

SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK KIMIA ZEOLIT DALAM PEMANFAATAN
SEBAGAI MINERAL INDUSTRI DAERAH ERELEMBANG
KECAMATAN TOMBOLO PAO KABUPATEN GOWA PROVINSI
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**ZULFADLI NIZAR
D061181011**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK KIMIA ZEOLIT DALAM PEMANFAATAN
SEBAGAI MINERAL INDUSTRI DAERAH ERELEMBANG
KECAMATAN TOMBOLO PAO KABUPATEN GOWA
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**ZULFADLI NIZAR
D061181011**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi
Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 6 Juni 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T.
NIP. 19611231 198903 1 019



Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T.
NIP. 19560421 198609 2 001

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
Nip. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Zulfadli Nizar
Nim : D061181011
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

**“Studi Karakteristik Kimia Zeolit Dalam Pemanfaatan Sebagai
Mineral Industri Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao
Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan”**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagaian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 9 Juni 2023

Yang Menyatakan



Zulfadli Nizar

SARI

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan dan secara geografis terletak pada koordinat $119^{\circ}52'50''$ BT - $119^{\circ}53'10''$ BT dan $5^{\circ}10'0''$ LS - $5^{\circ}11'0''$ LS. Maksud penelitian adalah untuk melakukan studi mengenai karakteristik kimia zeolit dalam pemanfaatan sebagai mineral industri. Adapun tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui jenis mineralogi dan karakteristik kimia zeolit, mengetahui genesa pembentukan zeolit serta menentukan spesifikasi pemanfaatan zeolit berdasarkan atas jenis dan karakteristik kimianya.

Jenis analisis yang digunakan yaitu analisis *X-Ray Fluorence* (XRF) dan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD). Analisis XRF digunakan untuk mengetahui komposisi kimia zeolit. Analisis XRD digunakan untuk mengetahui jenis mineralogi zeolit.

Berdasarkan hasil analisis *X-Ray Diffraction*, diketahui bahwa jenis zeolit pada daerah penelitian adalah natrolit, analsim dan mordenit yang dapat dimanfaatkan dalam bidang kelestarian lingkungan, bidang eksplorasi cebakan bijih, industri ekstraksi aluminium dan kalium, bidang industri gas dan pengolahan air bersih, bidang perikanan, bidang peternakan, dan bidang industri kertas dan kayu lapis.

Kata kunci : Zeolit, Hidrotermal, Erelembang

ABSTRACT

Administratively, the research area is included in the Erelembang Region, Tombolo Pao District, Gowa Regency, South Sulawesi Province and geographically it is located at coordinates 119°52'50" BT - 119°53'10" BT and 5°10'0" LS - 5°11 '0" LS. The purpose of this research is to conduct a study on the chemical characteristics of zeolite in its utilization as an industrial mineral. The research objectives were to determine the type of zeolite mineralogy, to determine the chemical characteristics of the zeolite and to determine the specifications for the use of zeolite based on its type and chemical characteristics.

The type of analysis used is analysis X-Ray Fluorence (XRF) and analysis X-Ray Diffraction (XRD). XRF analysis is used to determine the chemical composition of the zeolite. XRD analysis is used to determine the type of zeolite mineralogy.

Based on the analysis results X-Ray Diffraction, it is known that the types of zeolite in the study area are natrolite, analsim and mordenite which can be utilized in the environmental sustainability sector, the ore deposit exploration sector, the aluminum and potassium extraction industry, the gas industry and clean water treatment, the fishery sector, the livestock sector, and the industrial sector. paper and plywood.

Keywords : Zeolite, Hidrotermal, Erelembang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayahnya yang selalu diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Studi Karakteristik Kimia Zeolit Dalam Pemanfaatan Sebagai Mineral Industri Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan”** dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam kita haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan terbaik bagi umat manusia.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis baik berupa bantuan moril maupun materil dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T. sebagai Dosen Penasehat Akademik.
2. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T. dan bapak Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan banyak waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. rer.nat. Ir. A. M. Imran dan ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji pada penelitian kali ini.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu dosen pada Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama ini.

6. Bapak dan Ibu staf administrasi Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama ini.
7. Kedua orangtua penulis, yang tidak henti-hentinya memberikan penulis segala bentuk dukungan baik secara moril maupun materil, serta doa restu yang senantiasa terucapkan tiada henti yang kemudian menjadi sumber semangat bagi penulis selama ini.
8. Teman-teman “Xenolith” Teknik Geologi Angkatan 2018. Teman seperjuangan dalam segala medan yang telah membersamai dalam proses penyusunan skripsi ini.
9. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH).

Penulis menyadari banyaknya ketidaksempurnaan yang terdapat pada tulisan ini. Olehnya itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata semoga pada tulisan ini terdapat keberkahan dan dapat bernilai positif bagi para pembaca maupun penulis.

Makassar, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SARI	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Letak, Waktu dan Kesampaian Daerah	3
1.6 Alat dan Bahan	4
1.7 Peneliti Terdahulu	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Regional	6
2.1.1 Geomorfologi Regional	6
2.1.2 Stratigrafi Regional	7
2.1.3 Struktur Geologi Regional	9
2.2 Sejarah Pertambangan dan Pemanfaatan Mineral Zeolit	10
2.3 Karakteristik Kimia dan Mineralogi Zeolit	12
2.3 Jenis dan Pemanfaatan Zeolit	16
BAB III METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	27
3.2 Tahapan Penelitian	27
3.2.1 Tahapan Persiapan	27
3.2.2 Tahapan Penelitian Lapangan	28
3.2.3 Tahapan Analisis Laboratorium	29
3.2.4 Tahap Penyusunan Laporan	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Geologi Daerah Erelembang	33
4.1.1	Geomorfologi Daerah Erelembang	33
4.1.2	Stratigrafi Daerah Erelembang	35
4.1.3	Struktur Geologi Daerah Erelembang	37
4.2	Karakteristik Fisik Zeolit Daerah Erelembang	41
4.3	Geokimia Zeolit Daerah Erelembang	44
4.3.1	Hasil Analisis <i>X-Ray Fluorescence</i>	44
4.3.2	Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i>	45
4.4	Genesa Pembentukan Zeolit Daerah Erelembang	47
4.5	Pemanfaatan Zeolit Daerah Erelembang	49

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59

DAFTAR PUSTAKA	60
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN :

1. Deskripsi Petrografi
2. Hasil Analisis *X-Ray Fluorescence*
3. Hasil Analisis *X-Ray Diffraction*
4. Kolom Stratigrafi

LAMPIRAN LEPAS :

1. Peta Stasiun Pengamatan
2. Peta Sebaran Zeolit
3. Peta Geomorfologi
4. Peta Geologi

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta tunjuk daerah penelitian	4
2.1 Peta geologi regional daerah penelitin (Sukamto dan Supriatna, 1982)..	6
2.2 Ilustrasi struktur kristal zeolit yang memperlihatkan struktur tiga dimensi dengan pori-pori yang dapat diisi dan ditinggalkan oleh molekul air (<i>International Zeolite Assocition</i> , 2000)	13
3.1 Alat XRF	30
3.2 [A] Cawan Mortar untuk menumbuk sampel [B] Pengayakan menggunakan Mesh [C] Kaca Preparat untuk sampel [D] Alat XRD.	31
3.3 Diagram alir tahapan penelitian.	32
4.1 Kenampakan bentangalam pegunungan tersayat tajam difoto dari daerah Matteko dengan arah foto N 122 °E.	35
4.2 Singkapan Tufa Halus pada stasiun 7 di daerah Tanetegiring difoto relatif ke arah N 40 °E.	36
4.3 Fotomikrograf Tufa Halus pada nomor sayatan ST07/ZN yang tersusun oleh mineral nephelin (Npl), kuarsa (Qz), piroksin (Px), zeolit (Zeo) mineral opa (Op), dan gelas vulkanik (Gv).	36
4.4 Fotomikrograf Tufa Halus pada nomor sayatan ST07/ZN yang tersusun oleh mineral nephelin (Npl), kuarsa (Qz), piroksin (Px), zeolit (Zeo) mineral opa (Op), dan gelas vulkanik (Gv).	38
4.5 Kekar non sistematis pada tufa halus stasiun 7 di daerah Matteko difoto relatif ke arah N 40 °E.	40
4.6 Kenampakan cermin sesar pada tufa halus stasiun 8 di daerah Matteko difoto relatif ke arah N 110 °E.	40
4.7 Kenampakan zona hancuran pada tufa halus stasiun 8 di daerah Matteko difoto relatif ke arah N 50 °E.	41
4.8 Singkapan zeolit pada lereng bukit stasiun 12 dengan arah foto N 122 °E.	42

4.9	Singkapan zeolit pada lereng bukit stasiun 16 dengan arah foto N 122 ⁰ E.....	43
4.10	Singkapan zeolit pada lereng bukit stasiun 8 dengan arah foto N 122 ⁰ E.....	43
4.11	Hasil analisis XRD pada sampel ST03/ZEO menunjukkan kehadiran Zeolit-L yang termasuk kedalam grup kabasit.....	46
4.12	Hasil analisis XRD pada sampel ST16/ZEO menunjukkan kehadiran mordenit.....	46
4.13	Hasil analisis XRD pada sampel ST19/ZEO menunjukkan kehadiran natrolit dan analsim	47

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Jenis-jenis zeolit alam	17
2.2	Klasifikasi zeolit berdasarkan sistem kristalnya (Barrer,1978). ...	18
4.1	Kolom Stratigrafi daerah penelitian	37
4.2	Hasil analisis XRF zeolit daerah Erelembang.....	45
4.3	Rangkuman pemanfaatan zeolit berdasarkan jenis dan karakteristik kimia.....	50
4.4	Kisaran komposisi kimia zeolit daerah Erelembang	53
4.5	Prioritas pemanfaatan zeolit daerah Erelembang	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia berada dalam wilayah rangkaian gunung api mulai dari Sumatera, Jawa, Nusatenggara, sampai Sulawesi. Beragam jenis batuan gunung api yang dihasilkan, diantaranya berupa batuan piroklastika tuff yang berbutir halus dan bersifat asam. Tufa halus ini tersebar luas mengikuti jalur gunung api tersebut yang sebagian atau seluruhnya telah mengalami proses ubahan atau diagenesis menjadi zeolit. Karenanya, secara geologi Indonesia berpotensi besar menghasilkan zeolit seperti yang terdapat di Sumatera (Lampung, Sumatera Utara), Jawa (Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur), Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi.

Menurut (Kusdarto, 2008) zeolit adalah satu kelompok berkerangka alumino-silikat yang terjadi di alam dengan kapasitas tukar kation yang tinggi, adsorpsi tinggi dan bersifat hidrasi-dehidrasi. Telah diketahui sekitar 50 spesies yang berbeda dari kelompok mineral ini, tetapi hanya 9 mineral zeolit yang sering dijumpai, seperti: analcim, chabazit, klinoptilolit, heulandit, erionit, ferrierit, laumontit, mordenit dan phillipsit.

Zeolit termasuk kedalam salah satu jenis mineral industri yang mempunyai banyak kegunaan dalam berbagai bidang, misalnya dalam bidang pertanian, peternakan, perikanan, lingkungan dan industri. Seiring dengan adanya perkembangan pada bidang-bidang tersebut juga menyebabkan kebutuhan akan zeolit akhir-akhir ini cukup meningkat.

Daerah Erelembang yang terletak di Kecamatan Tomblo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan mempunyai kondisi geologi yang memungkinkan untuk terjadinya pembentukan zeolit. Hal ini disebabkan karena daerah tersebut tersusun oleh batuan-batuan yang berasal dari aktifitas gunung api purba yang telah berubah.

Pendekatan studi karakteristik geokimia zeolit menjadi penting untuk diketahui, hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian yang lebih detail mengenai “ *Studi Karakteristik Kimia Zeolit Dalam Pemanfaatan Sebagai Mineral Industri Daerah Erelembang, Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan*”, dimana data-data tersebut diharapkan mampu untuk dijadikan sebagai sumber informasi dalam pemanfaatan zeolit yang terdapat pada daerah penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana jenis dan karakteristik kimia zeolit daerah penelitian?
2. Bagaimana genesa pembentukan zeolit daerah penelitian?
3. Bagaimana spesifikasi pemanfaatan zeolit berdasarkan atas jenis dan karakteristik kimianya?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah pada identifikasi jenis, karakteristik kimia, dan genesa pembentukan serta spesifikasi pemanfaanya berdasarakan jenis dan

karakteristik kimia pada daerah Erelembang, Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan studi mengenai Karakteristik Kimia Zeolit Dalam Pemanfaatan Sebagai Mineral Industri Daerah Erelembang, Kecamatan Tombolo Pao, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan permasalahan diatas, terdapat tiga tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

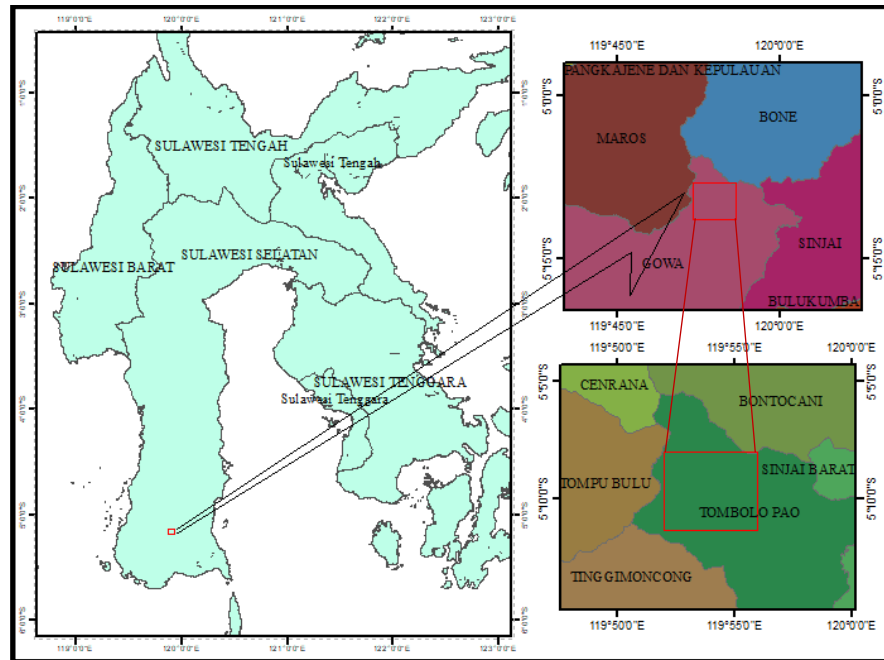
1. Mengetahui jenis dan karakteristik kimia zeolit daerah penelitian
2. Mengetahui genesa pembentukan zeolit daerah penelitian
3. Mengetahui spesifikasi pemanfaatan zeolit berdasarkan atas jenis dan karakteristik kimianya

1.5 Letak dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis daerah penelitian terletak pada pada koordinat $119^{\circ}52'50''$ BT - $119^{\circ}53'10''$ BT (Bujur Timur) dan $5^{\circ}10'0''$ LS - $5^{\circ}11'0''$ LS (Lintang Selatan).

Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Ujung Pandang, nomor 2010-64 Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 yang diterbitkan Bakosurtanal edisi I tahun 1991 (Cibinong, Bogor). Daerah penelitian berjarak \pm 80 Km dari Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin ke arah Timur menuju Desa Erelembang Kecamatan

Tombolo Pao Kabupaten Gowa selama \pm 2 jam, dengan menggunakan transportasi darat.



Gambar 1.1 Peta tunjuk lokasi daerah penelitian.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini secara umum bagi masyarakat luas adalah sebagai referensi untuk penelitian mengenai studi karakteristik geokimia dan potensi mineral zeolit dalam pemanfaatannya sebagai mineral industri serta mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi geologi daerah setempat untuk dijadikan sebagai referensi bagi pihak- pihak yang terkait dengan ilmu geologi. Secara khusus bagi penulis, penelitian ini bermanfaat dalam mengetahui karakteristik kimia mineral zeolit daerah penelitian.

1.7 Peneliti Terdahulu

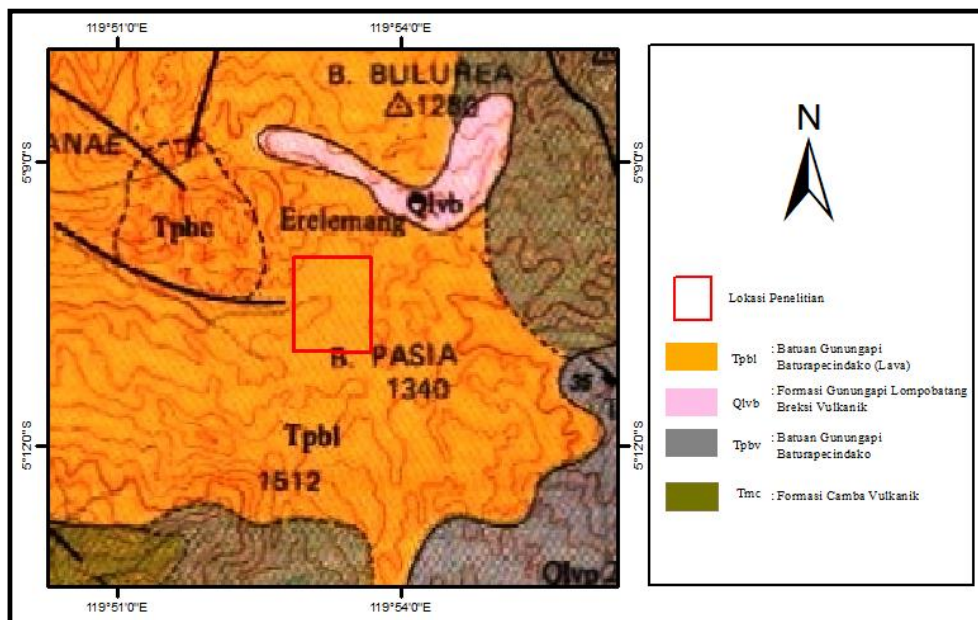
Beberapa ahli geologi yang pernah mengadakan penelitian di lokasi ini yang sifatnya regional sebagai berikut:

1. Van Bemmelen (1949), melakukan penelitian mengenai geologi regional Indonesia. Termasuk Sulawesi yang disebut sebagai *Celebes*.
2. Rab Sukanto dan S, Supriatna (1982), melakukan pemetaan geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai.
3. M. Polve, R.C Maury dkk (1996), *magmatic evolution of Sulawesi (Indonesia) : constrain of the Cenozoic geodynamic history of the Sundaland active margin*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Daerah Erelembang Kecamatan Tombolo Pao Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan secara regional termasuk dalam Lembar Ujung Pandang Benteng dan Sinjai yang dipetakan oleh Sukamto dan Supriatna (1982).



Gambar 2.1 Peta geologi regional daerah penelitian (Sukamto dan Supriatna, 1982)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Menurut Sukamto & Supriatna (1982), bentuk morfologi yang menonjol pada daerah lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai adalah kerucut gunungapi Lompobattang yang menjulang mencapai ketinggian 2.876 meter di atas permukaan laut. Kerucut gunungapi Lompobattang tersusun oleh batuan gunungapi berumur Plistosen. Dua buah bentuk kerucut tererosi terdapat di sebelah barat dan sebelah

utara Gunung Lompobattang. Disebelah barat Gunung Lompobattang terdapat Gunung Baturape, mencapai ketinggian 1.124 meter di atas permukaan laut dan di sebelah utara terdapat Gunung Cindako, mencapai ketinggian 1.500 meter di atas permukaan laut.

Daerah sebelah barat Gunung Cindako dan sebelah utara Gunung Baturape merupakan daerah berbukit. Bagian timur berbukit kasar yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi yang berumur Miosen yang mencapai ketinggian kira-kira 500 meter di atas permukaan laut. Bagian barat berbukit halus yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen dan Pliosen dengan ketinggian kurang dari 50 meter di atas permukaan laut dan hampir merupakan suatu daratan.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi regional daerah penelitian disusun oleh berbagai jenis litologi dari berbagai formasi yang tergolong dalam satuan batuan tertentu, berikut pembahasan mengenai stratigrafi regional daerah penelitian berdasarkan batuan tertua ke yang termuda :

Tpbv BATUAN GUNUNGAPI BATURAPE CINDAKO: lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil tansatmata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar maniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

Komplek terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (Tpbc); batuan di sekitarnya terubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit; mineral galena di Baturape kemungkinan berhubungan dengan terobosan diorit ini; daerah sekitar Baturape dan Cindako batuanannya didominasi oleh lava Tpbl. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir.

Qlv: BATUAN GUNUNGAPI LOMPOBATANG: aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa. Membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas muka laut; batuanannya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, lavanya ada yang berlubang - lubang seperti yang disebelah barat Sinjai dan ada yang berlapis; lava yang terdapat kira-kira 2½ km sebelah utara Bantaeng berstruktur bantal; setempat breksi dan tufanya mengandung banyak biotit.

Bentuk morfologi tubuh gunungapi masih jelas dapat dilihat pada potret udara: (*Qlvc*) adalah pusat erupsi yang memperlihatkan bentuk kubah lava; bentuk kerucut parasit memperlihatkan paling sedikit ada 2 perioda kegiatan erupsi, yaitu *Qlvpl* dan *Qlvp2*. Di daerah sekitar pusat erupsi batuanannya terutama terdiri dari lava dan aglomerat (*Qlv*), dan di daerah yang agak jauh terdiri terutama dari breksi, endapan lahar dan tufa (*Qlvb*). Berdasarkan posisi stratigrafinya diperkirakan batuan gunungapi ini berumur Plistosen.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Akhir dari pada kegiatan gunungapi Eosen Awal diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya pemulaan terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan di mana Formasi Walanae terbentuk. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai kala Pliosen.

Menurunnya cekungan Walanae dibarengi oleh kegiatan gunungapi yang terjadi secara luas di sebelah baratnya dan mungkin secara lokal di sebelah timurnya. Peristiwa ini terjadi selama Miosen Tengah sampai Pliosen. Semula gunungapinya terjadi di bawah muka laut, dan kemungkinan sebagian muncul di permukaan pada kala Pliosen. Kegiatan gunungapi selama Miosen menghasilkan Formasi Camba, dan selama Pliosen menghasilkan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako. Kelompok retas basal berbentuk radier memusat ke G. Cindako dan G. Baturape, terjadinya mungkin berhubungan dengan gerakan mengkubah pada kala Pliosen.

Kegiatan gunungapi di daerah ini masih berlangsung sampai dengan kala Plistosen, menghasilkan Batuan Gunungapi Lompobatang. Berhentinya kegiatan magma pada akhir Plistosen, diikuti oleh suatu tektonik yang menghasilkan sesar-sesar en echelon (merencong) yang melalui G. Lompobatang berarah utara-selatan. Sesar-sesar en echelon mungkin sebagai akibat dari suatu gerakan mendatar dekstral dari pada batuan alas di bawah Lembah Walanae. Sejak kala Pliosen pesisir-barat ujung lengan Sulawesi Selatan ini merupakan dataran stabil, yang pada kala Holosen hanya terjadi endapan aluvium dari rawa-rawa.

2.2 Sejarah Pertambangan dan Pemanfaatan Mineral Zeolit

Sejarah pertambangan dan pemanfaatan mineral zeolit diuraikan dengan menggunakan publikasi khusus Direktorat Sumber daya Mineral berjudul “Lempung, Zeolit, Dolomite dan Magnesit; Jenis, Sifat fisik, Cara Terjadi dan Penggunaannya”. Menurut sejarahnya, mineral zeolit sudah diketahui sejak tahun 1756 oleh seorang ahli mineralogi berkebangsaan Swedia bernama F.A.F. Cronstedt. Meskipun demikian, penggunaan mineral zeolit untuk industri baru dimulai pada tahun 1940 untuk zeolit sintesis, dan 1973 untuk zeolit alam (Harjanto,1987),

Zeolit alam sangat menarik perhatian karena bentuk kristalnya yang menarik dan indah. Umumnya zeolit alam yang berkristal terdapat dalam lubang-lubang batuan basal atau batuan perangkap (*trap rocks*). Beberapa ahli kimia teknik memulai percobaan penggunaan mineral tersebut untuk industri, karena tertarik oleh bentuk kristal zeolit tersebut. Percobaan ini dimulai pada tahun 1930, dan ternyata berhasil dengan baik. Berhubung zeolit alam sangat sulit dipisahkan dari batuan induknya, maka dibuatlah mineral tiruannya atau mineral zeolit sintesis. Hingga tahun 1970-an, zeolit alam hanya dipergunakan sebagai mineral hias, baik di museum maupun bagi para kolektor mineral.

Zeolit alam terbentuk sebagai mineral hasil ubahan pada suatu sistem panasbumi, membentuk zona secara vertikal ataupun horizontal berdasarkan gradien komposisi alterasi dan suhu (Iijima, 1980). Terdapat beberapa model genesa pengendapan zeolit. Pada banyak kasus pengendapan zeolit dipengaruhi oleh beberapa model yang sulit untuk diidentifikasi di lapangan. Proses pembebanan,

sirkulasi airtanah, hidrotermal atau metamorfisme kontak sulit diidentifikasi di lapangan kecuali dilakukan pemetaan secara lebih detil (Iijima, 1980).

Zeolit termasuk kedalam salah satu jenis mineral industri yang mempunyai banyak kegunaan dalam berbagai bidang, misalnya dalam bidang pertanian, peternakan, perikanan, lingkungan dan industri. Seiring dengan adanya perkembangan pada bidang-bidang tersebut juga menyebabkan kebutuhan akan zeolit akhir-akhir ini cukup meningkat.

Zeolit sintesis mempunyai sifat fisik yang lebih baik daripada zeolit alam, walaupun tidak dapat persis sama dengan zeolit alam, Sejumlah ahli menamakan zeolit sintesis sama dengan nama mineral zeolit alam dengan membubuhkan kata sintesis di belakangnya, namun hal ini dianggap kurang tepat. Berdasarkan alasan tersebut, maka zeolit sintesis diberi nama tersendiri, dan dalam dunia perdagangan muncul nama-nama zeolit sintesis, seperti Zeolit A, Zeolit K-C, Zeolit Alpha, Zeolit K, Zeolit Beta, Zeolit ZK, dan lain-lain.

Secara primer zeolit alam dijumpai dalam lubang-lubang batuan lava basal. Di samping itu juga dijumpai pula secara sekunder dalam batuan sedimen, terutama batuan sedimen piroklastik berbutir halus (tufa). Sebenarnya penemuan tersebut sudah sejak tahun 1890, namun penemuan ini diabaikan karena jumlahnya dianggap tidak berarti dan tidak ekonomis. Baru pada tahun 1950-an seorang ahli geologi secara iseng meneliti kepingan tiang bangunan Romawi Kuno dengan menggunakan difraksi sinar-X. Ternyata, bangunan romawi kuno tersebut yang selama ini dianggap terbuat dari batuan tufa adalah tufa yang tersusun oleh mineral zeolit. Sejak itu banyak ahli geologi yang berlomba mencari zeolit dalam batuan tufa atau

batuan piroklastik. Salah seorang diantara ahli tersebut, Deffyes, menemukan endapan zeolit yang bernilai ekonomis untuk ditambang, dalam batuan tufa berumur kenozoikum di Daerah Nevada Tengah, Amerika Serikat. Di Indonesia, penyelidikan zeolit baru dimulai pada pertengahan tahun 1980-an (Arifin dan Bisri, 1995).

Awal tahun 1970-an, tepatnya 1973 merupakan titik awal penggunaan nyata bagi zeolit alam untuk berbagai keperluan industri. Hal ini tentunya dilakukan setelah melalui berbagai percobaan. Secara umum penggunaan zeolit alam hingga awal tahun 1980-an masih dianggap prematur, meskipun jumlah yang ditambang di dunia tiap tahun lebih dari 500.000 ton. Negara yang telah memanfaatkan mineral zeolit alam atau endapan tufa zeolit untuk berbagai keperluan industri antara lain, Amerika Serikat, Jepang, Hongaria, Jerman, Italia, Yugoslavia, Bulgaria, Korea dan Meksiko.

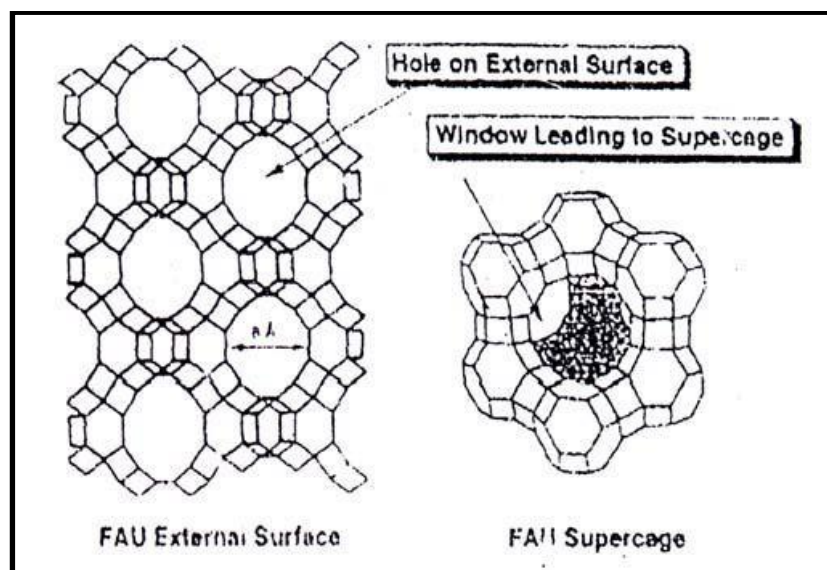
2.3 Karakteristik Kimia dan Mineralogi Zeolit

Sifat umum dari zeolit antara lain berwarna kehijauan, putih dan coklat, agak lunak dengan berat jenis 2 - 2,4 yang merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan unsur utama yang terdiri dari kation-kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini berstruktur tiga dimensi dan mempunyai pori yang dapat diisi oleh molekul air. Kandungan air yang terperangkap dalam rongga zeolit biasanya berkisar antara 10% - 35%. Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas.

Rumus empiris zeolit adalah $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot x(SiO_2) \cdot yH_2O$, di mana M adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah variasi kation, x adalah suatu nilai 2 - 10, dan y adalah nilai dari 2 - 7. Sebagai contoh adalah formula unit-sel dari

klinoptilolit, salah satu jenis mineral zeolit yang paling umum dijumpai adalah $(\text{Na},\text{K})_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{SiO}_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ atau dapat ditulis $(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72})_{24}\cdot\text{H}_2\text{O}$. Ion Na^+ dan K^+ merupakan kation yang dapat dipertukarkan, sedangkan Al dan Si merupakan struktur kation dan oksigen yang akan membentuk struktur tetrahedron pada zeolit.

Komponen utama pada pembangunan struktur zeolit adalah struktur bangun primer $(\text{SiO}_4)^4-$ yang mampu membentuk struktur tiga dimensi (Gambar 2.1). Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit, baik yang terdapat di permukaan maupun di dalam pori menyebabkan zeolit dapat berperan sebagai penukar kation, penyerap dan katalis. Jumlah molekul air menunjukkan jumlah pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan. Pori-pori zeolit terbentuk dengan cara penguapan air pada suhu diatas 100°C . Keadaan seperti ini yang memungkinkan zeolit dapat menyerap molekul-molekul yang mempunyai garis tengah lebih kecil dari pori-pori tersebut.



Gambar 2.2 Ilustrasi struktur kristal zeolit yang memperlihatkan struktur tiga dimensi dengan pori-pori yang dapat diisi dan ditinggalkan oleh molekul air (*International Zeolite Association, 2000*).

Struktur Kristal tiga dimensi zeolit yang dibangun oleh struktur primer tetrahedral silikatnya, $(\text{SiO}_4)^4-$, biasa disebut tektosilikat. Dalam struktur ini sebagian silikon (tidak bermuatan listrik atau netral) kadang terganti oleh aluminium (yang bermuatan listrik), sehingga muatan listrik kristal zeolit tersebut bertambah. Kelebihan muatan ini biasanya diimbangi oleh kation-kation logam K, Na, dan Ca, yang menduduki tempat tersebar dalam struktur kristal zeolit yang bersangkutan (Harjanto, 1987). Dalam hal ini zeolit berfungsi sebagai penukar ion.

Perbandingan antara atom Si - Al yang bervariasi akan menghasilkan banyak jenis atau spesies zeolit yang terdapat di alam. Sampai saat ini telah ditemukan lebih dari 50 jenis zeolit. Namun mineral zeolit terbesar hanya ada Sembilan jenis, yaitu analsim, kabsit, kinoptiloid, erionit, modernit, ferrierit, heulandit, laumontit dan filipsit. Jenis mineral zeolit yang paling umum ditemukan di Indonesia adalah klinoptiloid dan mordenit (Suhala dan Arifin, 1997).

Secara garis besar, struktur kristal zeolit dibangun dalam tiga bagian utama yaitu :

1. Unit bangun primer (TO_4), yaitu tetrahedron dari empat oksigen dengan atom pusat tetrahedra (T) adalah Si^{4+} dan Al^{3+} . Semua atom oksigen mengambil bagian diantara dua tetrahedra $(\text{TO}_2)_n$.
2. Unit bangun sekunder, yaitu susunan tetrahedra yang membentuk cincin tunggal berbentuk lingkaran empat, enam, atau delapan, atau berbentuk kubus serta cincin ganda lingkaran empat, prisma heksagonal atau gabungan dari dua cincin lingkaran empat.

3. Polihedra besar yang simetri dan tersusun atas kudung oktahedra, 11-hedra atau unit concridal, serta 14-hedra atau unit ganelimit.

Berdasarkan struktur kristal, komposisi kimia dan mineral zeolit mempunyai tiga karakteristik kimia yang khas yang sangat berhubungan dengan kegunaannya sebagai bahan galian industri yaitu :

1. Bersifat *absorbenis*, yaitu dapat menyerap molekul-molekul tertentu. Hal ini terjadi jika molekul-molekul air yang terdapat dalam rongga-rongga kerangkanya telah menguap keluar dari kerangka tersebut akibat adanya kenaikan suhu. Tempatnya yang kosong kemudian digantikan oleh molekul-molekul lain dari luar. Dalam keadaan normal, ruang hampa dalam Kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang membentuk bulatan disekitar kation. Bila Kristal tersebut dipanaskan selama beberapa jam, biasanya pada temperature (300-400°C), maka kristal zeolit yang bersangkutan berfungsi menyerap gas atau cairan (*absorbent*). Daya serap mineral zeolit tergantung pada jumlah ruang hampa dan luas permukaan. Biasanya mineral zeolit mempunyai luas permukaan beberapa ratus meter persegi untuk setiap gram berat. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering. Pengeringan zeolit biasanya dilakukan dalam ruang hampa dengan menggunakan gas atau udara kering, nitrogen, dan metan, dengan tujuan menurunkan tekanan uap air terhadap zeolit itu sendiri. (Harjanto, 1987).
2. Bersifat *ion exchangers*, yaitu dapat melakukan tukar-menukar ion, di mana hal ini terjadi karena adanya peristiwa perpindahan tempat antara ion Si^{4+}

dan Al^{3+} di dalam mineral zeolit tersebut. Karena adanya perbedaan valensi antara kedua ion tersebut, menyebabkan kation-kation tertentu yaitu K, Na, dan Ca, dapat masuk untuk menstabilkan ketidakseimbangan muatan listrik yang terjadi.

3. Bersifat *molecular sieves*, yaitu dapat melakukan pengayaan atau seleksi terhadap molekul-molekul yang ingin diserapnya. Hal ini bisa terjadi karena diameter rongga dari setiap jenis zeolit tertentu besarnya, dan hanya yang sesuai saja yang dapat diserap. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi Kristal inilah yang menjadi dasar penggunaan mineral zeolit sebagai bahan penyaring molekul (*molecular siever*). Molekul zat yang disaring yang ukurannya lebih kecil dari ukuran garis tengah ruang hampa mineral zeolit dapat melintas, sedangkan yang berukuran lebih besar akan tertahan atau ditolak. Kapasitas atau daya saring mineral zeolit tergantung pada volume dan jumlah ruang hampanya. Makin besar jumlah ruang hampa, makin besar pula daya saring mineral zeolit tersebut.

2.4 Jenis dan Pemanfaatan Zeolit

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam komposisi Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor, seperti diperlihatkan dalam (Tabel 2.1) dibawah ini.

Tabel 2.1 Jenis-jenis zeolit alam

No.	Zeolit Alam	Komposisi
1.	Analsim	$\text{Na}_{16}((\text{AlO}_2)_{16}(\text{SiO}_2)_{32})16\text{H}_2\text{O}$
2.	Kabazit	$\text{Ca}_2((\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8)13\text{H}_2\text{O}$
3.	Klinoptilolit	$\text{Na}_6((\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30})24\text{H}_2\text{O}$
4.	Erionit	$(\text{Ca},\text{Mg},\text{Na}_2,\text{K}_2)_{4,5}((\text{AlO}_2)_9(\text{SiO}_2)_{27})27\text{H}_2\text{O}$
5.	Ferrierit	$\text{Na}_{1,5}\text{Mg}_2((\text{AlO}_2)_{5,5}(\text{SiO}_2)_{30,5})18\text{H}_2\text{O}$
6.	Heulandit	$\text{Ca}_4((\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{28})24\text{H}_2\text{O}$
7.	Laumonit	$\text{Ca}_4((\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{16})\text{H}_2\text{O}$
8.	Mordenit	$\text{Na}_8((\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{40})24\text{H}_2\text{O}$
9.	Filipsit	$(\text{K},\text{Na})_5((\text{AlO}_2)_5(\text{SiO}_2)_{11})10\text{H}_2\text{O}$
10.	Natrolit	$\text{Na}_{16}((\text{AlO}_2)_{16}(\text{SiO}_2)_{24})16\text{H}_2\text{O}$
11.	Wairakit	$\text{Ca}_8((\text{AlO}_2)_{16}(\text{SiO}_2)_{32})16\text{H}_2\text{O}$

Sumber: Subagyo, 1993

Berdasarkan bentuk morfologi dan struktur kristalnya, Deer, 1962 (dalam Barrer, 1978), mengklasifikasikan zeolit ke dalam tiga kelompok, yaitu kelompok morfologi kristalnya berbentuk :

- Serabut atau serat, zeolit yang termasuk kelompok ini, antara lain : natrolit, skolesit, mesolit, thomsonit, gonnardit dan edingtonit.
- Pipih, zeolit yang termasuk kelompok ini antara lain : heulandit, stilbit, epistilbit, daciardit, brewsterit, klinoptilolit dan ferrierit.
- Persegi, zeolit yang termasuk kelompok ini antara lain : analsim, kabazit, filipsit, harmotom, gmelinit, fauyasit, levynit, gismondin dan mordenit.

Zeolit juga diklasifikasikan berdasarkan sistem kristalnya (Tabel 2.2) (Barrer, 1978).

Tabel 2.2 Klasifikasi zeolit berdasarkan sistem kristalnya (Barrer, 1978).

Sistem Kristal	Contoh Mineral	Rumus Kimia	Vol Pori (cm ³)
Kubik	Analsim	Na ₁₆ ((AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₃₂ 16H ₂ O	0,18
	Fauyasit	Na ₁₂ Ca ₁₂ Mg ₁₁ ((AlO ₂) ₅₉ (SiO ₂) ₁₃₃)260H ₂ O	0,53
	Paulingit	(K ₂ N ₂ ,C ₂ ,B ₂) ₇₆ ((AlO ₂) ₁₅₂ (SiO ₂) ₅₂₅)7000H ₂ O	0,48
Monoklinik	Bikitait	Li ₂ ((AlO ₂) ₂ (SiO ₂) ₄)2H ₂ O	0,20
	Brwesterit	(Sr,Ba,Ca) ₂ ((AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₁₂)10H ₂ O	0,32
	Daciardit	Na ₅ ((AlO ₂) ₅ (SiO ₂) ₁₉)12H ₂ O	0,26
	Epistilbit	Ca ₃ ((AlO ₂) ₆ (SiO ₂) ₁₈)16H ₂ O	0,34
	Gismondin	Ca ₄ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₈)16H ₂ O	0,47
	Harmotom	Ba ₅ ((AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₁₂)12H ₂ O	0,36
	Heulandit	Ca ₄ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₂₈)24H ₂ O	0,35
	Klinoptilait	Na ₆ ((AlO ₂) ₆ (SiO ₂) ₃₀)24H ₂ O	0,34
	Laumontit	Ca ₄ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₁₆)H ₂ O	0,35
	Filipsit	(K,Na) ₅ ((AlO ₂) ₅ (SiO ₂) ₁₁)10H ₂ O	0,30
	Skolesit	Ca ₈ ((AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₂₄)24H ₂ O	0,31
	Stilbit	Na ₂ Ca ₄ ((AlO ₂) ₁₀ (SiO ₂) ₂₆)32H ₂ O	0,38
	Wairakit	Ca ₈ ((AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₃₂)16H ₂ O	0,18
	Yugawaralit	Ca ₄ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₂₀)16H ₂ O	0,30
Ortorombik	Barreit	((Ca,Mg) ₂ (Na,K) ₁₂ ((AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₅₆)52H ₂ O	0,35
	Edingtonit	Ba ₅ ((AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₆)8H ₂ O	0,45
	Ferrierit	Na _{1,5} Mg ₂ ((AlO ₂) _{5,5} (SiO ₂) _{30,5})18H ₂ O	0,24
	Gonnardit	Na ₄ Ca ₂ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₁₂)14H ₂ O	0,35
	Mesolit	Na ₁₆ Ca ₁₅ ((AlO ₂) ₄₈ (SiO ₂) ₇₂)64H ₂ O	0,25
	Mordenit	Na ₈ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₄₀)24H ₂ O	0,26
	Natrolit	Na ₁₆ ((AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₂₄)16H ₂ O	0,21
	Stellerit	Ca ₈ ((AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₅₆)56H ₂ O	0,39
	Thomsonit	Na ₄ Ca ₈ ((AlO ₂) ₂₀ (SiO ₂) ₂₀)24H ₂ O	0,32
Heksagonal	Erionit	((Ca,Mg,Na ₂ ,K ₂) _{4,5} ((AlO ₂) ₉ (SiO ₂) ₂₇)27H ₂ O	0,36
	Gmelinit	Na ₈ ((AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₁₆)24H ₂ O	0,43

	Levynit	$\text{Ca}_3((\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{12})18\text{H}_2\text{O}$	0,42
	Mazzit	$\text{Na}_{6,03}\text{K}_{1,91}\text{Ca}_{1,35}\text{Mg}_{1,99}((\text{AlO}_2)_{9,77}(\text{SiO}_2)_{26,54})28\text{H}_2\text{O}$	0,37
	Offrerit	$(\text{K}_2,\text{Ca},\text{Mg})_{2,5}((\text{AlO}_2)_5(\text{SiO}_2)_{13})15\text{H}_2\text{O}$	0,34
Tetragonal	Garronit	$\text{NaCa}_{2,5}((\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{10})14\text{H}_2\text{O}$	0,41
Rombohedral	Kabasit	$\text{Ca}_2((\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8)13\text{H}_2\text{O}$	0,48

Pada umumnya, pemanfaatan zeolit didasarkan pada sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut seperti daya serap, penukar ion dan katalis. Adapun pemanfaatan zeolit pada berbagai bidang antara lain sebagai berikut :

- Bidang pertanian dan perkebunan, digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan sebagai pemantap tanah, terutama tanah yang banyak mengandung pasir (kandungan lempung sedikit) dan tanah podzolik. Untuk penggunaan ini, zeolit yang dibutuhkan adalah jenis dengan kandungan ion Na^+ lebih tinggi daripada ion K^+ , dalam hal ini adalah jenis klinoptilolit. Menurut Minato (1968), penambahan 40 ton zeolit jenis klinoptilolit pada sawah seluas 1 are bersama-sama pupuk standar (urca/NPK), dapat meningkatkan penyediaan nitrogen sebesar 63%. Menurut Kazro Turi (1975), penambahan 1 ton zeolit jenis yang sama per ha dapat meningkatkan produksi padi 17%, wortel 65%, apel 13-14%, terong 55%, dan gandum 13% (Arifin dan Bisri, 1996; Suhala dan Arifin, 1997).
- Bidang peternakan, digunakan sebagai imbuhan makanan ternak terutama untuk ternak ayam, babi dan unggas. Penambahan zeolit jenis klinoptilolit dan modernit sekitar 10% dari berat jatah makanan normal dapat meningkatkan berat badan dan kesehatan ternak kirakira 20% lebih dari keadaan biasa menurunkan tingkat kematian dan penyakit, serta biaya pemeliharaan lebih rendah. Spesifikasi kimia zeolit yang

dibutuhkan adalah SiO₂ 64.50%, TiO₂ 0,32%, Al₂O₃ 11,95%, Fe₂O₃ 0,45%. Na₂O 4,22%, CaO 1,21% dan MgO 0,13% (Harjanto, 1987; Anonim, 1989; Arifin dan Bisri, 1995; Suhala dan Arifin, 1997; Kartawa, 2003).

- Bidang perikanan, digunakan sebagai pengontrol kandungan ion NH⁴⁺ di dalam air tambak, kolam dan lain-lain. Jenis zeolit yang dibutuhkan untuk pemanfaatan ini adalah jenis klinoptilolit dan modernit dengan komposisi kimia : SiO₂ 66,80%, Al₂O₃ 12,19%, Fe₂O₃ 1,44%, MgO 0,50%, CaO 2,14%, Na₂O 1,10%, K₂O 2,23%, TiO₂ 0,10% , (Suhala dan Arifin, 1997).
- Bidang pengeringan dan pemurnian gas ; digunakan dalam pemurnian gas metan (biogas) dan gas alam, yaitu dengan mengikat unsur atau senyawa pengotornya, terutama gas CO₂. Karena sifatnya yang mampu mengikat CO₂ ini, maka zeolit juga bermanfaat untuk mengatasi pencemaran atau polusi udara dan air. Jenis zeolit yang memenuhi syarat untuk pemanfaatan ini adalah kabsit dan erionit. Disamping itu zeolit juga bermanfaat untuk meningkatkan konsentrasi oksigen, jenis yang memenuhi syarat untuk penggunaan ini adalah modernit, klinoptilolit, kabsit, erionit dan analsim dengan kadar 50%-55% (Suhala dan Arifin, 1997).
- Digunakan sebagai pengisi (*filler*) pada industry kertas dan kayu lapis (multipleks). Pada industry kertas, zeolit jenis klinoptilolit digunakan untuk menggantikan fungsi kation dan kalsium karbonat untuk menghasilkan kertas berkualitas super. Spesifikasi kimia zeolit yang dibutuhkan untuk pemanfaatan ini adalah SiO₂ 55-56%, TiO₂ 0,03%, Al₂O₃ 28-30%, Fe₂O₃ 0,5%, Na₂O 0,05%, K₂O 7%, CaO MgO 2% dan hilang pijar (LOI) 6-7% (Suhala dan Arifin, 1997).

- Dalam industri keramik, zeolit (dalam bentuk penukar magnesium) akan meleleh menjadi *glass* pada suhu 1.600°C , dan pada suhu 10.000°C akan mengalami proses rekristalisasi membentuk kordirit, melalui reaksi $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2) \rightarrow \text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}\text{MgX}$. Kordirit ini merupakan bahan keramik yang komposisinya dapat diubah sebelumnya dengan cara penukaran ion. Jenis zeolit yang dibutuhkan untuk pemanfaatan dalam industri keramik adalah zeolit yang tinggi kandungan Mg-nya, seperti erionit dan ferrierit (Suhala dan Arifin, 1997). Menurut standar yang dibuat oleh *Certified Reference Material*, Kanada, komposisi kimia zeolit yang dibutuhkan untuk bahan keramik adalah : SiO_2 33,72-68,32%, Al_2O_3 5,80-17,59%, Fe_2O_3 2,22-8,58%, MgO 0,89-8,42%, CaO 1,55-11,59%, Na_2O 1,01-2,70%, K_2O 1,40-3,18%, TiO_2 0,33-1,43%, P_2O_5 0,11-0,69%, MnO 0,09-0,11%, HD 7,19-25,57% (Kartawa, 2003).
- Zeolit telah dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan ornament sejak zaman romawi kuno. Sudah barang tentu pada waktu itu belum diketahui komposisi mineralnya; baru di kemudian hari diketahui bahwa batuan tersebut tersusun oleh zeolit jenis kabasit dan flipsit. Bangunan yang dibuat oleh orang romawi meliputi alas jalan, pondasi rumah dan bangunan, saluran air, jembatan, bahan perekat atau plester, dan lain-lain. Sedangkan ornament yang dibuat meliputi dinding berukit, patung, dan lain-lain. Semua peninggalan zaman romawi tersebut masih dapat disaksikan sampai sekarang. Di Jepang, zeolit jenis klinoptilolit dipanaskan hingga temperatur 150°C dan kemudian didinginkan di udara terbuka. Bahan tersebut kemudian di campur dengan plester dolomite (dolomite tohor) dan air dengan perbandingan 1:1, kemudian dicetak –tekan dan dikeringkan dalam tungku selama \pm

2 jam. Produk yang dihasilkan berupa bata ringan dengan berat 0,75 kg dan kuat tekan 47 kg/cm^3 (Sudirman dan Arifin, 2000).

- Dalam industri minyak makan, zeolit dapat digunakan sebagai bahan penjernih minyak kelapa sawit. Di samping itu dapat pula digunakan untuk menyerap zat warna pada minyak hati ikan hiu. Jenis zeolit yang dibutuhkan disini adalah kabsit, klinoptilolit dan modernit (Arifin dan Bisri, 1995).
- Zeolit juga dapat dipergunakan dalam industri pendingin ruangan dengan sistem refrigerasi dan uap air sebagai refrigerannya. Jenis zeolit yang digunakan disini adalah modernit dan klinoptilolit, dengan kadar minimal 60% (Kartawa, 2003).
- Dalam proses gasifikasi batubara, zeolit digunakan sebagai katilator, terutama untuk batubara yang berkadar berelang dan/atau nitrogen tinggi. Penggunaan zeolit juga dapat membantu untuk memperoleh gas batubara yang bersih karena zeolit tersebut dapat menyerap unsur-unsur pengotor. Cara lain dalam proses gasifikasi batubara, terutama batubara insitu, yaitu dengan menghembuskan gas oksigen (oksigen cair) ke dalam endapan tersebut. Karena biaya untuk mencairkan dan memurnikan oksigen sangat mahal, maka dapat dipergunakan zeolit untuk membuat gas oksigen yang sesuai dengan kadar yang dikehendaki. Selain itu, bahaya akibat kebakaran yang biasanya terjadi pada waktu pemompaan oksigen murni, dapat dihindarkan atau diperkecil (Suhala dan Arifin, 1997)
- Dalam bidang perminyakan, zeolit digunakan sebagai petunjuk *paleo environment* pada lapangan minyak bumi, juga dapat digunakan pada proses pemurnian. Zeolit disini berfungsi menyerap air dan CO_2 yang terkandung dalam minyak bumi. Jenis zeolit yang dapat digunakan dalam proses ini adalah kabsit, isomerisasi,

hidrogenasi, alkalinisasi dan bahan polimerisasi. Kabasit digunakan sebagai bahan pengering gas H_2 F_2 dan pemurni Cl_2 atau klorin (Suhala dan Arifin, 1997, Kartawa, 2003).

- Dalam pemanfaatan energi matahari, zeolit jenis kabasit dan klinoptilolit digunakan sebagai bahan penyerap dan pelepas panas kembali. Penyerapan dan pelepasan panas radiasi matahari digunakan untuk pembuat alat pemanas dan pendingin ruangan (*air conditioner*) atau alat pemanas air (*water heater*). Selain itu, panas radiasi matahari juga dapat diubah fungsinya sebagai sumber energi listrik (Tehernev, 1978 dalam Kartawa, 2003). Proses pengeringan dan pelembaban oleh bubuk zeolit dapat menyebabkan perubahan panas beberapa ratus BTU untuk setiap kilogram bubuk zeolit. Zeolit dapat menyerap panas secara merata ke segala arah dengan kapasitas besar. Hal ini berbeda dengan bahan penyerap lain yang kini banyak digunakan (Suhala dan Arifin, 1997; Kartawa, 2003).
- Dalam bidang kelestarian lingkungan, zeolit digunakan sebagai bahan penghilang bau, penghilang warna dan bahan pengontrol polusi. Penggunaan zeolit sebagai bahan pengontrol polusi pada umumnya didasarkan pada kemampuan zeolit untuk mengubah kation suatu limbah dalam jumlah besar secara selektif. Jenis yang dibutuhkan pada pemanfaatan ini umumnya adalah klinoptilolit dan modernit. Di bidang rumah tangga, saat ini penggunaan deterjen sudah merata di masyarakat. Untuk menghilangkan kesadahan deterjen tersebut, biasanya digunakan sodium trifosfat sebagai pelembut air (*water softener*). Bahan kimia ini ternyata sangat berbahaya bila berada dalam air secara berlebihan, karena dapat mempercepat pertumbuhan lumut hijau (*green algae*), yang dapat mengurangi kadar oksigen

didalam air. Senyawa fosfat tersebut dapat diganti dengan zeolit, karena selain mempunyai sifat sebagai pelembut,zeolit juga dapat menyerap *dye-stuffs* dan *pigment dirt*. Untuk penggunaan ini, zeolit yang digunakan adalah jenis klinoptilolit yang berukuran halus dan berbentuk butir bundar (Suhala dan Arifin, 1997). Di samping itu zeolit dapat pula digunakan untuk menangkap logam besi dan mangan yang terkandung dalam air untuk keperluan rumah tangga (Arifin dan Bisri, 1995).

- Sebagai penukar kation, zeolit dapat juga digunakan untuk mengatasi polusi yang disebabkan oleh air limbah industri karena mampu mengurangi konsentrasi ammonium yang terkandung dalam air tersebut. Kemampuan zeolit (terutama jenis modernit) dalam menyerap gas CO₂ dan meningkatkan konsentrasi oksigen, memungkinkan pula penggunaanya untuk mengatasi pencemaran udara, melalui proses aktivasi dengan pemanasan, zeolit dapat pula dimanfaatkan untuk pengolahan sampah radioaktif, sedangkan dengan aktivasi secara kimia dengan NaOH dan H₂SO₄, zeolit digunakan untuk mengolah air sungai guna mendapatkan air bersih (Arifin dan Bisri, 1995).
- Penggunaan lain mineral zeolit di bidang kelestarian lingkungan, adalah sebagai bahan pembersih cerobong gas (*stock – gas*) dan penyerap limbah tumpahan minyak (*oil-spill*). Gas yang keluar dari cerobong tungku pembakaran minyak bumi dan batubara pada stasiun pembangkit listrik atau pabrik, biasanya mengandung kadar gas SO₂ yang cukup tinggi. Mineral zeolit jenis modernit dan klinoptilolit mampu menyerap secara terpilah gas SO₂ hingga 200 mg SO₂/gram zeolit dalam keadaan statis dan hingga 40 mg SO₂/gram zeolit dalam keadaan dinamis. Kemampuan ini lebih cocok pada tungku dengan sistem cerobong pembangunan gas bertemperatur

tinggi dan ber-pH rendah. Proses penyerapan tersebut juga dapat diterapkan pada pabrik atau industri pembuatan asam belerang (Harjanto, 1987; Anonim, 1989; Sudirman dan Arifin, 2000).

- Kemampuan zeolit untuk melakukan pertukaran ion juga dapat dimanfaatkan untuk penjernihan air atau penurunan kesadahan air dengan jenis zeolit yaitu natrolit (Suhala dan Arifin, 1997). Pusat pengembangan Teknologi Mineral, Direktorat Jenderal Pertambangan umum pada tahun 1986 telah melakukan percobaan skala laboratorium tentang penerapan model pengolahan dan pemanfaatan zeolit untuk gas dan air bersih. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa jenis zeolit yang dibutuhkan untuk pengolahan air bersih, adalah klinoptilolit dan modernit, dengan komposisi kimia : SiO_2 64,4-69,1%, Al_2O_3 12,24-13,91%, Fe_2O_3 1,13-2,07%, MgO 0,44-0,73%, CaO 2,02-2,74%, Na_2O 0,06-0,32%, dan K_2O 2,69-3,60% (Suyartono dan Komardi, 1986).
- Dalam bidang radioaktif, zeolit berguna sebagai media penyimpan bagi keperluan radioisotop atau radioaktif, dengan kemampuannya untuk mengadakan tukar-menukar ion, maka ion-ion tersebut dapat dikeluarkan lagi dari zeolit pada saat dibutuhkan. Karena sifat mineral zeolit yang dapat menyerap ion tertentu secara terpilah, dan juga kapasitas pertukaran ion yang dimilikinya, maka mineral ini dapat dijadikan petunjuk eksplorasi mineral radioaktif di dalam batuan sedimen, terutama batuan pembawa uranium. Biasanya batuan sedimen yang membawa konsentrasi uranium mempunyai komposisi mineral zeolit dalam rangkaian heulandit-klinoptilolit. Ini disebabkan oksida uranium yang berada di dalam air tanah terserap oleh mineral zeolit tersebut. Menurut penyelidikan, kedua jenis mineral zeolit ini mampu

menyerap uranium sebanyak 0,90% yang mana ini berarti bahwa batuan sedimen yang mengandung mineral zeolit dengan rangkaian heulandit-klinoptilolit dapat mengandung uranium hingga 0,90% (Harjanto, 1987).

- Pusat penelitian dan pengembangan teknologi mineral dan batubara, Bandung, pada tahun 2002, telah melakukan penelitian dan pengembangan skala laboratorium / skala meja tentang ekstrasi (dengan cara pelarutan) aluminium dan kalium dari zeolit menggunakan asam klorida. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa melalui pelarutan selama 1 jam, dari zeolit tersebut dapat diekstrasi aluminium dan kalium masing-masing 81% (hasil-hasil ekstrasi ini menunjukkan suatu fungsi yang logaritmik terhadap waktu.) Spesifikasi zeolit yang dibutuhkan di sini adalah jenis modernit dan klinoptilolit, dengan komposisi kimia : SiO_2 73,10-74,35%, Al_2O_3 14,01-15,35%, CaO 1,51-1,70%, NaO ,35-1,92% dan K_2O 1,02-2,58% (Aziz, 2002).