *binder* berbasis semen yang paling banyak digunakan. Karena biaya relatif rendah, ketersediaan dan fleksibilitas besar (Gollmann, 2010). Seperti Voglar dan Lestan (2010) mengaplikasikan semen portland (OPC) untuk menurunkan konsentrasi Cd, Pb, Zn dan Ni dengan teknik S/S pada tanah.

Akan tetapi dalam beberapa tahun terakhir, akibat konsumsi tinggi penggunaan semen untuk pembangunan dan meningkatnya polusi udara dari gas rumah kaca, industri semen dianggap menjadi kontributor utama emisi CO₂ sekitar 5% secara global. Oleh karena itu, penelitian berkembang untuk mencari binder alternatif seperti kapur, fly ash, pozzolan alami, dan limbah pertanian seperti abu sekam padi (Taylor, Oh, Bade, Li, & Shin, 2013). Namun, penggunaan fly ash, kapur dan pozzolan masih membutuhkan zat aditif lain untuk meningkatkan sifat fisika dan kimia dari padatan yang dihasilkan. Penelitian terkini berdasarkan konsep green chemistry mengembangkan limbah pertanian sebagai binder alternatif pengganti semen dan kapur karena biaya lebih murah,

ramah lingkungan, serta melimpah (Madurwar, 2013). Kemudian dapat dienkapsulasi dengan semen membentuk matriks, telah diketahui bahwa serat nabati sukses digunakan dengan bahan pengikat anorganik seperti semen portland (Agamuthu, 2013).

Citrus hystrix atau yang biasa dikenal sebagai Jeruk purut merupakan keluarga *Rutaceae* genus *Citrus* yang dapat ditemukan di mana-mana di Asia Tenggara (Shaha, 2013). Komponen utama daun jeruk purut diidentifikasi sebagai sitronellal, nerol dan limonene dan asam sitrat, dimana senyawa ini memiliki gugus -OH dan -COOH yang mampu mengikat logam sehingga akan membentuk garam. Ekstrak daun jeruk purut digunakan sebagai *binder* alternatif untuk mengikat logam berat, didasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada senyawa dalam ekstrak daun jeruk purut. Interaksi ini biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsional seperti -OH, -NH, -SH, -COOH (Stumm W & Morgan, 1981). Untuk mengetahui solidifikasi/stabilisasi dapat mengurangi kontaminan ion Hg^{2+} pada limbah dan tanah maka peneliti melakukan pengujian ekstrak dengan larutan $Hg(NO_3)_2$, kemudian melakukan karakterisasi terhadap daun jeruk purut, ekstrak daun jeruk purut, dan ekstrak yang telah di tambah larutan $Hg(NO_3)_2$ (filtrat dan endapan). Melalui penelitian ini diharapkan agar ekstrak daun jeruk purut dapat digunakan untuk mengurangi kontaminasi logam berat pada lingkungan serta dapat diketahui kapasitas fiksasi maksimum ion logam Hg^{2+} oleh ekstrak daun jeruk purut.

1.2. Identifikasi Masalah

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

1. Metode remediasi yang digunakan untuk mengurangi kontaminasi logam berat pada lingkungan
2. Instrumen yang digunakan untuk karakterisasi daun jeruk purut
3. Metode yang digunakan untuk ekstraksi daun jeruk purut
4. Sumber ion logam berat yang akan di solidifikasi/stabilisasi

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Metode ekstraksi daun jeruk purut yang digunakan adalah maserasi
2. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan instrumen FTIR dan UV-Vis
3. Larutan $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ sebagai sumber ion logam Hg^{2+}

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapan diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakterisasi daun jeruk purut?
2. Bagaimana pengaruh penambahan volume ion Hg^{2+} terhadap massa endapan dan absorbansi filtrat?
3. Bagaimana kapasitas fiksasi ion logam Hg^{2+} oleh ekstrak daun jeruk purut?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mampu menjelaskan karakterisasi daun jeruk purut
2. Mengetahui pengaruh dari penambahan volume ion Hg^{2+} terhadap massa endapan dan absorbansi filtrat

3. Mengetahui kapasitas fiksasi ion logam Hg^{2+} oleh ekstrak daun jeruk purut

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan tentang stabilisasi Hg dengan ekstrak daun jeruk purut
2. Memberikan alternatif penanganan limbah dengan metode biosolidifikasi/stabilisasi.
3. Dapat memberikan informasi ilmiah mengenai karakterisasi ekstrak daun jeruk purut (*Citrus hystrix*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biosolidifikasi/Stabilisasi (S/S)

Salah satu metode dalam pengolahan limbah berbahaya adalah solidifikasi / stabilisasi (S/S) yang telah menjadi bagian penting dalam remediasi. Teknik S/S dapat membatasi mobilitas kontaminan pada limbah padat, cair dan lumpur serta mengurangi pencemaran limbah ke lingkungan. Dengan menggunakan metode ini, pembentukan massa padat dilakukan dengan mencampur berbagai zat pengikat (*binding agent*), seperti semen, dengan limbah berbahaya (Bayraktar, 2015).

Istilah "Solidifikasi / Stabilisasi" mengacu pada proses yang digunakan untuk pengolahan berbagai macam limbah, termasuk zat padat dan cairan. Solidifikasi mengacu pada proses yang memerangkap limbah untuk membentuk bahan padat dan untuk membatasi migrasi kontaminan dengan mengurangi luas permukaan untuk mengurangi *leaching* atau dengan melapisi limbah dengan bahan yang memiliki permeabilitas rendah. Solidifikasi dapat dicapai dengan reaksi kimia antara limbah dan zat pengikat atau dengan proses mekanis. Solidifikasi partikel limbah halus disebut sebagai mikroenkapsulasi, sementara pemadatan blok besar atau wadah limbah disebut sebagai makroenkapsulasi (Voglar & Le, 2010).

Stabilisasi mengacu pada proses yang melibatkan reaksi kimia yang mengurangi pelepasan limbah. Stabilisasi kimia dengan mengurangi kelarutannya melalui reaksi kimia. Sifat fisik dari limbah mungkin atau tidak dapat diubah oleh proses ini (Voglar & Le, 2010). Stabilisasi dapat mengurangi keberadaan kontaminan dengan berbagai mekanisme seperti pengendapan, adsorpsi kimia, *enkapsulasi*, dan pertukaran ion (Kumpiene et al., 2007).

Metode S/S adalah teknik pengolahan limbah lumpur industri sebelum dibuang ke TPA yang tepat. Istilah “solidifikasi” mengacu kepada peningkatan integritas sifat fisika limbah agar dapat ditangani, Teknik S/S pertama kali digunakan untuk pengolahan limbah radioaktif pada tahun 1960 dan dianggap sebagai teknik terbaik oleh US Environmental Protecting Agency (US EPA) untuk limbah toksik dan tanah (Voglar & Le, 2010).

Studi terbaru menunjukkan bahwa proses solidifikasi/stabilisasi dapat digunakan pada sebagian besar limbah logam yang melibatkan pencampuran antara limbah dengan bahan pengikat (binding agent) untuk meningkatkan sifat fisik limbah dan mengurangi kontamasi limbah yang dapat merusak lingkungan. Beberapa agen pengikat saat ini telah banyak digunakan untuk solidifikasi/stabilisasi. Terdapat dua material utama sebagai agen pengikat yang umum digunakan, yaitu material semen (semen Portland, fly ash dan kapur) dan sodium silikat (Bayraktar, 2015).

Teknik S/S dilakukan dengan cara mencampurkan limbah lumpur atau tanah yang terkontaminasi dengan bahan pengikat atau bahan aditif lain, bertujuan untuk menurunkan jumlah kontaminan beracun dengan mengikatnya dalam sebuah matriks padat (stabilisasi) (Antemir et al., 2010). Stabilisasi adalah upaya mengaruhi kelarutan limbah logam berat dengan mengubah sifat fisika dan kimianya. Solidifikasi adalah mengubah limbah menjadi padatan sehingga mudah ditangani toksisitasnya (Malviya & Chaudhary, 2006). Kedua proses ini dilakukan bersamaan karena memiliki tujuan yang sama yaitu mengurangi jumlah limbah beracun di lingkungan. Kombinasi kedua proses ini sering disebut sebagai “fiksasi limbah” atau “enkapsulasi” oleh peneliti diseluruh dunia (Voglar & Le, 2010).

Proses stabilisasi / solidifikasi (S/S) biasanya digunakan untuk pengolahan akhir limbah berbahaya untuk mengurangi kontaminasi limbah sebelum sampai ke pembuangan.

Di antara berbagai jenis zat pengikat (*binder*) S/S, sistem berbasis semen adalah yang paling luas digunakan, karena biaya yang relatif rendah, ketersediaan luas dan fleksibilitas. Proses S/S dapat digunakan untuk mengubah limbah logam berat menjadi bentuk padat, proses ini dapat digunakan untuk beberapa jenis limbah yang sulit untuk di olah dengan pengolahan secara fisik, kimia atau biologi. Di antara limbah logam berat yang ada, limbah yang mengandung logam Hg merupakan salah satu limbah yang memiliki dampak serius pada lingkungan (Maria, 2010).

Dalam teknik S/S zat pengikat sering digunakan untuk menstabilkan kontaminan dalam limbah atau daerah yang terkontaminasi serta menghilangkan zat bebas lainnya (Paria & Yuet, 2006). Berbagai jenis *binder* telah dikembangkan, namun jenis binder berbasis semen yang paling banyak digunakan. Karena biaya relatif rendah, ketersediaan yang cukup dan fleksibilitas yang besar (Gollmann et al., 2010). Seperti (Voglar & Le^ˆ, 2010) mengaplikasikan semen portland (OPC) untuk menurunkan konsentrasi Cd, Pb, Zn dan Ni dengan teknik S/S pada tanah.

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 yang diperlukan relatif murah, memiliki stabilitas dalam waktu yang lama, ketersediaan bahan baku yang cukup 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 diaplikasikan pada berbagai jenis tanah (Wadanambi, Dubey, & Townsend, 2008).

2.2.1. Proses yang terjadi dalam metode S/S

Teknik dan proses yang digunakan dalam metode S/S telah diterima dan menjadi bagian penting pengolahan limbah di lingkungan oleh seluruh negara di dunia. Stabilitas

mengacu pada teknik untuk mengurangi potensi bahaya limbah dengan mengubah kontaminan ke bentuk yang paling sukar larut, berpindah, atau beracun (Malviya & Chaudhary, 2006). Karakteristik sifat fisika tidak perlu diubah secara alami. Komponen pengikat bereaksi dengan kontaminan yang mengakibatkan perubahan sifat kimia dan reaktivitas kontaminan. Perubahan sifat kontaminan bergantung terhadap zat pengikat yang digunakan. Sedangkan Solidifikasi menurut Environmental Protection Agency (EPA) mengacu ada teknik enkapsulasi limbah dalam padatan monolitik dengan integritas struktur yang tinggi tanpa interaksi kimia yang diperlukan antara kontaminan berbahaya dan reagen pematat (Poon, 2004).

Metode S/S biasanya diaplikasikan dengan cara mencampur tanah yang terkontaminasi dengan bahan pengikat untuk membentuk kristal, kaca, atau polimer yang mengelilingi kontaminan (Hebatpuria, 1999). Metode S/S bergantung pada mikro enkapsulasi dimana limbah tidak dapat berubah namun partikel makroskopiknya terbungkus dalam lapisan yang relatif kuat 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.

2.2.2. Agen pengikat teknik S/S

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). Secara umum proses S/S terbagi atau 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 T. S., 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, 2001).

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 imobalisasi 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, 2004).

2.2. Logam Merkuri (Hg)

Beberapa logam berat diketahui berperan penting dalam kehidupan, seperti Cd, Pb, dan Hg, dimana logam-logam ini sering digunakan pada berbagai macam industri. Namun logam berat ini tidak memiliki peran yang menguntungkan dalam proses biologis, logam-logam ini berbahaya bagi organisme hidup apabila masuk kedalam tubuh organisme dalam konsentrasi tinggi. Logam berat memiliki afinitas tinggi terhadap belerang dan menyerang ikatan sulfur dalam enzim, sehingga dapat merusak struktur enzim. Logam berat berikatan dengan membran sel, mempengaruhi proses transportasi melalui dinding sel. Logam berat juga cenderung dapat mengendapkan senyawa fosfat atau mengkatalisis dekomposisinya (Chauhan, 2015).

Logam berat beracun yang mengandung limbah dihasilkan dari berbagai proses seperti pengumpulan limbah industri tanpa perawatan atau pengolahan yang tidak tepat di tempat pembuangan akhir, limbah dari industri kimia, pestisida. Limbah ini mungkin mengandung banyak kotoran dalam berbagai konsentrasi seperti logam berat beracun dan zat berbahaya lainnya. Ketika hujan jatuh ke tempat pembuangan sampah ini, garam-garam anorganik yang larut dalam air / senyawa melintang ke kedalaman yang cukup dalam di tanah. Karena air tanah ini mungkin terkontaminasi dan mungkin menunjukkan efek berbahaya pada kehidupan manusia serta lingkungan (Bernhorf, 2012).

Logam merkuri merupakan unsur yang ditemukan sekitar 4000 tahun yang lalu. Logam ini berwujud cair dan sampai saat ini telah digunakan secara luas. 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. Merkuri merupakan unsur dengan no atom 80 pada tabel periodik unsur. Nama lain dari merkuri adalah air raksa dan hidrodinium dengan simbol Hg. 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 $356,7^{\circ}\text{C}$ (Rhimjim, 2013). Dalam sejarahnya, logam merkuri dalam senyawanya, merkuri klorida (HgCl_2), digunakan sebagai pengawet dan sebagai pengembangan film fotografi. Merkuri juga pernah digunakan sebagai salah satu bahan dalam beberapa krim pemutih kulit (Bernhorf, 2012).

Merkuri merupakan salah satu logam berat paling beracun yang dapat mencemari lingkungan dan dapat terakumulasi di dalam tubuh hewan dan tumbuhan. Merkuri terdapat dalam berbagai macam jenis, yaitu logam merkuri, senyawa anorganik merkuri dan senyawa organik merkuri. Di antara beberapa jenis merkuri ini, logam atau unsur merkuri (Hg) telah menjadi perhatian dari lembaga perlindungan karena sifat uap dari emisinya ke lingkungan serta sumber antropogenik yang menyebar ke lingkungan. Logam merkuri (Hg)

umumnya menyebar ke lingkungan dari beberapa sumber antropogenik, seperti pembangkit listrik berbahan bakar batubara, insinerator kota dan pengolahan gas alam (Khairiraihanna, 2014).

Merkuri di alam berupa batuan disebut sebagai biji cinnabar, yang mengandung sulfida merkuri. Logam merkuri yang dimurnikan dari biji sulfur merkuri didapatkan dengan cara memanaskan biji hingga suhu di atas 1.000 derajat Fahrenheit. Merkuri dalam bentuk biji merkuri di uapkan kemudian ditangkap dan didinginkan untuk membentuk merkuri logam cair. Ada banyak kegunaan yang berbeda untuk logam merkuri. Salah satunya digunakan dalam memproduksi gas klorin dan soda kaustik. Penggunaan merkuri dalam pemurnian emas dari biji emas atau barang yang mengandung emas. Merkuri juga digunakan dalam termometer, barometer, baterai, dan sakelar listrik. Tambalan gigi berwarna perak biasanya mengandung sekitar 50% raksa metalik. Penggunaan merkuri dapat menimbulkan risiko kesehatan akibat paparan merkuri, baik untuk pengguna dan orang lain yang mungkin terpapar uap merkuri dari udara yang terkontaminasi (DeWoskin, 1997).

Logam atau unsur merkuri berwujud cairan pada suhu kamar, merkuri yang berwujud cair dapat menguap ke udara dan terhirup. Sejumlah kecil logam merkuri, yang dilepaskan ke ruang tertutup, dapat meningkatkan konsentrasi merkuri ke tingkat yang membahayakan bagi kesehatan. Semakin lama menghirup udara yang terkontaminasi merkuri, maka semakin besar resiko yang didapatkan. Selain itu, logam merkuri dan uapnya sangat sulit dihilangkan dari pakaian, furnitur, karpet, dan barang berpori lainnya. Beberapa sumber merkuri di udara adalah produk rumah tangga, termasuk termostat, termometer kaca, barometer, dan sakelar dalam peralatan besar (misalnya kompor berbahan bakar gas). Bola lampu neon mengandung sejumlah kecil uap merkuri dan sejumlah besar merkuri dalam bentuk bubuk atau debu (Moghaddam, 2013).

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^+ 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 $\mu\text{g}/\text{hari}$ (Pavan, et al., 2006).

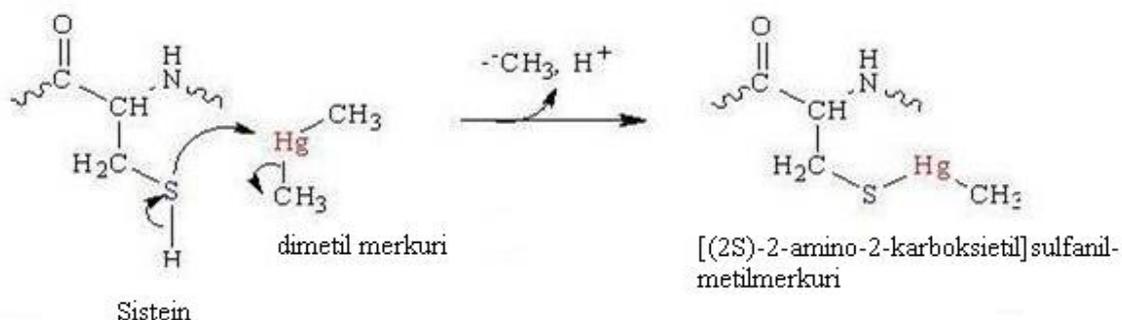
Merkuri terserap 80% melalui sistem pernafasan ke dalam tubuh, (Pavan, et al., 2006) uap metil merkuri yang di serap melalui pernapasan akan masuk ke aliran darah, metil merkuri melekat pada gugus sulfhidril, terutama pada sistein. Metil merkuri dapat diendapkan ke seluruh tubuh melalui aliran darah sekitar empat hari setelah terpapar (Bernhorf, 2012).

Merkuri terdapat di alam terutama sebagai unsur merkuri atau sebagai sulfida merkuri. Merkuri ditemukan di kerak bumi sekitar 0,5 bagian per sejuta. Paparan merkuri di atmosfer terjadi melalui pelepasan gas melalui aktivitas gunung berapi. Sumber-sumber kontaminasi merkuri di atmosfer diantaranya melalui pembakaran batu bara dan industri pertambangan (khususnya pertambangan emas). Unsur merkuri yang mengendap dalam air akan diubah oleh mikroorganisme menjadi merkuri organik (metil atau etil), yang kemudian dicerna oleh organisme kecil dan akhirnya dikonsumsi oleh ikan yang lebih besar. Ikan di bagian atas rantai makanan (misalnya, tuna, ikan pedang, atau hiu) dapat memusatkan merkuri dalam jaringannya. Merkuri dapat masuk kedalam tubuh manusia secara cepat, merkuri dapat masuk melalui tambalan gigi atau amalgam pada gigi, atau melalui konsumsi merkuri yang terikat ke gugus organik (metil, dimetil, atau etil merkuri),

yang berasal dari makanan laut. Kebanyakan paparan logam merkuri terhadap manusia berasal dari uap merkuri yang keluar dari proses tambalan amalgam, dimana sekitar 80% merkuri dapat terserap kedalam tubuh (Bernhorf, 2012).

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 (Ravichandran, 2011).

Merkuri dapat berasal dari ikan di laut karena metil merkuri berikatan dengan protein pada jaringan ikan laut (Ravichandran, 2011). Merkuri dapat membentuk ikatan dengan gugus thiol yang membentuk ikatan yang sangat kuat dan stabil yang disebabkan oleh stabilitas konstan tinggi dari merkuri-thiol. Dalam pembentukan kompleks merkuri dengan kelompok tiol (dari glutathione, albumin, sistein dan lain-lain) merkuri berikatan pada gugus thiol. Keberadaan merkuri yang terikat pada gugus thiol pada residu sistein akan menyebabkan fungsi dari sistein terganggu. Hal ini disebabkan bahwa gugus thiol memiliki peran penting dalam metabolisme tubuh, seperti pusat aktif enzim. Keberadaan ion logam merkuri menyebabkan enzim tidak bekerja karena situs spesifik pada enzim telah rusak (Taufikurohmah, 2013). Reaksi antara dimetil merkuri dengan sistein dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Logam merkuri merusak struktur dari sistein (Taufikurohmah, 2013)

Merkuri juga ditemukan pada alat-alat seperti termometer, termostat dan amalgam. Pada industri kertas, pertambangan, kloralalkali serta produk krim pencerah (Ravichandran, 2011).

Mayoritas emisi merkuri ke udara adalah dalam bentuk unsur merkuri gas, yang dapat diangkut secara global ke daerah yang jauh dari sumber emisi. Emisi yang tersisa adalah dalam bentuk bentuk-bentuk merkuri ionik anorganik gas (seperti merkuri klorida) atau merkuri terikat ke partikel yang terpapar merkuri. Merkuri anorganik ini memiliki masa hidup yang lebih pendek di atmosfer dan akan masuk ke dalam tanah dan tersimpan dalam tanah atau badan air dalam radius 100 hingga 1.000 kilometer dari sumbernya. Arus laut juga merupakan media untuk transportasi merkuri jarak jauh. Logam berat seperti merkuri dapat dilepaskan ke lingkungan dari industri peleburan dan pemurnian logam, besi tua, industri plastik, pembakaran limbah yang mengandung unsur-unsur merkuri dan lain-lain (Moghaddam, 2013).

2.3. Jeruk Purut

Jeruk purut atau *Citrus hystrix* merupakan tanaman dari keluarga *Rutaceae* yang dapat ditemukan dengan mudah di kawasan Asia Tenggara. Buah dari tanaman ini berbentuk bulat bergelombang dan bertekstur kasar. Daun jeruk purut berbentuk seperti jam pasir yang terdiri dari helai daun ditambah helai daun yang kecil. Daun jeruk purut berwarna hijau kekuningan dan berbau harum. Tanaman jeruk purut dapat dilihat pada Gambar 2.



*Gambar 2. Tanaman jeruk purut (Citrus hystrix)
(Shaha & Punichelvana, 2013)*

Tanaman Jeruk purut sering digunakan sebagai penambah rasa dan aroma pada makanan, selain itu minyak dari daun dan buah jeruk purut digunakan secara komersial sebagai wewangian dan obat (Hongratanaworakit T, et.al, 2007)

2.3.1. Komposisi Daun Jeruk Purut

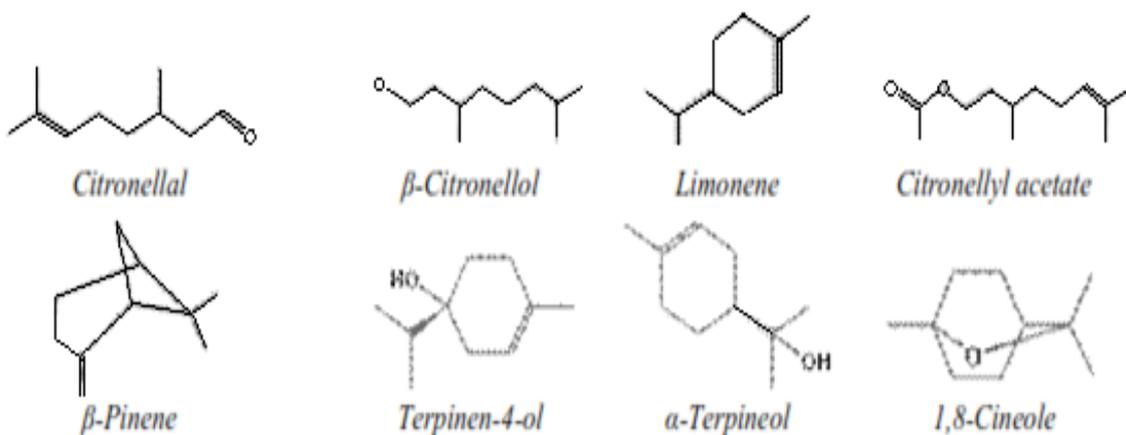
Komponen utama dari jeruk purut diidentifikasi sebagai sitronellal, yang terkandung dalam minyak atsiri daun jeruk purut dengan persentase hingga 80%, kemudian sitronelol 10%, nerol dan limonene. Asam sitrat banyak ditemukan pada buah golongan jeruk namun yang paling banyak mengandung asam sitrat hingga 8% bobot kering adalah golongan jeruk limau seperti jeruk nipis dan jeruk purut. Asam sitrat dapat menurunkan kadar logam berat dalam suatu larutan. Bagian asam sitrat yang dapat mengikat logam adalah gugus hidroksil (-OH) yang dimana gugus ini juga dimiliki oleh asam askorbat. Proses pengikatan ion logam dengan gugus pengikat logam berawal dari tiga gugus karboksil (COOH) yang dapat melepaskan proton di dalam larutan. Jika hal demikian terjadi, ion yang dihasilkan adalah berupa ion sitrat. Ion sitrat dapat bereaksi dengan ion-ion logam sehingga membentuk garam sitrat (Saputri & Fida, 2015)

Pemanfaatan tanaman jeruk purut diantaranya adalah minyak atsiri hasil ekstraksi daun jeruk purut digunakan pada industri parfum dan kosmetik. Air rebusan daun jeruk

purut juga seringkali dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk relaksasi, influenza, mengatasi stres dan antibiotik (Khasanah, Kawiji, & Aji, 2015).

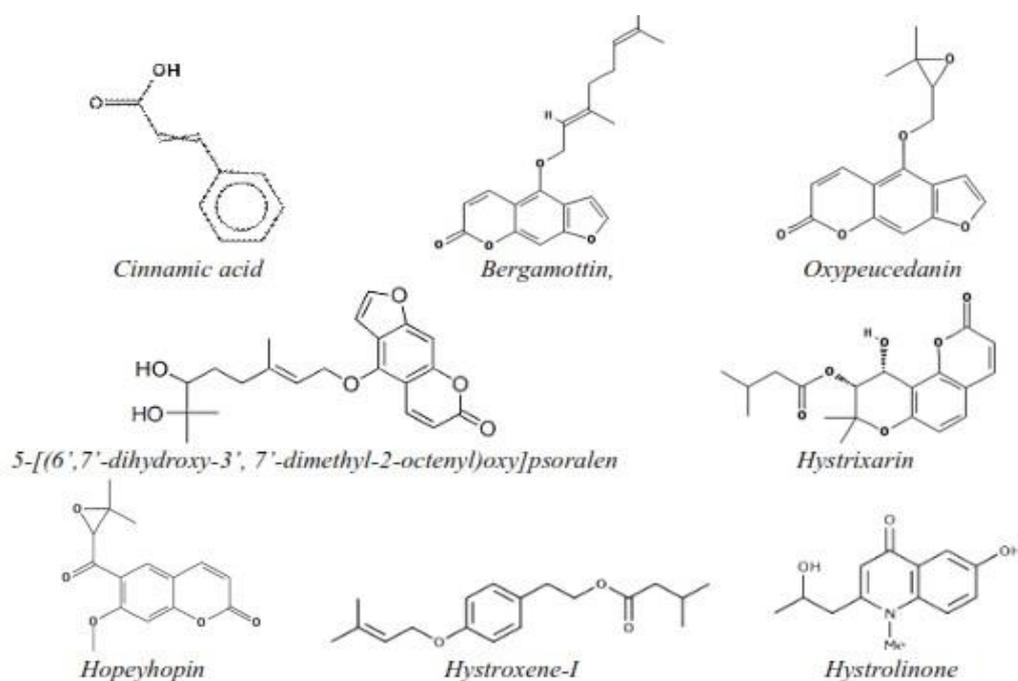
Semua bagian tanaman ini beraroma kuat. Terutama daunnya memiliki aroma yang tajam. Bau yang khas ini disebabkan minyak atsiri yang terkandung di dalam daun tersebut (Shaha & Punichelvana, 2013). Daun jeruk purut berbentuk seperti jam pasir yang terdiri dari helai daun ditambah helai daun yang kecil. Daun jeruk purut berwarna hijau kekuningan dan berbau harum. Bentuknya bulat dengan ujung tumpul dan bertangkai. Citrus atau yang dikenal dengan jeruk adalah salah satu tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi karena mengandung vitamin C dan dibuat penyedap masakan. Daun jeruk mengandung senyawa kimia yang merupakan metabolit sekunder seperti minyak atsiri, flavonoid, saponin, dan steroid (Prakash, 2013).

Daun jeruk purut mengandung minyak atsiri yang diperoleh dari proses destilasi dengan komponen utama antara lain sitronelal 81,49%, sitranelol 8,22%, linalool 3,69%, dan geraniol 0,31%. Senyawa kimia dalam minyak atsiri daun jeruk purut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Senyawa kimia dalam minyak atsiri daun jeruk purut (Agouillal & Taher, 2017)

Kandungan kimia dari minyak jeruk purut adalah hidrokarbon sebagian besar monoterpen, dengan limonene (30,73%) dan β -pinene (18,76%) sebagai utama komponen, sedangkan komponen minor yang terpinene-4-ol (10,63%), α -terpineol (8,35%), γ -terpinene (6,18%), α -terpinene (5,09%) dan terpinolene (4,33%) (Hongratanaworakit, et al., 2007). Beberapa struktur senyawa fenolik, kumarin, dan alkaloid dari daun jeruk purut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur senyawa fenolik, kumarin dan alkaloid dari daun jeruk purut (Agouillal & Taher, 2017)

Komposisi kimia dari minyak atsiri daun jeruk purut berdasarkan analisis menggunakan kromatografi gas dan spektrometri kromatografi gas mengindikasikan Citronelal sebagai komponen utama (81%) dari minyak daun jeruk purut. Citronelal juga ditemukan sebagai komponen utama dari minyak ranting (78,64%), dan komponen utama dari minyak kulit (23,64%) dalam kombinasi dengan P-pinene (25,93%) dan sabinene (20,36%). Secara total terdapat 57 konstituen yang dicirikan dalam minyak daun. Senyawa

2,6-Dimetil-5-heptenal, asam sitronel, dan safrol adalah beberapa komponen yang khas yang ditemukan dalam minyak atsiri daun jeruk purut (Asano, 2011).

2.3.2. *Kelebihan Daun Jeruk Purut*

Tanaman jeruk purut memiliki berbagai macam manfaat, bagian dari tanaman ini yang sering digunakan adalah buah, kulit dan daun. Penelitian mengenai buah dan kulit jeruk purut sudah lama dilakukan dan cukup banyak publikasi. Penggunaan daun jeruk purut sebagai objek penelitian dengan berbagai metode juga sudah pernah dilakukan, salah satunya adalah ekstraksi daun jeruk purut untuk mendapatkan minyak atsiri yang berkualitas. Namun pemanfaatan daun jeruk purut dengan metode perendaman daun dalam berbagai variasi waktu belum banyak dilakukan.

2.3.3. *Ekstraksi Daun Jeruk Purut*

Ekstraksi daun jeruk purut telah beberapa kali dilakukan, minyak atsiri daun jerukpurut digunakan untuk industri parfum dan kosmetik. Air rebusan daun jeruk purut juga seringkali dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk relaksasi, influenza, mengatasi stres dan antibiotik. Kandungan tanin, steroid triterpenoid serta minyak atsiri dinilai sangat bermanfaat dalam membantu menjaga kesehatan (Razashfa, 2016).

2.4. **Karakterisasi**

2.4.1. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR merupakan instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi menggunakan sinar inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksidan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah digunakan pada identifikasi senyawa organik karena memiliki spektrum yang sangat kompleks dan terdiri dari banyak puncak dan masing-masing gugus fungsi menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang berbeda.

Pada penelitian ini FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa pada daun jeruk purut, ekstrak kering daun jeruk serta endapan dari ekstrak yang di tambahkan logam Hg.

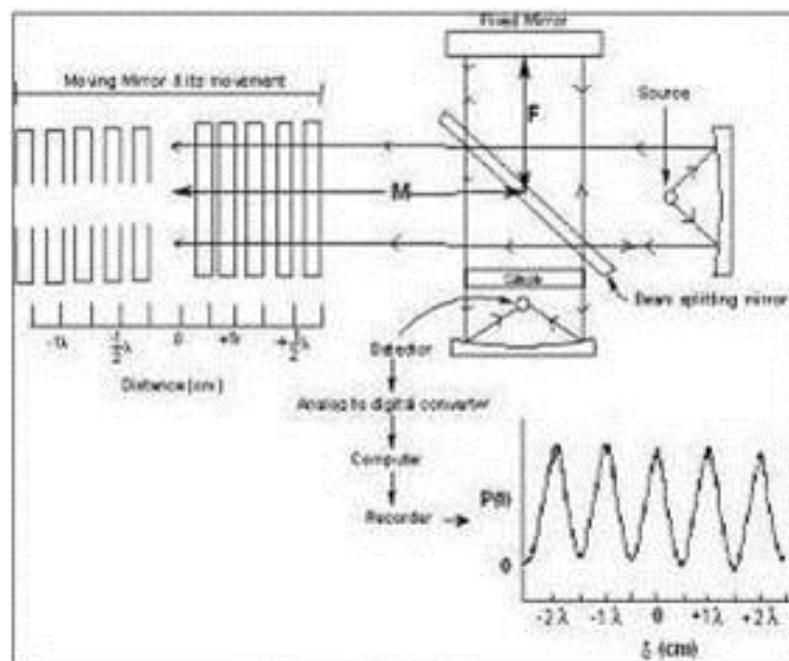
Spektroskopi FT-IR merupakan spektroskopi vibrasi. Spektrum FT-IR mencerminkan dengan baik struktur molekuler dan lingkungan molekuler. Dalam teknik ini, sampel diiradiasi dengan radiasi infra merah dari sumber inframerah, dan penyerapan radiasi ini menstimulasi gerakan getaran dengan menyimpan kuantum energi ke dalam mode getaran. Oleh karena itu, sebuah molekul, ketika terkena radiasi yang dihasilkan oleh emisi panas dari sumber panas (sumber energi IR), hanya menyerap pada frekuensi yang sesuai dengan mode vibrasi molekulernya di wilayah spektrum elektromagnetik, antara daerah visible (merah) dan gelombang pendek (gelombang mikro). Perubahan-perubahan dalam gerak vibrasi ini menghasilkan pita-pita dalam spektrum vibrasi; setiap pita spektral dicirikan oleh frekuensi dan amplitudonya (Tulay, 2009).

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 (Silverstein & Bassler, 1967). 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 (Silverstein & Bassler, 1967)

Adapun skema instrument FTIR dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema instrumen FTIR (Baravkar & Kale, 2011)

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 sumbang besar bagi dunia ilmu pengetahuan terutamadalam usaha pemahaman mengenai susunan materi dan unsur-unsurpenyusunnya (Fessenden, 1997)

Salah satu metode spektroskopi yang sangat populer 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).

2.4.2. Spektrofotometri UV-VIS

Spektrofotometri Ultraviolet dan visible telah digunakan secara umum selama 35 tahun terakhir dan selama periode ini telah menjadi alat analisis yang paling penting di laboratorium modern. Metode analisis ultraviolet didasarkan pada pengukuran penyerapan cahaya monokromatik oleh senyawa tidak berwarna di jalur spektrum ultraviolet dekat (200-380nm). Spektroskopi Ultraviolet-visible merupakan teknik fisik dari spektroskopi optik yang menggunakan cahaya dalam rentang ultraviolet, visible, dan inframerah dekat. Hukum Beer-Lambert menyatakan bahwa absorbansi suatu larutan berbanding lurus dengan konsentrasi spesies yang menyerap dalam larutan dan panjang lintasan. Dengan demikian, untuk panjang jalur tetap, spektrofotometri UV-Vis dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi absorben dalam suatu larutan. Dalam banyak aplikasi teknik lain

dapat digunakan tetapi tidak ada saingan spektrofotometri UV-Visible pada segi kesederhanaan, fleksibilitas, kecepatan, akurasi dan efektivitas biaya.

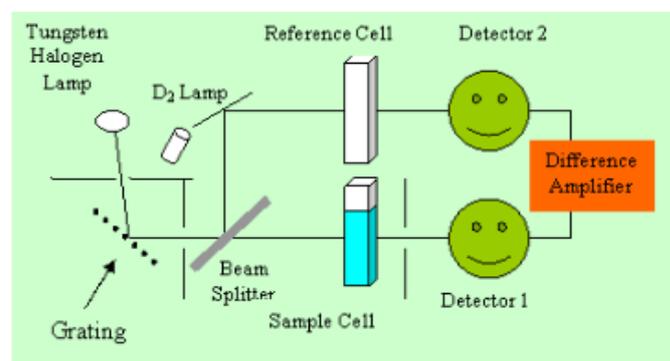
Spektrofotometri ultraviolet memiliki metode analisis yang didasarkan pada pengukuran penyerapan cahaya monokromatik oleh senyawa tak berwarna di jalur spektrum ultraviolet dekat (200 – 380 nm). Metode analisis fotometrik didasarkan pada hukum Bouger-Lambert-Beer, yang menetapkan bahwa absorbansi suatu larutan berbanding lurus dengan konsentrasi analit. Prinsip dasar pengoperasian spektrofotometer UV-Vis meliputi wilayah UV terdiri dari cahaya dari interval panjang gelombang yang pasti melewati sel dengan pelarut dan jatuh ke sel fotolistrik yang mengubah energi radiasi menjadi energi listrik diukur dengan galvanometer. Kemudian pada wilayah UV-visible digunakan untuk mendapatkan spektrum absorbansi senyawa dalam larutan atau sebagai padatan. Apa yang sebenarnya diamati melalui spektrofotometri ini adalah absorbansi energi cahaya atau radiasi elektromagnetik, yang menggerakkan elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi pertama dari senyawa atau material. Wilayah energi UV-visible untuk spektrum elektromagnetik meliputi 1,5 - 6.2eV yang berhubungan dengan kisaran panjang gelombang 800 - 200 nm.

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.

Sebuah molekul atau ion akan menunjukkan absorpsi di wilayah visible atau ultraviolet ketika radiasi menyebabkan transisi elektronik di dalam strukturnya. Dengan demikian, penyerapan cahaya oleh sampel di daerah ultraviolet atau visible disertai dengan perubahan keadaan elektronik dari molekul dalam sampel. Energi yang disalurkan oleh

cahaya akan mendorong elektron dari orbital keadaan dasar ke energi yang lebih tinggi, orbital keadaan tereksitasi atau orbital anti ikatan.

Pada umumnya 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. Identifikasi kualitatif senyawa organik pada daerah ini jauh lebih terbatas daripada daerah inframerah. Hal ini dikarenakan pita serapan terlalu lebar dan kurang rinci. Namun, gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro dan lainnya memberikan puncak yang spesifik, sehingga didapatkan informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus semacam itu dalam molekul senyawa tersebut. (Day, 2002). Adapun skema instrument dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema spektroskopi UV-Visible double beam (Shah, 2016)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data FTIR diketahui daun jeruk mengandung gugus $-OH$, $-CH$, $-CN$ dan gugus $C=O$.
2. Penambahan volume ion logam Hg^{2+} meningkatkan jumlah endapan dan menurunkan absorbansi filtrat.
3. Kapasitas fiksasi ekstrak daun jeruk purut sampai penambahan 88 ml larutan $Hg(NO_3)_2$ adalah 1,0365 / 1 gram ekstrak.

5.2. Saran

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan, diharapkan dilakukan penelitian selanjut nya untuk mengetahui senyawa dalam daun jeruk yang dapat mengikat logam Hg.

DAFTAR PUSTAKA

- Agamuthu, P. T. (2013). Bioremediation of hydrocarbon contaminated soil using selected organic wastes. *Procedia Environmental Sciences* , 694–702.
- Agouillal, F., & Taher, Z. M. (2017). A Review of Genetic Taxonomy, Biomolecules Chemistry and Bioactivities of Citrus hystrix DC. *Biosciences Biothechnology Reserch Asia* , 285-305.
- Amit Bhatnagar, M. S.-K. (2015). Agricultural “waste peels” as versatile biomass for water purification – A review. *Chemical Engineering Journal* , 15.
- Antemir, A. H. (2010). Long-term performance of aged waste forms treated by stabilization/solidification. 65–73.
- Asano, A. S. (2011). The Chemical Composition of Citrus Hystrix DC (Swangi). *Journal of Essential Oil Research* , 179-183.
- Azouaou, N. (2013). Adsorption of Lead from Aqueous Solution onto Untreated Orange Barks . *Chemical Engineering Transaction* , 55.
- Barakat, M. A., & Kumar, R. (2014). Modified and New Adsorbents for Removal Heavy Metals from Wastewater.
- Baravkar, A., & Kale, R. (2011). FT-IR Spectroscopy : Principle, Technique and Matematics. *International Journal of Pharma and Bio Science* .
- Bayraktar, A. C. (2015). Stabilization and solidifi cation of electric arc furnace dust originating from steel industry by using low grade MgO. *Archives of Environmental Protection* , 62–66.
- Bernhorf, A. R. (2012). Mercury Toxicity and Treatment:. *Journal of Environmental and Public Health* .
- Chauhan, M. K. (2015). Environmental Pollution Remediation through Solidification/Fixation of. *Environmental & Analytical Toxicology* , 5-6.
- DeWoskin, J. R. (1997). Toxicological profile for mercury. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* , 3.
- Fauziah, S. H. (2013). Toxicity on Anabas Testudineus: A Case Study of Sanitary Landfill Leachate. *Procedia Environmental Sciences* , 14-19.
- Gollmann, M. A. (2010). Stabilization and solidification of Pb in cement matrices. *Journal of Hazardous Materials* , 507-514.
- Hashim, M. A., Mukhopadhyay, S., Sahu, J. N., & Sengupta, B. (2011). Remediation Technologies for Heavy Metal Contaminated Groundwater. *Journal Enviromental Management* , 92, 2355-2388.