

LAPORAN TAHUNAN
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



**KAJIAN PEMANFAATAN TANAH NAPA SUMATERA BARAT SEBAGAI
MATERIAL ADSORBEN LOGAM BERAT DAN BAHAN ORGANIK
TOKSIK DALAM LARUTAN**

Tahun ke 1 dari rencana 4 tahun

Ketua / Anggota Tim

Dr. Mawardi, M.Si

NIDN : 0023116106

Hary Sanjaya, S.Si, M.Si

NIDN : 0028048306

Desy Kurniawati, S.Pd.,M.Si

NIDN: 0022117503

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DI TERIMA TGL	• 6 Februari 2014
SUMBER/HARGA	• Hd
KOLEKSI	• K1
NO. INVENTARIS	• 57/Hd/2014 - K., (1)
NO. IDENTIFIKASI	• 541.33 Maw k.1

UNIVERSITAS NEGERI PADANG
November, 2013

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TAHUNAN
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**

Judul Penelitian : Kajian Pemanfaatan Tanah Napa Sumatera Barat Sebagai Material Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik Toksik Dalam Larutan

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Dr. Mawardi, M.Si
b. NIDN : 0023116106
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Kimia
e. Nomor HP : 081266016696
f. Alamat surel (e-mail) : mawardianwar@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Hary Sanjaya, S.Si, M.Si
b. NIDN : 0028048306
c. Perguruan Tinggi : FMIPA Universitas Negeri Padang

Anggota Peneliti (2)

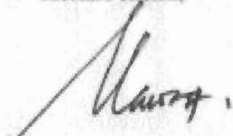
a. Nama Lengkap : Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si
b. NIDN : 0022117503
c. Perguruan Tinggi : FMIPA Universitas Negeri Padang
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 4 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 56.000.000,-
Biaya Keseluruhan : Rp. 395.000.000,-

Mengetahui,
Dekan FMIPA UNP,




Prof. Dr. Lufri, M.S
NIP. 196105101987031020

Padang, 25 November 2013
Ketua Peneliti,



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

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian,



Dr. Alwen Bentri, M.Pd.
NIP: 19610722 198602 1 002

PENGANTAR

Kegiatan penelitian dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan Tri Dharma Perguruan Tingginya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang, sumber dana BOPTN maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Kemendiknas RI telah mendanai skema penelitian **Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi** yang berjudul *Kajian Pemanfaatan Tanah Napa Sumatera Barat Sebagai Material Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik Toksik Dalam Larutan*, dari sumber BOPTN yang dialokasikan ke dalam DIPA Universitas Negeri Padang dengan surat penugasan pelaksanaan penelitian desentralisasi Nomor: 298.a.7/UN35.2/PG/2013 Tanggal 15 Mei 2013.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, serta telah diseminarkan di tingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Kemendiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian tahun 2013. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang baik dari DP2M, penelitian ini tidak dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Semoga hal yang demikian akan lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2013
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,



RINGKASAN

Tanah Napa sebutan masyarakat Sumatera Barat untuk sejenis material alam yang sering digunakan sebagai obat sakit perut dan diare, dengan cara dimakan setelah dipanaskan. Berdasarkan penelusuran kepustakaan elektronik, belum ditemukan referensi terkait dengan material ini, khususnya yang berasal dari daerah Sumatera Barat. Fakta ini merupakan awal kenapa material ini menjadi sangat menarik untuk diteliti. Telah dilakukan penelitian pada tahun pertama berupa pengambilan sampel tanah napa dari beberapa daerah di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten 50 Kota, Kabupaten Pesisir Selatan dan Kabupaten Solok. Sampel yang diperoleh telah dikarakterisasi dengan teknik dan instrumen *X-ray fluorescence* (XRF, Merk: PAN alytical Type: Epsilon 3), *X-ray diffraction* (XRD), *scanning electron microscope-energy dispersive X-ray* (SEM, Merk: Phenom[™] Type: Pro X) dan *fourir trasform infrared* (FTIR). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperkirakan mineral tanah napa, cukup melimpah di daerah Kabupaten Tanah Datar, Kota Solok, Kabupaten Solok, Kabupaten Solok Selatan dan Kabupaten Pesisir Selatan dan Sumatera Barat umumnya, adalah kelompok mineral aluminasilikat, terutama berupa mineral **kaolin**. Disamping itu data awal juga mendukung bahwa pada sebagian lokasi ditemukan mineral **zeolit alam**.

PRAKATA

Puji syukur pada Allah SWT karena berkat izin dan rahmatNya Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) yang berjudul “Kajian Pemanfaatan Tanah Napa Sumatera Barat Sebagai Material Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik Toksik Dalam Larutan ” telah dapat dilaksanakan.

Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian Program Desentralisasi Skema Unggulan Perguruan Tinggi Dana BOPT Tahun Anggaran 2013 dengan Surat Penugasan Nomor: 298.c.7/UN35.2/PG/2013, Tanggal 31 Mai 2013.

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Padang melalui Lembaga Penelitian UNP yang telah membiayai penelitian ini melalui Dana Dana BOPT Tahun Anggaran 2013
2. Dekan FMIPA dan Ketua Jurusan Kimia serta Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang beserta staf
4. Semua pihak yang telah ikut membantu sehingga terlaksananya penelitian ini.

Mudah-mudahan hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi umumnya, dan bidang Kimia Materia khususnya.

Padang, 28 November 2013
Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I . PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Tanah Napa.....	3
B. Zeolit.....	5
C. Kaolin.....	7
D. Teori Adsorpsi.....	8
E. Peranan Instrumen Dalam Penelitian Mineral Aluminasilikat.....	10
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	15
A. Tujuan penelitian.....	15
B. Manfaat penelitian.....	15
BAB IV. METODE PENELITIAN	18
A. Penelitian Secara Umum.....	18
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Lokasi pengambilan sampel.....	25
B. Hasil Karakterisasi Sampel dari Tiap Lokasi	26
BAB VI. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	31
BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi asam dan basa keras dan lunak.....	10
Tabel 5.1 Komposisi Tanah Napa yang berasal dari beberapa lokasi di Sumatera Barat (A-E) dibandingkan dengan Komposisi Mineral Aluminasilika lain (F-H)	26

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kondisi Tanah Napa di daerah Aripan Kabupaten Solok	4
Gambar 2.2 Struktur mordenit (a) dan klinoptilolit (b) sebagai komponen utama zeolit alam Indonesia	6
Gambar 3.1 Material Tanah Napa	18
Gambar 5.1 Peta daerah pengambilan sampel tanah napa	24
Gambar 5.2 Pola difraktogram XRD dari tanah napa yang berasal dari dan (b) Kab. 50 Kota, (c) Kab. Tanah Datar, (d) Kab. Solok, (e) Kab. Pesisir Selatan.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Bagan Alir enelitian	40
Lampiran 2 : Lokasi Pengambilan sampel	41

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah Napa atau Batu Napa merupakan sebutan masyarakat Sumatera Barat terhadap sejenis material alam yang sering digunakan sebagai obat sakit perut karena masuk angin atau diare, dengan cara memakannya setelah dipanaskan. Sehingga material ini dijual di pasar-pasar tradisional, seperti pasar di daerah Tanah Datar. Hasil penelusuran secara elektronik, belum ditemukan referensi terkait dengan material tanah napa yang berasal dari Sumatera Barat. Fakta ini merupakan titik awal kenapa material ini menjadi sangat menarik untuk diteliti.

Telah dilakukan penelitian pendahuluan, berupa analisis komposisi material tanah napa yang berasal dari daerah Kabupaten Solok dengan teknik X-ray Fluorescence (XRF) di Laboratorium PT. Semen Padang dan Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia UNP, hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa kandungan rata-rata SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO dan Fe_2O_3 masing-masing 71,0%; 20,8%; 1,2%; 2,3%; 1,2% dan 3,6%, sehingga dapat disimpulkan bahwa mineral tanah napa merupakan **mineral aluminasilikat** kelompok. Sebagai pembandingan, komposisi kimia *Natural Zeolite Clinoptilolite* yang diproduksi oleh industri *Gravis Mining Co* kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO dan Fe_2O_3 masing-masing 65-72%; 10-12%; 2,3-3,5%; 2,5-3,7%; 0,9-1,2% dan 0,8-1,9%. (Gravis Mining Co, 2012), sedangkan analisis kimia zeolit 4A mengandung SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_3 dan Na_2O masing-masing 51,69; 41,09; 0,2 dan 6,03% (Dizadji, *at. al.*, 2012)

Telah dilakukan penelitian, di laboratorium PT Semen Padang, dimana tanah napa digunakan sebagai zat aditif pada semen sebagai pengganti *fly ash*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa tanah napa sangat berpotensi digunakan sebagai zat aditif dalam industri semen. Juga telah diteliti sifat adsorpsi tanah napa terhadap logam-logam krom(III), berupa kation dan krom(VI), berupa anion dalam larutan.

Sebagaimana telah dikemukakan bahwa tanah napa diduga mineral aluminasilikat, yang cadangannya melimpah di beberapa daerah di Sumatera Barat dan merupakan material alam yang nilai komersialnya sangat tinggi karena kegunaanya sangat luas dalam bidang *water treatment*, *wastewater treatment*, *agriculture*, *horticulture*, *aquaculture*, *household products* dan *industrial products*, sehingga sangat terbuka peluang untuk mengembangkan penelitian material ini dan diharapkan dapat menjadi penelitian unggulan untuk Universitas Negeri Padang.

Hasil penelusuran pustaka secara elektronik yang telah dilakukan, belum ditemukan referensi terkait dengan material tanah napa yang berasal dari Sumatera Barat.

Mawardi, dkk (2013) yang telah melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik adsorpsi tanah napa yang berasal dari Kabupaten Solok sebagai adsorben ion krom dalam larutan. Data yang diperoleh memperlihatkan bahwa kapasitas serapan maksimum adsorben tanah napa untuk masing-masing ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} berturut-turut adalah 3,28 mg dan 0,868 mg per gram adsorben. Secara umum, efisiensi penyerapan ion oleh adsorben tanah napa cukup baik dan disimpulkan bahwa teknik ini dapat digunakan untuk tujuan pemekatan ion kromium yang terdapat dalam bentuk runtu (*trace*) dalam limbah.

Mawardi, dkk (2012) telah meneliti pengaruh penggunaan tanah napa sebagai zat aditif pada semen pengganti *fly ash* terhadap karakteristik semen yang dihasilkan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kuat tekan dan kehalusan butiran semen semakin menurun dengan besarnya jumlah penggunaan tanah napa, sedangkan bagian tak larut dan hilang pijar semen semakin meningkat.

Analisis komposisi material tanah napa yang berasal dari daerah Solok dengan X-ray Fluorescence (XRF) memperlihatkan bahwa tanah napa merupakan **mineral aluminasilikat** dengan komposisi seperti tergambar dalam Tabel 1.1. dan sebagai pembandingan diperlihatkan komposisi *Natural Zeolite Clinoptilolite* yang diproduksi oleh industri *Gravis Mining Co* yang memperlihatkan data yang mirip, sedangkan analisis kimia zeolit 4A mengandung SiO_2 , Al_2O_3 , P_2O_3 dan Na_2O masing-masing 51,69; 41,09; 0,2 dan 6,03% (Dizadji, *at. al.*, 2012)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Napa

Tanah Napa atau Batu Napa merupakan sebutan masyarakat Sumatera Barat, juga Bengkulu, terhadap sejenis mineral alam dengan ciri tertentu, yang sering digunakan sebagai obat, seperti obat sakit perut disebabkan masuk angin atau diare, dengan cara memakannya setelah terlebih dahulu dibakar (direndang). Mineral ini sering ditemui dijual di pasar-pasar tradisional, seperti pasar di daerah Tanah Datar.

Mineral ini diketahui cadangannya cukup melimpah di beberapa daerah (kabupaten) di Sumatera Barat, seperti Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten 50 Kota (seperti terlihat pada Gambar 2.1), Kabupaten Solok dan Kabupaten Pesisir Selatan, dengan nama tanah/batu napa.



Gambar 2.1. Kondisi Tanah Napa di daerah Sarilamak Kab. 50 Kota Sumatera Barat. (Sumber : Dokumen Mawardi, 2013)

B. Zeolit

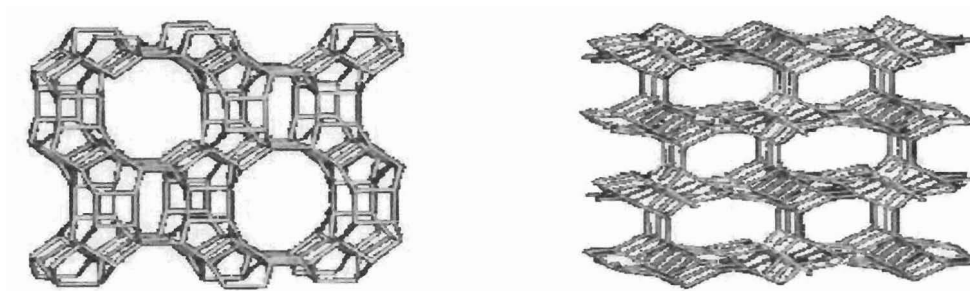
Zeolit adalah mineral alam berpori (berliang renik) berupa kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation-kation alkali dan alkali tanah dalam rangka tiga dimensi, bersifat pertukaran kation, molekul berpori, bersifat katalis dan mengadsorpsi kation logam, zat warna (celupan), ion ammonium (Taffarel and Rubio, 2010; Yuxian, 2011; Jassim, *et. al*, 2012; Rosales, *et. al*, 2012; Hani, *et. al*, 2012; Fasaai, *et. al*; 2012; Georgiev, *et. al*, 2012; Zheng, *et. al*; 2008). Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral AlO_2 dan SiO_2 yang saling berhubungan melalui atom O, sehingga zeolit mempunyai rumus empiris sebagai berikut $x/n \text{ M}^{n+}[(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y] \cdot z\text{H}_2\text{O}$. Komponen pertama M^{n+} adalah sumber kation yang dapat bergerak bebas dan dapat dipertukarkan secara sebagian atau secara sempurna oleh kation lain (Taenzana, 2011).

Zeolit alam yang terkandung dalam sumber daya mineral mempunyai kelimpahan yang cukup besar di Indonesia khususnya pada lokasi yang secara geografis terletak di jalur pegunungan vulkanik. Di wilayah Indonesia sangat banyak ditemukan mineral zeolit, seperti di daerah Bayah, Cibinong, Bogor, Sukabumi, Lampung, dan Tasikmalaya, Malang, Wonosari dan Bogor (Ginting, dkk, 2007; Wustoni, dkk, 2011). Sumber zeolit alam di Indonesia pada umumnya mengandung topologi zeolit *Mordenite*, *Clinoptilolite* dan *Smectite* (Suminta, 2005). Kemurnian yang rendah dari zeolit alam menyebabkan pemanfaatannya yang tidak optimal dibandingkan dengan zeolit sintetik. Berdasarkan fakta ini, salah satu peluang penelitian yang dapat dilakukan adalah peningkatan kemurnian

zeolit alam serta memiliki kristalinitas yang tinggi, sehingga nilai manfaat atau aplikasinya dapat ditingkatkan (Chiban, 2012; Weitkamp, 2000).

Zeolit digunakan sebagai pengemban (penyokong) karena struktur kristalnya berpori dan memiliki luas permukaan yang besar, tersusun oleh kerangka silika–alumina. Zeolit alam memiliki stabilitas termal yang tinggi, harganya murah serta keberadaannya cukup melimpah. Penggunaan zeolit secara umum digunakan untuk detergen, industri petrokimia dan pertambangan minyak, katalis, adsorben, pemisah gas, agrikultural dan hortikultural, pigmen, dan perhiasan. (Grassi.M, *et.al*, 2012; Ismail, *et.al*, 2012; Jassim, *et.al*, 2012; Gravis Mining Co, 2012; Weitkamp, 2000).

Pada zeolit ini, terdapat alkali dan alkali tanah kation logam biasanya ditemukan dalam larutan mineral. Struktur zeolit, dimana satu unit zeolit memiliki 3-dimensi, 4-struktur kerangka penghubung dari TO_4 tetrahedra (unit bangunan dasar), dimana T adalah kation yang terkoordinasai secara tetrahedral (T=Si atau Al).



Gambar 2.2. Struktur mordenit (a) dan klinoptilolit (b) sebagai komponen utama zeolit alam Indonesia [Utubira, dkk, 2006).

Dalam penjelasan struktur zeolit hampir selalu didahului dengan penjelasan tipe kerangka dalam pembukaan pori-pori dan dimensionalitas dari

sistem saluran. Banyaknya bentuk struktural seperti sangkar, saluran, rantai, dan lembaran adalah tipe dari beberapa kerangka zeolit, jadi desainnya seperti rongga, dan sangkar, unit segi delapan, poros, dan rantai dobel poros, seperti terlihat pada Gambar 2.2

C. Kaolin

Kaolin sering digunakan untuk menyebut mineral lempung putih yang mempunyai komposisi terbesar berupa kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Partikel kaolin biasanya berupa lembaran heksagonal dengan diameter sekitar 0,05-10 μm (rata-rata 0,5 μm). Mineral kaolin dapat terjadi melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal alterasi pada batuan beku felspartik dan mika. Kaolin biasanya berada sebagai mineral kaolinit murni, atau mineral yang berhubungan, misalnya, haloisit, nakrit dan dikrit yang bergabung dengan mineral lain seperti smektit, mika, kuarsa, dan feldspar sebagai pengotor (Murray, 1999).

Struktur kristal kaolin terdiri dari pasangan lapisan lembaran silika tetrahedral dan lembaran alumina oktahedral. Masing-masing pasangan dari lembaran tersebut bergabung melalui atom oksigen secara selangseling menjadi satu kesatuan melalui ikatan hidrogen antara oksigen dari silika dan oksigen hidroksil dari alumina dengan ketebalan tiap lapisan sekitar 0,72 nm. Ikatan hydrogen tersebut cukup kuat sehingga kaolin tidak mengembang ketika terhidrat dan kaolin hanya mempunyai luas permukaan luar. Kaolin merupakan salah satu mineral lempung dengan nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang relatif rendah (3-15 meq/100g) serta luas permukaan spesifik yang relative kecil, yaitu tidak lebih dari 20 m^2/g (Konta, 1995).

Kaolin banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi dalam industry berdasarkan sifat fisika dan sifat kimianya. Pemanfaatan kaolin sebagian besar untuk industri kertas, refraktori dan keramik, fiberglas, semen, karet dan plastic, cat, dan lain sebagainya (Murray, 2002). Untuk memperbaiki sifat kaolin, berbagai metode aktivasi telah dilakukan para peneliti misalnya melalui metode aktivasi asam, aktivasi basa dan metode aktivasi termal melalui proses kalsinasi (Belver et. al.,2002).

D. Teori Adsorpsi

Peristiwa adsorpsi dapat terjadi pada adsorbent yang pada umumnya beberapa zat padat. Adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisis (*fisisorpsi*) dan adsorpsi khemis (*chemisorpsi*). Adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya *van der Waals*. Pada adsorpsi secara kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Adamson, 1990). Pada peristiwa *chemisorpsi*, umumnya kapasitas adsorpsi akan bertambah dengan bertambahnya temperatur. Kenaikan temperatur cukup tinggi memungkinkan terjadinya perubahan adsorpsi fisis menjadi adsorpsi kimia. Penyerapan secara kimia terjadi apabila terbentuk ikatan kimia antara molekul terserap dengan pusat aktif penyerap. Karena terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan maka panas penyerapan yang dihasilkan besar dari 35 kJ/mol ($-\Delta H_{chemisorption}^0 > 35 \text{ kJmol}^{-1}$).

Proses penyerapan dapat dinyatakan dengan suatu persamaan kimia. Jika zat terserap adalah suatu gas, persamaan reaksi keseimbangan dapat ditulis :



Dengan M adalah gas terserap, B adalah pusat aktif pada permukaan penyerap dan MB adalah molekul M yang terikat pada pusat aktif atau pusat aktif permukaan penyerap yang ditempati oleh molekul M. Penyerapan mula-mula meningkat secara linier sesuai dengan tekanan, kemudian penyerapan berangsur-angsur berkurang dan pada tekanan gas yang cukup tinggi penyerapan dianggap mempunyai nilai yang konstan serta permukaan penyerap jenuh dengan zat terserap, membentuk lapisan bermolekul tunggal (Oscik.1982)

Untuk penyerapan setiap ion logam dari larutan, tekanan diganti menjadi konsentrasi c , yaitu konsentrasi ion logam bebas saat seimbang (Ramelow dkk.1996), sehingga diperoleh:

$$a = \frac{a_m kc}{1 + kc} \quad (2)$$

Langmuir menggambarkan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu pusat aktif (active site) yang sebanding dengan luas adsorben. Pada setiap pusat aktif hanya satu molekul yang diserap. Ikatan yang terjadi antara zat yang terserap dengan penyerap (adsorben) dapat terjadi secara fisika dan secara kimia. Persamaan *Adsorpsi Isoterm Langmuir*, dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier (Ocsik, 1982), yaitu :

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{a_m k} + \frac{1}{a_m} c \quad (3)$$

atau

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_m} + \frac{1}{a_m k} \cdot \frac{1}{c} \quad (4)$$

dimana: a adalah miligram logam yang terserap per gram biomaterial kering; k adalah konstanta keseimbangan (afinitas serapan); c adalah konsentrasi ion bebas

saat seimbang (mg/L); a_m adalah miligram logam terserap pada keadaan jenuh (kapasitas serapan maksimum), biasa juga ditulis dengan notasi b . Menurut Crist, dkk, (1992), bila plot c/a versus c berupa garis lurus, maka dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh memenuhi persamaan Adsorpsi Isoterm Langmuir dan hal tersebut berarti antara zat terserap dengan pusat aktif penyerap, membentuk lapisan tunggal pada permukaan penyerap (*monolayer adsorption*). Apabila c/a diplot terhadap c atau $1/a$ terhadap $1/c$ maka akan diperoleh garis linier, sehingga konstanta afinitas serapan (k) dan kapasitas serapan maksimum (a_m) dapat ditentukan dari slope dan intersep.

Menurut Ramelow (1996), apabila konsentrasi a diplot terhadap waktu (t), maka setiap kurva mencapai suatu nilai tetap (a_∞) pada titik jenuh. Ketika nilai $\ln a$ diplot terhadap waktu (t), maka konstanta laju orde pertama (k) dapat dihitung dari *slope* awal. Setelah menghitung konstanta laju pada suhu yang berbeda, maka $\ln k$ versus $1/T$ dapat diplot dan energi aktivasi (E_a) dapat dihitung dari *slope*.

Pearson dalam Wood dan Wang (1983), mengelompokkan urutan pembentukan kompleks dari ion-ion anorganik atas asam dan basa keras serta asam dan basa lunak. Dalam Tabel 2.1 ditunjukkan klasifikasi logam-logam dan ligan-ligan penting yang berinteraksi sebagai asam atau basa keras atau lunak. Ligan yang mempunyai atom donor dengan keelektronegatifan tinggi adalah suatu basa keras, sedangkan ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi adalah basa lunak. Secara umum, kation-kation keras (asam Lewis) dengan ligan-ligan keras (basa Lewis) akan membentuk kompleks yang stabil, sedangkan asam-asam lunak membentuk kompleks yang sangat stabil dengan basa lunak

Tabel 2.1. Klasifikasi asam dan basa keras dan lunak

Asam keras H ⁺ , Li ⁺ , Na ⁺ , Be ⁺² , Mg ⁺² , Ca ⁺² , Mn ⁺² , Al ⁺³ Cr ⁺³ , Co ⁺³ , Fe ⁺³ , As ⁺³	Antara Fe ⁺² , Co ⁺² , i ⁺² Cu ⁺² , Zn ⁺² , Pb ⁺² Sn ⁺²	Asam Lunak Cu ⁺ , Ag ⁺ , Au ⁺ , Ti ⁺ Hg ⁺² , CH ₃ Hg ⁺ , Cd ⁺² , Pt ⁺² , Pd ⁺²
Basa Keras H ₂ O, OH ⁻ , F ⁻ , Cl ⁻ , PO ₄ ⁻³ , SO ₄ ⁻² , CO ₃ ⁻² , ROH, RO ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ , RNH ₂ , CH ₃ CO ₂ ⁻ , R ₂ O, ClO ₄ ⁻	Antara Br ⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₃ ⁻² N ₃ ⁻ , C ₆ H ₅ NH ₂ , C ₆ H ₅ N, N ₂	Basa Lunak RSH, S ₂ O ₃ ⁻² , RS ⁻ , SCN ⁻ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆ , H ⁻ , CO, H ₂ S, CN ⁻ , R ₃ P, I ⁻ (RO) ₃ P, R ₃ As

Sumber : Pearson , Frosner dan Wittman, dalam Wood and Wang, 1983

E. Peranan Instrumen Dalam Penelitian Mineral Aluminasilikat

Diantara instrumen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. X-ray fluorescence (XRF)

Instrumen XRF mampu untuk menentukan komposisi unsur material dengan cepat dan non destruktif , seperti sampel logam dan logam mulia, batuan dan tanah, sampel lumpur dan cair, permukaan yang dicat , termasuk kayu, beton, plester, drywall dan bahan bangunan lainnya. Setiap unsur yang ada dalam sebuah sampel menghasilkan sebuah kumpulan karakteristik X-ray yang khusus yang merupakan sebuah “sidik jari” untuk unsur tertentu. Alat analisa XRF menentukan kimiawi sampel dengan mengukur spektrum karakteristik sinar-x yang dipancarkan oleh unsur-unsur yang berbeda dalam sampel bila diterangi oleh sinar-x.

X-ray fluorescens terbentuk ketika sebuah sinar-x dari energi yang cukup menyerang sebuah atom dalam sampel, mengeksitasi sebuah elektron dari salah satu kulit orbit di bagian dalam atom. Atom mengembalikan

stabilitas, mengisi posisi yang ditinggalkan di kulit orbit di bagian dalam dengan elektron dari salah satu orbit energi atom yang lebih tinggi. Elektron turun ke keadaan energi yang lebih rendah dengan merilis sebuah sinar-x fluorescens, dan energi dari sinar-x ini adalah sama dengan perbedaan spesifik dalam energi antara dua keadaan kuantum dari elektron.

Ketika sebuah sampel diukur menggunakan XRF, setiap unsur yang ada dalam sampel mengeluarkan spectrum energi sinar-x fluorescens yang unik sendiri. Dengan mengukur X-ray fluorescens yang dikeluarkan oleh unsur2 yang berbeda dalam sampel2 secara bersamaan, alat analisa genggam XRF Thermo Scientific Niton menentukan unsur yang berada dalam sampel dengan cepat dan konsentrasi relatif mereka - dengan kata lain, unsur kimiawi sampel. Untuk sampel2 dengan rentang komposisi kimia yang diketahui, seperti kelas2 umum dari campuran2 logam, alat XRF ini juga mengidentifikasi sebagian besar jenis sampel dengan nama, biasanya dalam hitungan detik.

2. Difraksi X-ray (XRD)

Penamaan difraktometer ini ditentukan oleh sumber radiasi yang digunakan yaitu difraktometer neutron, sinar x dan electron. Prinsip dari *X-ray Diffractometer* (XRD) adalah difraksi gelombang sinar x yang mengalami *scattering* setelah bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan merepresentasikan struktur kristal. Dari analisa pola difraksi dapat ditentukan parameter kisi, ukuran kristal, identifikasi fasa kristalin. Jenis

material dapat ditentukan dengan membandingkan hasil XRD dengan katalog hasil difraksi berbagai macam material. X ray difraksi Instrumen menyediakan satu analisis struktur kristal, polycrystalline dan amorphous sampel. termasuk tahap analisis kualitatif dan analisis kuantitatif

3. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

SEM dipakai untuk mengetahui struktur mikro suatu material meliputi tekstur, morfologi, komposisi dan informasi kristalografi permukaan partikel. Morfologi yang diamati oleh SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel. EDX (*Energy Dispersive X-ray*), merupakan karakterisasi material menggunakan sinar-x yang diemisikan ketika material mengalami tumbukan dengan elektron

4. *Fourier transform infrared (FTIR).*

Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi infra merah merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} . Radiasi elektromagnetik dikemukakan pertama kali oleh James Clark Maxwell, yang menyatakan bahwa cahaya secara fisis merupakan gelombang elektromagnetik, artinya mempunyai vektor listrik dan vektor magnetik yang keduanya saling tegak lurus dengan arah rambatan.

Bila radiasi infra merah dilewatkan melalui suatu cuplikan, maka molekul-molekulnya dapat menyerap (mengabsorpsi) energi terjadilah transisi antara

tingkat vibrasi dasar (ground state) dan tingkat vibrasi tereksitasi (excited state). Pengabsorpsian energy pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah, yang memplot jumlah radiasi infra merah yang diteruskan melalui suatu cuplikan sebagai fungsi frekuensi (atau panjang gelombang) radiasi. Plot tersebut disebut spectrum inframerah yang akan memberikan informasi penting tentang gugus fungsional suatu molekul.

Vibrasi ulur dan tekuk adalah cara vibrasi yang dapat dieksitasi oleh sinar dengan bilangan gelombang (jumlah gelombang per satuan panjang) dalam rentang $1200-4000\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan daerah antara $2000 - 400\text{ cm}^{-1}$ seringkali sangat rumit, karena vibrasi regangan maupun bengkokan mengakibatkan absorpsi pada daerah tersebut. Dalam daerah $2000 - 400\text{ cm}^{-1}$ tiap senyawa organik mempunyai absorpsi yang unik, sehingga daerah tersebut sering juga disebut sebagai daerah sidik jari (*fingerprint region*).

5. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Atom suatu unsur akan menyerap energi dan terjadi eksitasi atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan sebagian atau seluruh tenaga eksitasinya dalam bentuk radiasi.

Frekuensi radiasi yang dipancarkan karakteristik untuk setiap unsur dan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang tereksitasi yang kembali ke keadaan dasar. Penyerapan ini menyebabkan terjadinya pengurangan intensitas radiasi yang diberikan. Pengurangan intensitasnya sebanding dengan jumlah atom yang berada pada keadaan dasar tersebut

BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan khusus yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah:

Tahun pertama: 1) Memperoleh sampel tanah napa yang representatif di daerah Sumatera Barat, 2) Melakukan karakterisasi terhadap sampel tanah napa dengan teknik dan instrumen *X-ray fluorescence (XRF)*, *X-ray diffraction (XRD)*, *scanning electron microscope-energy dispersive X-ray (SEM)* dan *fourier transform infrared (FTIR)*. Sehingga diperoleh informasi tentang komposisi kimia, karakteristik struktur kristal masing-masing sampel mineral dari masing-masing daerah/lokasi. 3) Mempelajari karakteristik daya serap mineral terhadap salah satu ion logam berat dalam larutan cair.

B. Manfaat Penelitian

Mineral aluminasilikat ini, yang oleh masyarakat Sumatera Barat dikenal sebagai tanah atau batu napa dan, sejauh ini, diketahui cadangannya cukup melimpah di daerah Kabupaten Tanah Datar, Kota Solok, Kabupaten Solok, Kabupaten Solok Selatan dan Kabupaten Pesisir Selatan. Mineral aluminasilikat kelompok zeolit dan kaolin adalah jenis material alam yang nilai komersialnya sangat tinggi dan digunakan secara luas dalam berbagai

bidang. Kegunaan zeolit diantaranya dalam bidang *water treatment*, *wastewater treatment*, *agriculture*, *horticulture*, *aquaculture*, *household products* dan *industrial products* (Gravis Mining Co, 2012). Sedangkan kegunaan kaolin, diantaranya pada industri kertas, yaitu sebagai bahan pengisi (*filler material*) dan sebagai bahan pelapis (*coating material*), industri keramik, kaolin digunakan sebagai bahan body maupun bahan glasir untuk meningkatkan kualitas warna produk menjadi lebih cerah, industri karet, kaolin, digunakan sebagai bahan vulkanisir untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan karet, industri cat, kaolin digunakan sebagai bahan extender produksi cat, substitusi mewarnai cat dan untuk membuat cat berwarna cemerlang, industri plastik, kaolin digunakan, untuk membuat permukaan plastik menjadi rata dan membuat plastik resisten terhadap serangan zat-zat kimia Industri Fiberglass, kaolin, digunakan sebagai penguat dalam fiberglass yaitu untuk memperbaiki proses integrasi fiber terhadap produk yang penguatannya menggunakan plastik

Dengan demikian merupakan peluang yang **sangat penting** untuk melakukan penelitian yang lebih luas dan mendalam berbasis material aluminasilikat yang berasal dari daerah Sumatera Barat, karena berdasarkan penelusuran kepustakaan yang telah dilakukan, belum ditemukan laporan penelitian tentang material ini yang dilakukan oleh peneliti lain, khususnya cadangan **mineral aluminasilikat** yang bersumber dari daerah Sumatera Barat. Pengkajian dan penelitian potensi mineral

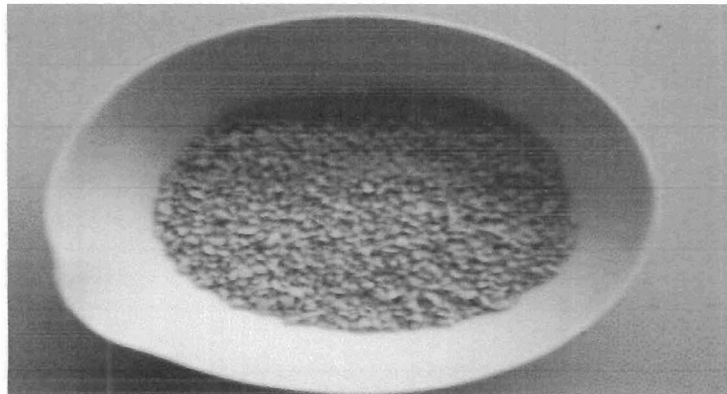
aluminasilikat ini dapat menjadi penelitian unggulan bagi Universitas Negeri Padang, sekaligus dapat memberikan kontribusi dalam mengoptimalkan penggunaan potensi sumber daya alam daerah Sumatera Barat.

Penelitian ini, diharapkan, juga akan memberikan kontribusi yang besar terhadap perkembangan ilmu pengetahuan karena sangat terbuka peluang untuk melakukan penelitian lanjutan dan mendalam (*advance*) terhadap material ini sesuai dengan kegunaan (aplikasi)nya yang luas di lapangan seperti sebagai material adsorben, katalis dan bahan penyangga produk industri (Tekmira, 2013).

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Penelitian Secara Umum.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang selama jangka waktu 4 tahun, yang dihitung mulai dari diterimanya proposal ini. Objek penelitian ini adalah tanah napa, yang berasal dari daerah Sumatera Barat (Gambar 3.1). Secara umum, tahapan penelitian seperti pada Bagan Alir Penelitian pada Gambar 3.3. Tahapan penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.1 Material Tanah Napa

Tahapan Penelitian Yang Akan Dilaksanakan

Tahap pertama, memperoleh sampel yang representatif di daerah Sumatera Barat, menentukan komposisi kimia masing-masing sampel, menentukan struktur kristal dan mempelajari karakteristik masing-masing sampel mineral dari masing-masing daerah/lokasi, menghasilkan mineral dengan struktur kristal murni dan

termodifikasi, menentukan rumus molekul kristal murni, memperoleh data identifikasi struktur kristal murni dan kristal termodifikasi.

Metoda yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah metoda eksperimen laboratorium yang melibatkan peralatan gelas, seperti kolom kerja, tabung refluks dan instrumen *X-ray fluorescence* (EDXRF, Merk: PAN alytical Type: Epsilon 3), *X-ray diffraction* (XRD, Merk: PAN alytical), *scanning electron microscope-energy dispersive X-ray* (SEM, Merk: Phenom[™] Type: Pro X). Semua peralatan dan intrumen yang dibutuhkan tersedia di laboratorium jurusan di lingkungan FMIPA UNP.

Perlakuan Material Tanah Napa

Proses pemurnian dan modifikasi (aktivasi) dilakukan melalui proses pencucian, proses refluks, proses ultrasonik, proses pengeringan, proses modifikasi, proses netralisasi dan proses pertukaran ion.

Proses Pemurnian dilakukan dengan proses refluks, dimana material bentuk bulk dimasukkan dalam labu refluks ditambah air demin dan dipanaskan sampai mendidih selama 3 x 6 jam. Kemudian zeolit dicuci hingga air cuciannya bening dan setelah itu zeolit dikeringkan dalam alat pengering pada suhu 105 °C. Selanjutnya material dicuci dan dikeringkan dalam alat pengering pada suhu 105 °C. Proses aktivasi dan modifikasi mineral secara kimia dalam serie 4 (empat) kolom pemisah dengan cara mengalirkan larutan KOH 1M . Aktivasi dan modifikasi secara kimia menggunakan mineral hasil pemurnia (reflux). Untuk proses aktivasi dan modifikasi digunakan larutan KOH 1M. Kemudian

dikarakterisasi dengan XRD dan SEM, untuk mengetahui apakah material tersebut telah termodifikasi.

Persiapan sampel untuk dikarakterisasi dengan XRF, material berupa serbuk ditimbang masing-masing sebesar 50 gr, kemudian dimasukkan ke dalam wadah sampel dan seterusnya dimasukkan ke dalam *chamber* XRF untuk divakum hingga tekanan 10⁻⁵ bar. Analisis komposisi dilakukan dengan dengan instrument XRD (PANalytical), interval 2 θ 10-100, Cu-katoda, K- α 1,5406 Å, (40 kV, 30 mA), waktu dengan *scan step* 7.1400 7.1400 detik.

Analisis Kandungan Logam Dan Konsentrasi Bahan Organik Toksik

Pada masing-masing perlakuan penentuan konsentrasi logam dilakukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom nyala (SSA, Merk Shimadzu) pada panjang gelombang yang sesuai untuk masing-masing logam. Jumlah kation logam yang diserap oleh adsorben adalah selisih antara konsentrasi masing-masing kation saat setimbang (dalam filtrat/eluen) dengan konsentrasi kation mula-mula. (Hancock, 1996b). Jumlah logam yang terserap yang dinyatakan sebagai berat (mg) logam yang terserap per berat (g) adsorben yang digunakan. Penetapan konsentrasi bahan organik toksik dilakukan dengan instrumen spektrometer UV-Vis

Perlakuan Penelitian Pada Sistem *Kontinu*

Pada kolom dipecking adsorben, dengan sistim kontak berupa *sistim kontinu*. Untuk masing-masing adsorben, data yang diharapkan antara lain

optimasi parameter biosorpsi seperti laju alir, ukuran partikel, ukuran *packing*, pH dan konsentrasi larutan logam, regenerasi dan recovery kolom dengan pelarut asam, untuk masing-masing logam, data ujicoba pada sampel limbah (sampel riil) dalam skala laboratorium dan penerapan masing-masing sistim untuk tujuan prekonsentrasi (pemekatan) logam dalam bentuk *trace element* dalam sampel limbah cair.

Regenerasi kolom

Untuk meregenerasi kolom dan mendesorpsi atau memperoleh kembali (*recovery*) masing-masing logam yang teradsorpsi dalam kolom, maka ke dalam kolom tersebut dilewatkan 10 mL larutan HNO₃ sebagai pelarut dengan variasi konsentrasi 0,05 M, 0,1 M, 0,5 M. Eluen yang diperoleh ditentukan konsentrasi logamnya seperti prosedur 5.

Aplikasi pada Sample Limbah dan Faktor Pemekatan

Satu L sampel limbah yang mengandung masing-masing kation logam dengan konsentrasi tertentu, dilewatkan melalui kolom yang dikemas dengan adsorben terimobilisasi, kemudian kolom tersebut dielusi satu kali elusi dengan 10 mL larutan asam nitrat dengan konsentrasi optimum. Eluen yang keluar ditentukan konsentrasi logamnya dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), untuk mengukur konsentrasi logam awal dan konsentrasi logam yang terdesorpsi.

Teknik Analisa Data

Jumlah serapan maksimum adsorben ditentukan dengan persamaan Adsorpsi Isoterm Langmuir, yang dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier (Ocsik, 1982), yaitu :

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{a_m k} + \frac{1}{a_m} c.$$

dimana : a adalah miligram logam yang terserap per gram biomaterial kering; k adalah konstanta keseimbangan (konstanta afinitas serapan); c adalah konsentrasi ion bebas saat seimbang (mg/L); a_m adalah miligram logam terserap pada keadaan jenuh (kapasitas serapan maksimum), biasa juga ditulis dengan notasi b . Identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan metoda spektrofotometri yang sesuai seperti FTIR, sedang penentuan konsentrasi gugus fungsi dalam adsorben dilakukan dengan metoda spektrofotometri dan metoda titrasi yang sesuai. Proses biosorpsi juga diidentifikasi dengan data SEM.

Recovery(R) adalah nilai yang memperlihatkan berapa bagian jumlah mutlak unsur runtu yang terdapat dalam konsentrat, yang dinyatakan dengan :

$$R (\%) = \frac{q_c}{q_s} \times 100$$

Dimana q_c dan q_s masing-masing jumlah unsur runtu dalam konsentrat dan dalam sampel (Zolotov, 1990)

Porositas merupakan perbandingan antara volume pori total dengan volume total sampel. Volume pori dapat diketahui dengan metoda saturasi air. Pada metoda ini, sampel ditimbang dengan berat kering (W_d), kemudian direndam di dalam air hingga seluruh pori dalam sampel terisi air. Sampel

kemudian ditimbang kembali, disebut berat basah (W_w). Porositas dapat dihitung dengan persamaan

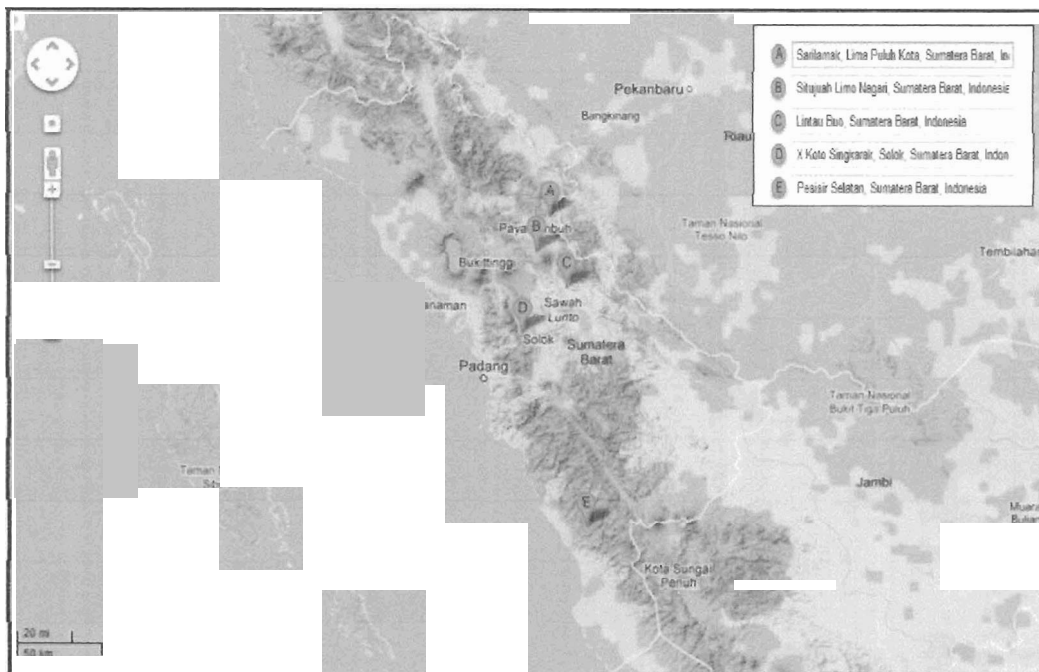
$$\text{Porositas} = \frac{W_w - W_d}{V_{\text{sampel}}} \times 100\%$$

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Pengambilan Sampel

Diakses melalui <https://maps.google.com/maps?hl=id&tab=TI> pada tanggal 10 November 2013.



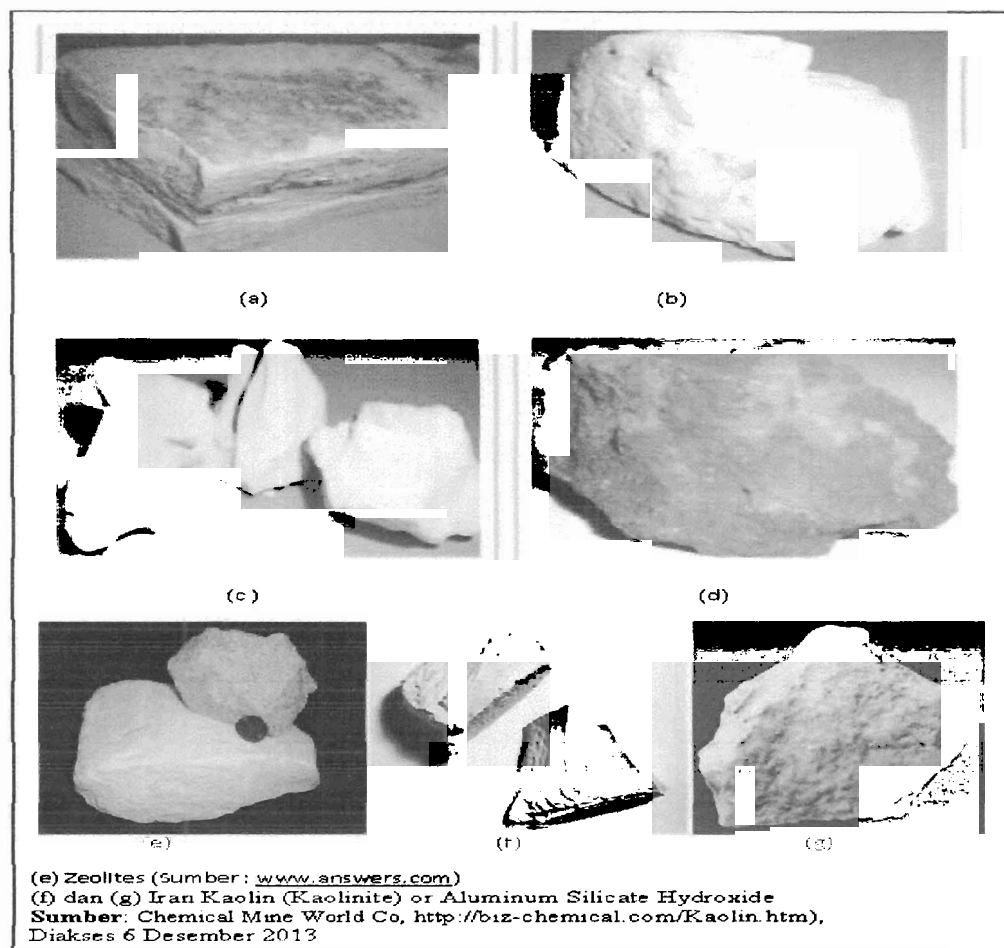
Gambar 5.1 Peta daerah pengambilan sampel tanah napa

Sampel tanah napa diambil dari beberapa lokasi di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Solok, Kabupaten 50 Kota dan Kabupaten Pesisir Selatan. Pemilihan daerah tersebut didasarkan atas informasi dari masyarakat yang mengetahui sejenis mineral (tanah/batu) tertentu yang sering mereka gunakan sebagai obat sakit perut, yang mereka sebut sebagai "tanah napa". Foto lokasi pengambilan sampel seperti terlihat pada Lampiran 1-3.

B. Hasil Karakterisas Sampel dari Setiap Lokasi

1. Tampilan Fisik Setiap Sampel

Sampel tanah napa yang diambil dari beberapa lokasi di Sumatera Barat, secara fisik seperti terlihat pada Gambar 5.2 (a – d) dapat dibandingkan dengan zeolit alam dan kaolin yang berasal dari Iran (Gambar 5.2 e-g). Secara fisik, kaolin, mungkin berwarna putih atau krem, kuning pucat, kadang-kadang kemerahan, biru atau coklat (Wikipedia, 2013; Ralph, 2013)



Gambar 5.2. Mineral aluminasilika Sumatera Barat dan Zeolit dan Kaolin sebagai pembanding

2. Hasil XRF

Hasil karakterisasi berupa komposisi tanah napa yang berasal dari masing-masing lokasi di Sumatera Barat dengan instrument EDXRF (Merk: PAN alytical, Type: Epsilon 3) seperti terlihat dalam Tabel 5.1 (A-E).

Tabel 5.1 Komposisi Tanah Napa yang berasal dari beberapa lokasi di Sumatera Barat (A-E) dibandingkan dengan Komposisi Mineral Aluminasilika lain (F-H)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
A	68.70	21.24	2.168	0,743	trace	6.358	trace	3.23
B	66.21	19.42	2.982	0,913	trace	9.832	trace	3.40
C	64.42	24.99	5.976	0.654	2.331	0.892	trace	2.58
D	70.43	20.52	3.67	0.40	2.70	1.26	trace	3.43
E	51.70	41.52	2.129	3.201	0.426	0.156	trace	1.24
F	65-72	10-12	0,8-1,9	-	2,5-3,7	2,3-3,5	trace	6.5-6.0
G	49.50	35.50	0.29	0.09	trace	trace	trace	1.39
H	46.22	37.30	1.02	0.21	0.26	0.23	trace	1.24
I	68.17	11.05	0.53	0.19	3.93	1.11	0.6	6.17

Ket: A = mineral berasal dari Kec. Situjuh Kab. 50 Kota
B = mineral berasal dari Kec. Sarilamak Kab. 50 Kot
C = mineral berasal dari Kec. Lintau Kab. Tanah Datar
D = mineral berasal dari Kec. X Koto Kab. Solok
E = mineral berasal dari Kec. Batang Kapeh Kab. Pesisir Selatan
F = *Natural Zeolite Clinoptilolite* produksi Gravis Mining Co,(2012) .
G = Produk komersial Kaolin dari Selandia baru (Saklar, 2012)
H = Produk komersial Kaolin dari Turki (Saklar, 2012)
I = Zeolit alam (Clinoptilolite) dari Pergunungan Alborz, Iran (Masouri et al, 2013)

Data yang diperoleh memperlihatkan bahwa SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Fe₂O₃ dan CaO merupakan komponen utama. Juga terlihat bahwa mineral tanah napa

mengandung komponen penukar kation, yaitu K dan Ca. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa mineral tanah napa yang berasal dari Sumatera Barat adalah kelompok **mineral aluminosilika** dengan perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ berkisar antara 1.25-3.43. Pada Tabel 5. 1 (F-I) juga ditampilkan komposisi beberapa mineral aluminosilikat yang berasal dari beberapa sumber sebagai pembandingan.

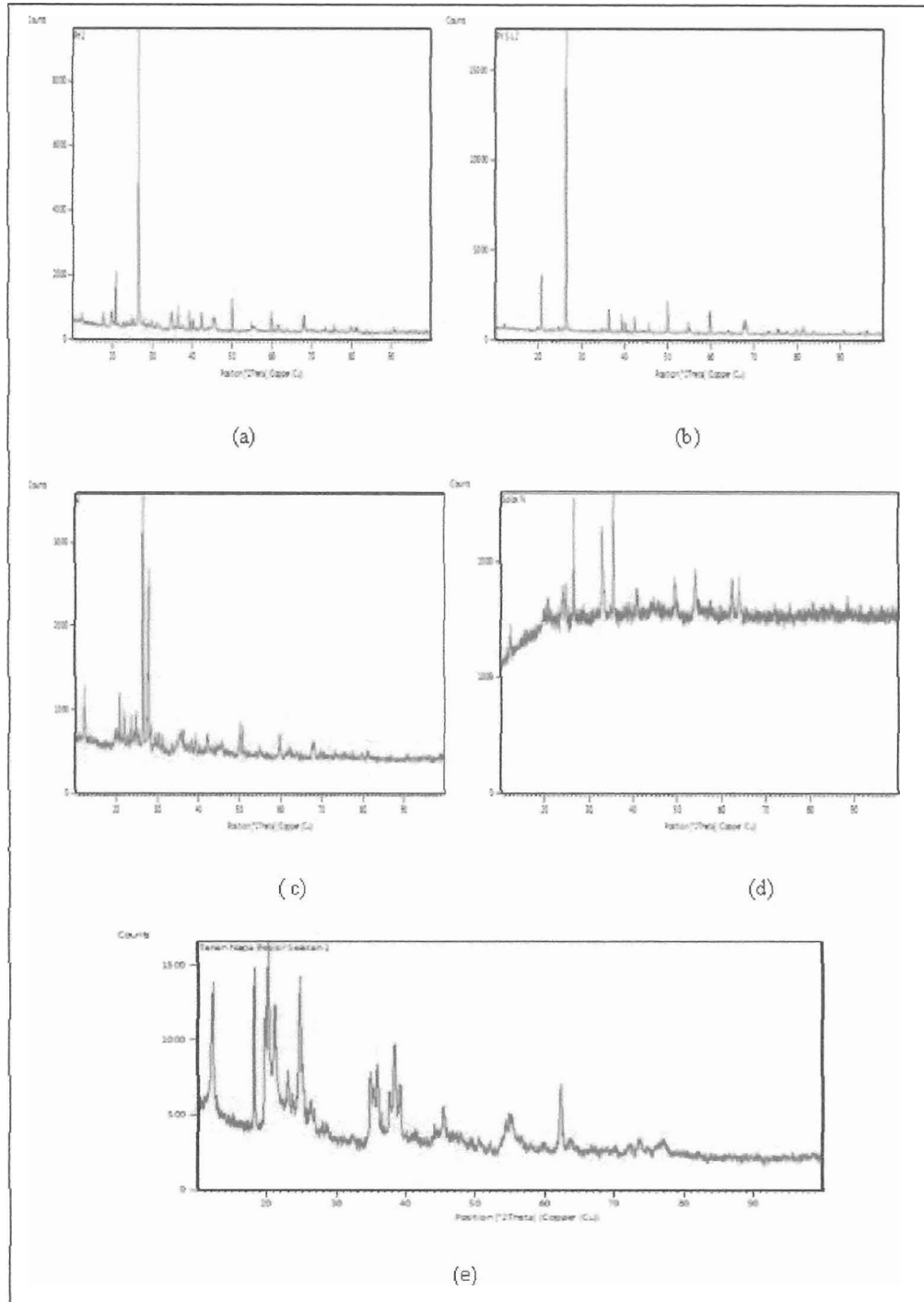
3. Hasil XRD

Pengukuran XRD masing-masing tanah napa yang berasal dari lokasi Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Solok, Kabupaten 50 Kota dan Kabupaten Pesisir Selatan menghasilkan pola difraktogram seperti terlihat pada Gambar 5.2 (a-e). Analisis dilakukan terhadap sampel berupa serbuk, dilakukan dengan instrument XRD (PANalytical), interval 2θ 10-100, Cu-katoda, $\text{K}\alpha$ 1,5406 A° , (40 kV, 30 mA).

Analisis pola difraktogram yang dihasilkan sampel tanah napa (Gambar 5.2 a-e) yang berasal dari (a) Kecamatan Situjuh dan (b) Kec. Sarilamak (B) Kabupaten 50 Kota, (c) Kabupaten Tanah Datar, (d) Kabupaten Solok dan (e) Kabupaten Pesisir Selatan memperlihatkan beberapa puncak 2 Th. (θ), seperti terangkum dalam Tabel 5.2. Berdasarkan pola data difraktogram yang diperoleh, salah satu kandungan mineral yang terpenting adalah kaolinite. Kaolin banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi dalam industry berdasarkan sifat fisika dan sifat kimianya. Pemanfaatan kaolin sebagian besar untuk industria kertas (45%), refraktori dan keramik (31%), fiberglas (6%), semen (6%), karet dan plastik (5%), cat (3%) dan lain sebagainya (45%) (Murray, 2002).

Tabel 5.2. Rangkuman pola difraktogram XRD yang dihasilkan sampel Tanah napa dari beberapa daerah di Sumatera Barat

	Puncak [$^{\circ}2\ \text{Th.}$]	Intensitas [%]	Mineral	Keterangan
A	20.8463	18.44	Quartz	
	26.6232	100.00	Kaolinite-1A, Quartz, Alumina- β	
	50.1087	11.09	Quartz	
B	20.8187	18.51	Quartz	
	26.5958	100.00	Kaolinite-1A, Quartz,	
	50.0770	18.82	Quartz	
C	12.3386	20.13	Kaolinite-1A	
	20.8157	20.63	Cristobalite	
	21.9676	14.54	Kaolinite-1A	
	23.6660	12.19	Kaolinite-1A	
	26.5951	100.00	Kaolinite-1A, Quartz,	
	27.9618	68.48	Cristobalite	
D	12.3427	23.23	Kaolinite-1A	
	24.8890	25.97	Kaolinite-1A	
	26.6313	96.07	Kaolinite-1A, Quartz,	
	33.2313	64.65	Hematite, Alumina	
	35.6178	100.00	Kaolinite-1A, Hematite, Alumina	
	49.4781	29.78		
E	12.3373		Kaolinite-1A	
	18.2790		Magnetite	
	20.2930	100.00		
	21.2207	66.38	Kaolinite-1A	
	24.8663	82.35		
	35.9422	42.72	Kaolinite-1A, Alumina	
	38.4259	49.95	Kaolinite-1A, Quartz, Alumina- β	



Gambar 5.2 Pola difraktogram XRD dari tanah napa yang berasal dari (a) dan (b) Kab. 50 Kota, (c) Kab. Tanah Datar, (d) Kab. Solok, (e) Kab. Pesisir Selatan

Untuk memperbaiki sifat kaolin, berbagai metode aktivasi telah dilakukan para peneliti misalnya melalui metode aktivasi asam, aktivasi basa dan metode aktivasi termal melalui proses kalsinasi (Belver et. al., 2002).

4. Hasil FTIR

Spektrum FTIR dari masing-masing tanah napa yang berasal dari lokasi Kabupaten Tanah Datar, Kabupaten Solok, Kabupaten 50 Kota dan Kabupaten Pesisir Selatan menghasilkan pola spektrum seperti terlihat pada Gambar 5.3 (a-e). Berdasarkan data spektrum FTIR sampel tanah napa (Gambar 5.3 a-e) yang berasal dari (a) Kecamatan Situjuh dan (b) Kec. Sarilamak (B) Kabupaten 50 Kota, (c) Kabupaten Tanah Datar, (d) Kabupaten Solok dan (e) Kabupaten Pesisir Selatan dapat diperkirakan gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam mineral tanah napa dengan menginterpretasi data bilangan gelombang, sebagai mana terangkum pada Tabel 5.4.

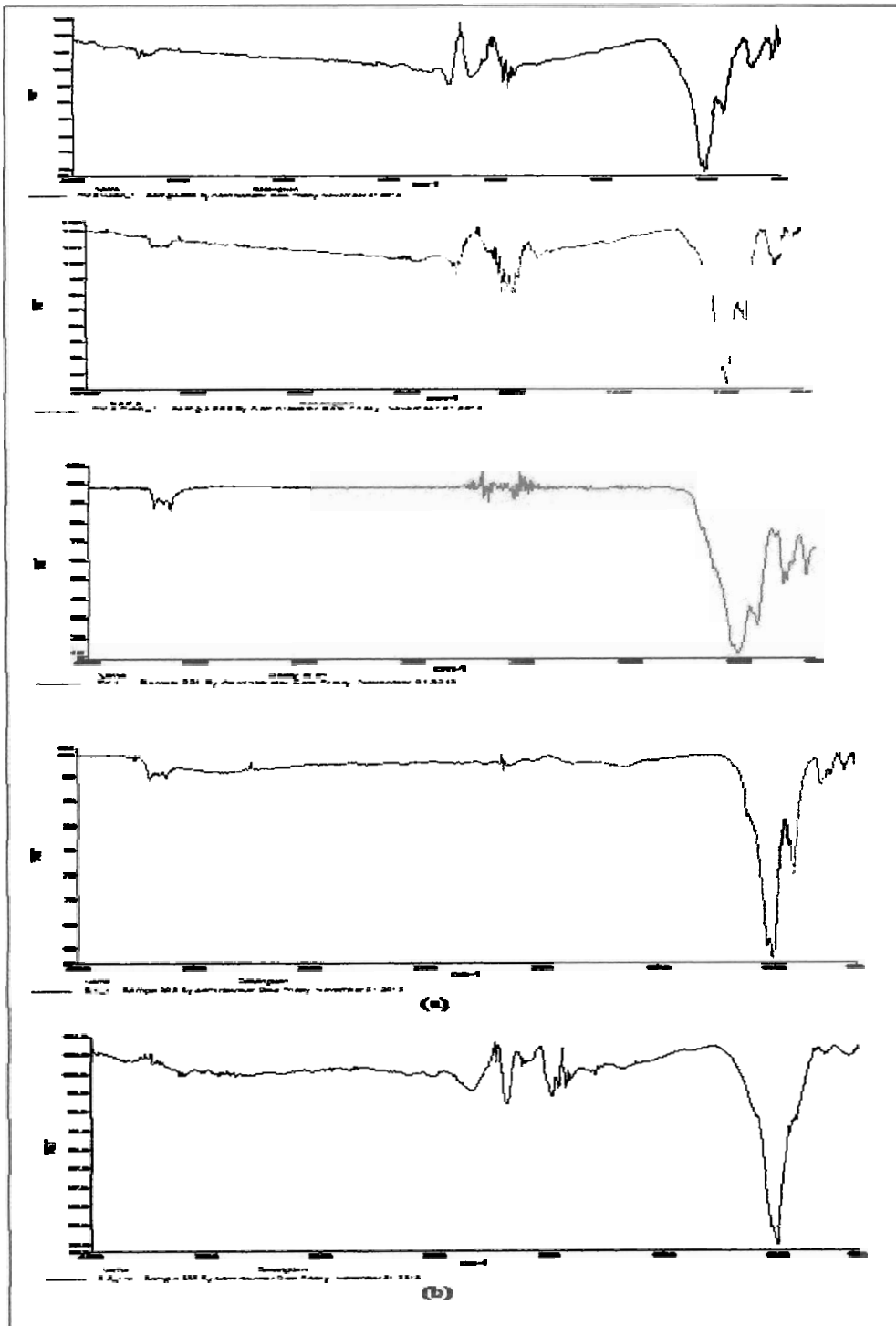
Secara umum terlihat bahwa serapan pada bilangan gelombang 3200-3600 karakteristik untuk serapan octahedral O-H regangan dari H₂O yang diperkuat dengan serapan pada bilangan gelombang (ν) 1636.3 yang merupakan serapan dformasi dari H₂O (O-H tekuk). Serapan pada bilangan gelombang (ν) 2165.09 merepresentasikan adanya gugus C-H , karena daerah ini merupakan fibiasi ulur C-H. Gugus C-H ini diduga berasal dari pengotor senyawa organik yang terperangkap dalam kerangka mineral.

Serapan pada bilangan gelombang (ν) 1100-700 merupakan *Finger Print* dari mineral aluminasilikat seperti zeolit yang merepresentasikan regangan

asimetrik eksternal T-T-O, regangan O-T-O dan regangan T-O-T dalam tetrahedral (T=Si dan/atau Al). Pola spektrum yang diperoleh mempunyai kemiripan dengan spektra zeolit yang dilaporkan oleh Peter et. al (2011).

Tabel 5.4. Daerah Serapan Inframerah Khas Beberapa gugus Fungsi

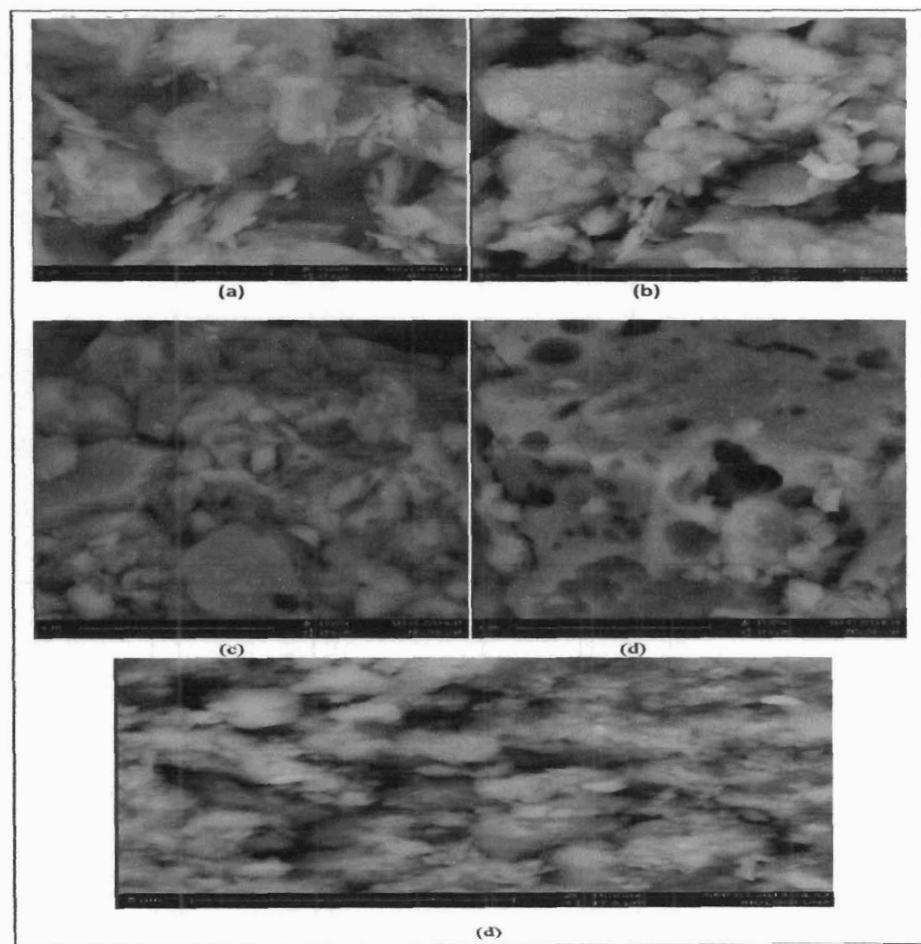
	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹) (Rentang)	Interpretasi spektrum
A	3200-3600	Stretching O-H
	2037	
	1889.05	Bending O-H
	1100-700 693.59	Finger Print Zeolit Stretching internal T-O dalam tetrahedral (T = Si dan/atau Al) Stretching (strong) T-T-O Stretching gugus O-T-O Stretching T-O-T
B	2264.83	Stretching TiO ₂
	2026.56	
	1100-700	Stretching internal T-O in tetrahedral (T = Si dan/atau Al) Stretching (strong) T-T-O Stretching gugus O-T-O Stretching T-O-T
C	2038.22	Stretching TiO ₂
	1889.65	
	1100-700 693.69	Stretching internal T-O in tetrahedral (T = Si dan/atau Al) Stretching (strong) T-T-O Stretching gugus O-T-O Stretching T-O-T
D	3690.16	Stretching O-H air
	2165.09	Stretching TiO ₂
	1636.3	Bending O-H
	1100-700 693.60	Stretching internal T-O in tetrahedral (T = Si dan/atau Al) Stretching (strong) T-T-O Stretching gugus O-T-O Stretching T-O-T
E	3690.7	
	2035.28	Stretching TiO ₂
	1920.48	
	1100-700	Stretching internal T-O in tetrahedral (T = Si dan/atau Al) Stretching (strong) T-T-O Stretching gugus O-T-O Stretching T-O-T



Gambar 5.3. Spektra FTIR sampel tanah napa yang berasal dari (a) dan (b) Kab. 50 Kota, (c) Kab. Tanah Datar, (d) Kab.Solok, (e) Kab. Pesisir Selatan

5. Hasil SEM

Data berupa gambar SEM berguna untuk menentukan morfologi dari permukaan yang terbentuk dan memperkirakan ukurannya. Morfologi permukaan mineral tanah napa yang tergambar diperoleh dari pencitraan mineral alami, yang belum dilakukan pemurnian. Secara umum, dengan perbesaran 15000 kali, sudah terlihat pola butiran-butiran kristal, yang merepresentasikan mineral-mineral aluminasilikat.



Gambar 5.2 Gambar *Scanning Electron Microscope (SEM)* Sampel tanah napa yang berasal dari (a) Kab. 50 Kota, (b) Kab. Tanah Datar, (c) Kab. Solok, (d) Kab. Pesisir Selatan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperkirakan mineral tanah napa, cukup melimpah di daerah Kabupaten Tanah Datar, Kota Solok, Kabupaten Solok, Kabupaten Solok Selatan dan Kabupaten Pesisir Selatan dan Sumatera Barat umumnya, adalah kelompok mineral **aluminasilikat**, terutama berupa mineral **kaolinit**. Disamping itu data awal juga mendukung bahwa pada sebagian lokasi ditemukan mineral, **alumina, zeolit dan kuarza**.

BAB VI RENCANA TAHAP BERIKUTNYA

Pekerjaan tahun kedua yang akan dilakukan adalah karakterisasi dengan Analisis Termal (TGA/DTA), pemurnian tanah napa sebagai mineral aluminasilikat, melakukan kalsinasi dan aktivasi mineral.

Proses pemurnian dan modifikasi (aktivasi) dilakukan melalui proses pencucian, proses refluks, proses ultrasonik, proses pengeringan, proses modifikasi, proses netralisasi dan proses pertukaran ion. Proses pemurnian dilakukan dengan proses refluks, dimana material bentuk bulk dimasukkan dalam labu refluks ditambah air demin dan dipanaskan sampai mendidih selama 3 x 6 jam. Kemudian zeolit dicuci hingga air cuciannya bening dan setelah itu zeolit dikeringkan dalam alat pengering pada suhu 105 °C. Selanjutnya material dicuci dan dikeringkan dalam alat pengering pada suhu 105 °C. Karakterisasi zeolit murni dengan XRF, XRD, SEM, FTIR, dan TGA/DTA kembali akan dilakukan untuk melihat perubahan sifat fisika dan kimia mineral.

Pada tahun kedua, secara umum, juga akan dipelajari karakterisasi unjuk kerja pemanfaatan (penerapan) mineral tanah napa sebagai adsorben untuk memisahkan ion-ion logam berat dan senyawa organik beracun dalam larutan larutan simulasi dan diujicobakan ke sampel riil, berupa limbah cair laboratorium. Secara utuh pekerjaan selama 4 tahun seperti pada Lampiran 1

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperkirakan mineral tanah napa, cukup melimpah di daerah Kabupaten Tanah Datar, Kota Solok, Kabupaten Solok, Kabupaten Solok Selatan dan Kabupaten Pesisir Selatan dan Sumatera Barat umumnya, adalah kelompok mineral aluminasilikat, terutama berupa mineral kaolin. Disamping itu data awal juga mendukung bahwa pada sebagian lokasi ditemukan mineral zeolit alam.

b. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menyangkut proses pemurnian dan kalsinasi untuk memperoleh dukungan data, sehingga karakteristik mineral yang diperoleh akan lebih mendukung spesifikasi mineral tanah napa Sumatera Barat. Disamping itu perlu dilakukan modifikasi (aktivasi) untuk melihat unjuk kerja mineral tanah napa sebagai adsorben dan mempelajari karakter pertukaran ionnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*. Fifth edition. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Bardakci. B., Bahceli. S., 2010, FTIR Study of Modification of Transition Metal on Zeolites for Adsorption, *Indian Journal of Pure & Applied Physics*. Vol. 48, September 2010, pp. 615-620.
- Bogdanov. B, Georgiev. D, Angelova. K, Hristov. Y, 2009, Synthetic Zeolites and Their Industrial and Environmental Applications: A Review, *International Science Conference*. 4th – 5th June 2009.
- Botto L.L and Canafogliá, M.E., 2004, Environmental Application of Natural Microporous Aluminosilicates: NO_x Reduction by Propane Over Modified Clinoptilolite Zeolite, *The Journal of the Argentine Society*, Vol 92 No. 1/3: 139-153
- Chiban. M, Zebet. M, Carja. G, Sinan. F, 2012, Application of Low-Cost Adsorbents for Arsenic Removal: A Review, *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. Vol. 4 (5), pp. 91-102.
- Crist, R.H., Oberhonsel, K. dan McGarrity, J., 1992, Interaction of Metals and Protons with Algae.3. Marine Algae, with Emphasis on Lead and Aluminium, *Environ. Sci Technol*, 26: 496-502.
- Dizadji. N., Vossoughi. S.S.S., Dehpouri. S., 2012, Experimental Investigation of Adsorption of Heavy Metals (Copper (II)) from Industrial Wastewater With Synthetic Zeolite (4A), *Chemical Engineering Transactions (CEt)*, Vol. 29, 2012.
- Fasaei. R.G., Haghghi. M.G., Mousavi. S.M., and Dehghan.M., 2012, Sorption Characteristics of Heavy Metals Onto Natural Zeolite of Clinoptilolite Type, *International Research Journal of Applied and Basic Science*. Vol. 3(10): 2079-2084.
- Feng. Y, Gong. J-L, Zeng. G-M, Niu Q-Y, Zhang H-Y, Niu C-G, Deng J-H, Yan. M., 2010, Adsorption of Cd(II) and Zn(II) from Aqueous Solutions Using Magnetic Hydroxyapatite Nanoparticles as Adsorbents, *Chemical Engineering Journal*. 162 (2010) 487-494.
- Georgiev. D, Bogdanov. B, Markovska. I, Hristov. Y, 2012, The Removal of Cu (II) Ions from Aqueous Solutions on Synthetic Zeolite NaA, *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 59-2012.
- Ginting. A.B, Anggraini. D, Indaryati. S., Kriswarini. R., 2007, Karakterisasi Komposisi Kimia, Luas Permukaan Pori, dan Sifat Termal dari Zeolit Bayah, Tasikmalaya, dan Lampung, *J. Tek. Bhn. Nukl*. Vol. 3, No. 1, Januari 2007: 1-48.
- Grassi.M., Kaykioglu. G., Belgiorno. V., and Lofrano. G., 2012, Removal of Emerging Contaminants from Water and Wastewater by Adsorption Process, *SpringerBriefs in Green Chemistry for Sustainability*.
- Hani. H.A, El-Sayed. M.M.H, Mostofa. A.A., El-Defrawy. N.M, Sorour. M.H., 2012, Removal of Cr (III) in Batch and Pilot Scale Dynamic Systems Using Zeolite NaA Prepared from Egyptian Kaolin, *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*. Vol. 3, No. 3.

- Ismail. M.H.S., Zhang. X.T, Adnan. S.N, 2012, Application of Clinoptilolite in Removal of Nickel (II) in Plating Wastewater, *World Applied Science Journal. IDOSI Publication*. 18 (5); 659-664, 2012.
- Jassim. A.N., Ali. D.F., Shamoan. I.H, Abood. W.M., Abbas. F.S., Yassin. A.T., 2012, Pb(II) Adsorption from Aqueous Solution Onto Activated Zeolite 5A, *Advances in Environmental Biology*, 6(3): 1245-1252, 2012.
- Kusumastuti. E., 2012, Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Merapi sebagai Geopolimer (Suatu Polimer Anorganik Aluminosilikat), *Jurnal MIPA*. 35 (1) (2012)
- Mansouri, N., Rikhtegar, N., Panahi, H.A., Atabi, F., and Shahraki, B. K., 2013, Porosity Characterization and Structural Properties of Natural Zeolite-Clinoptilolite-as Sorbent, *Environment Protection Engineering*, Vol 39 139-152
- Mawardi, Sihalo, R. 2012. *Pengaruh Penggunaan Sumber Silika Alumina Terhadap Karakteristik Semen Yang Dihasilkan*. Laporan Penelitian. Padang: UNP.
- Mawardi, Desy K, 2012. *Karakteristik Tanah Napa Kabupaten Solok Sebagai Adsorben Logam Krom Dalam Limbah Cair*, Laporan Penelitian, Perpustakaan UNP.
- Mostafa. A.A, Youssef. H.F, 2011, Utilization of Egyptian Kaolin for Zeolite-A Preparation and Performance Evaluation, *IPCBE*. Vol. 6 (2011).
- Ocsik J & Cooper IL. (1994). *Adsorption*. Ellis Horwood Publisher, Ltd. Chichester.
- Omisanya, N.O., Folayan, C. O, Aku, S. Y and Adefila, S.S., 2012, Synthesis and characterization of zeolite a for adsorption refrigeration application, *Advances in Applied Science Research*, 3(6) pp. 3746-374
- Pearson RG. (1963). "Hard and soft acids and bases". *Journal of American Chemical Society*. Vol. 85. No. 22, 3533-3539.
- Peter, A., Nicula, C., Mihaly C, A., Mihaly C, L., Indrea, E., Danciu, V., Tutu, H. and Nsimba, E.B., (2011), Efficiency of amendments based on zeolite and bentonite in reducing the accumulation of heavy metals in tomato organs (*Lycopersicon esculentum*) grown in polluted soils, *African Journal of Agricultural Research*, Vol 6(21) pp. 5010-5023
- Ramelow, U. J., Neil Guidry, C. and Fisk, S. D., 1996, A Kinetics Study of Metal Ion Binding by Biomass Immobilized in Polymers, *Journal of Hazardous Materials*, 46, 37-55.
- Gravis Mining Corporation, 2012, Natural Zeolit "Clinoptilolite", <http://www.zeoliteproducer.com/zeolite.html>
- Rosales.E, Pazos. M, Sanroman. M.A, Tavares. T, 2012, Application of Zeolit-Arthobacter Viscosus System for the Removal of Heavy Metal and Dye: Chromium and Azure B, *Desalination. J*, 284 (2012)150-156.
- Saklar. S, Agrili. H, Zimitoglu, O, Basara. B., and Kaan, U, 2012, The Characterization Studies of The Northwest Anatolian Halloysites/Kaolinites, *Mineral Res Exp., Bull.*, 145, 48-61
- Supardi, 2010, *Preparasi dan Modifikasi Zeolite Alam Sebagai Penyaring Limbah Cair Industri*. Laporan Akhir (Final Report). PTBIN-BATAN.

- Sunardi, Irawati, U. dan Wianto, T. 2011, Karakterisasi Kaolin Lokal Kalimantan Selatan Hasil Kalsinasi, *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 8 No.1, Pebruari 2011 (59 – 65)
- Taenzana. B, 2011, Adsorption of Cadmium, Nickel, and Lead on Modified Natural Zeolite, *A Research Rreport*, University of the Witwatersrand.
- Tekmira, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, 2013, *Pemanfaatan Mineral Al-Silikat Untuk Bahan Katalis Hydrocarbon Cracking Minyak Bumi*, Kementerian ESDM, Badan Litbang ESDM
- Treacy, M.M.J, and Higgins, J.B, 2001, *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*, Fourth Revised Edition, Elsevier: Amsterdam :
- Utubira, Y, Wijaya, K, Triyono, and Eko Sugiharto, 2006, *Preparation And Characterization Of TiO_2 -Zeolit And Its Application To Degrade Textille Wastewater By Photocatalytic Method*, *Indo. J. Chem*, 6 (3) 231-237
- Weitkamp, J, 2000, Zeolite and Catalysis, *Solid State Ionics*, 131 175-188
- Wustoni. S., Mukti. R.R., Wahyudi. A., Ismunandar, 2011, Sintesis Zeolit Mordenit dengan Batuan Benih Mineral Alam Indonesia, *Jurnal Matematika & Sains*, Vol. 16, No. 3.
- Yuxian. Wang, 2011, Adsorption of Analcime and ZSM-5 on Metals, *Thesis*, Central Ostrobothnia University of Applied Science, Degree Programme in Chemistry and Technology.
- Zheng. H, Han. L, Hongwen. M, Zheng. Y, Zhang. H, Liu. D, and Liang. S, 2008, Adsorption Characteristics of Ammonium Ion by Zeolite 13X, *Journal of Hazardous Material*. 158 (2008) 577-584.
- Zolotov, Y.A and Kuz'min. 1990. "Preconcentration of Trace Elements". *Elseiver*. New York.

Lampiran 1, Ragan Alir Penelitian:

Penelitian yang telah dilaksanakan:

- (1) analisis awal komposisi
- (2) penelitian penggunaan sebagai zat aditif pada semen pengeras As_2O_3 dan untuk kerja sifat adsorpsi krom (III) kation dan krom(VI) anion dalam larutan

Tanah Napa



Tahun I

- Sampling komposisi kimia material fresh
- Identif struktur kristal
- Karakteristik sifat fisika dan kimia material fresh
- Mengetahui struktur kristal dan termodifikasi
- Menentukan RMI kristal murni
- Karakteristik kristal murni
- Karakteristik kristal termodifikasi

Tahun II

- Karakteristik sifat adsorpsi material fresh dengan sistem batch dan kontinu
- Pengaruh parameter laju alir, ukuran partikel, pematangan adsorben, ukuran $packing$, pH dan konsentrasi logam dan organik toksik material fresh
- Data kapasitas serapan maksimum material fresh
- Data kapasitas pertukaran ion (*cation exchange capacity*, CEC) material fresh
- Data recovery kolom pada desorpsi dengan asam nitrat material fresh
- Data regenerasi kolom material fresh dengan asam atau basa tertentu.

Tahun III

- Mengetahui karakteristik sifat adsorpsi material murni dan modifikasi sistem kontinu
- Perubahan pengaruh parameter laju alir, ukuran partikel, pematangan adsorben, ukuran $packing$, pH dan konsentrasi larutan logam akibat modifikasi
- Data kapasitas serapan maksimum material
- Data kapasitas pertukaran ion (*cation exchange capacity*, CEC) material murni dan modifikasi
- Mengetahui data recovery dan pematangan
- Berulang adsorben
- Regenerasi kolom

Tahun IV

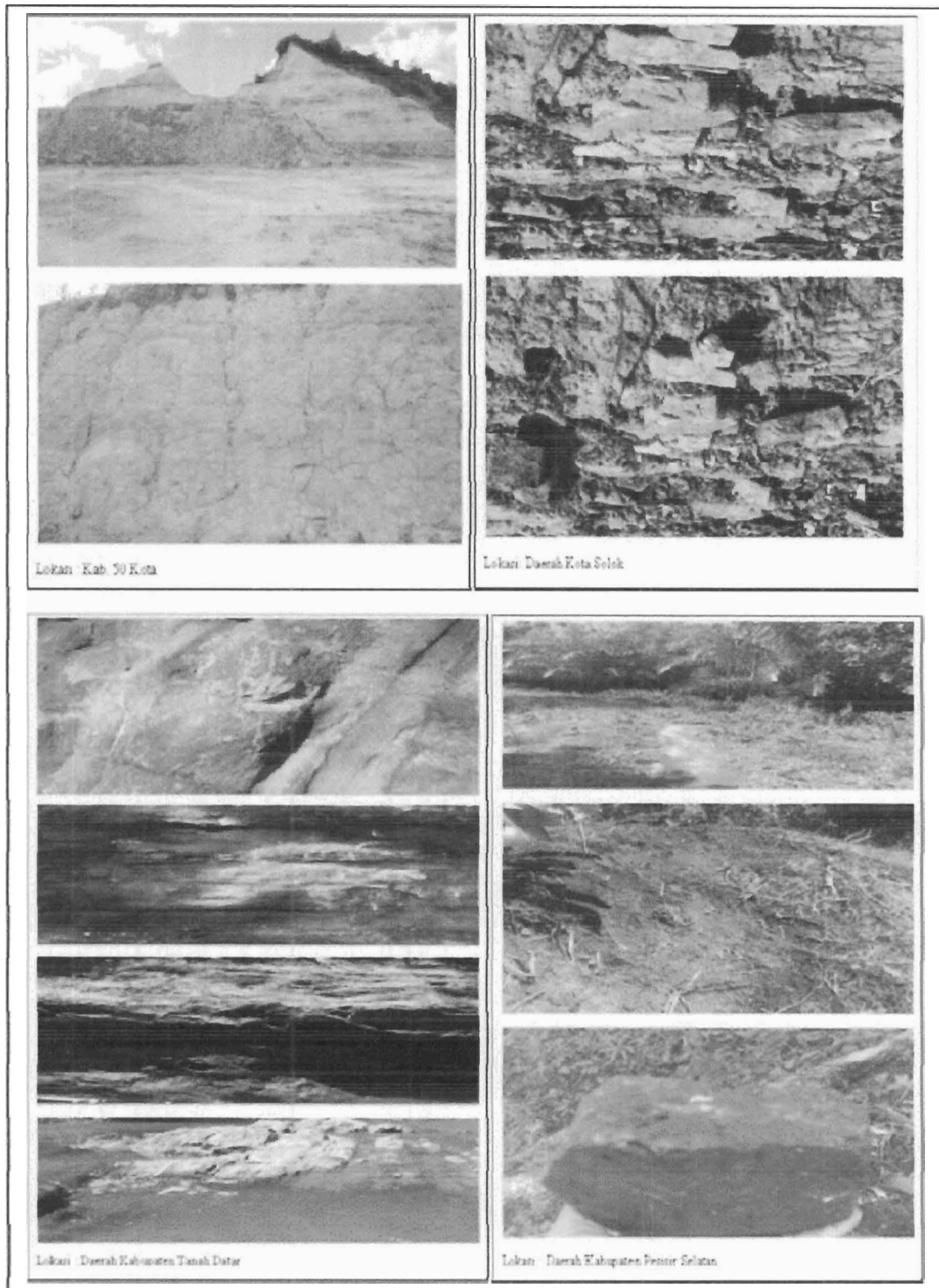
- Karakteristik adsorben partikel bebas dibanding termodifikasi dipacking dengan *packed-bed reactor*, PER
- Pengaruh modifikasi termasuk keberadaan kation Ca^{2+}
- Perubahan imobilisasi terhadap CEC
- Pengaruh imobilisasi terhadap recovery kolom
- Pengaruh imobilisasi terhadap regenerasi kolom
- Aplikasi sistem untuk tujuan prakonsentrasi (pemekatan) logam dalam bentuk trace element dalam sampel limbah cair

Cadangan Mineral dan termodifikasi

(untuk penelitian dan pengembangan dan penulisan)

Data: topologi (tipe) mineral tanah napa, karakteristik material fresh, murni, dimodifikasi diaktivasi, terimobilisasi, terimobilisasi, struktur kristal, topologi, RMI, sifat fisika kimia, pengaruh parameter adsorpsi, kapasitas serapan adsorben, CEC, recovery kolom adsorben, regenerasi adsorben, pengaruh penggunaan berulang, dan aplikasi untuk tujuan preconcentration (pemekatan) trace element

Lampiran 2. Foto Lokasi Pengambilan sampel



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG