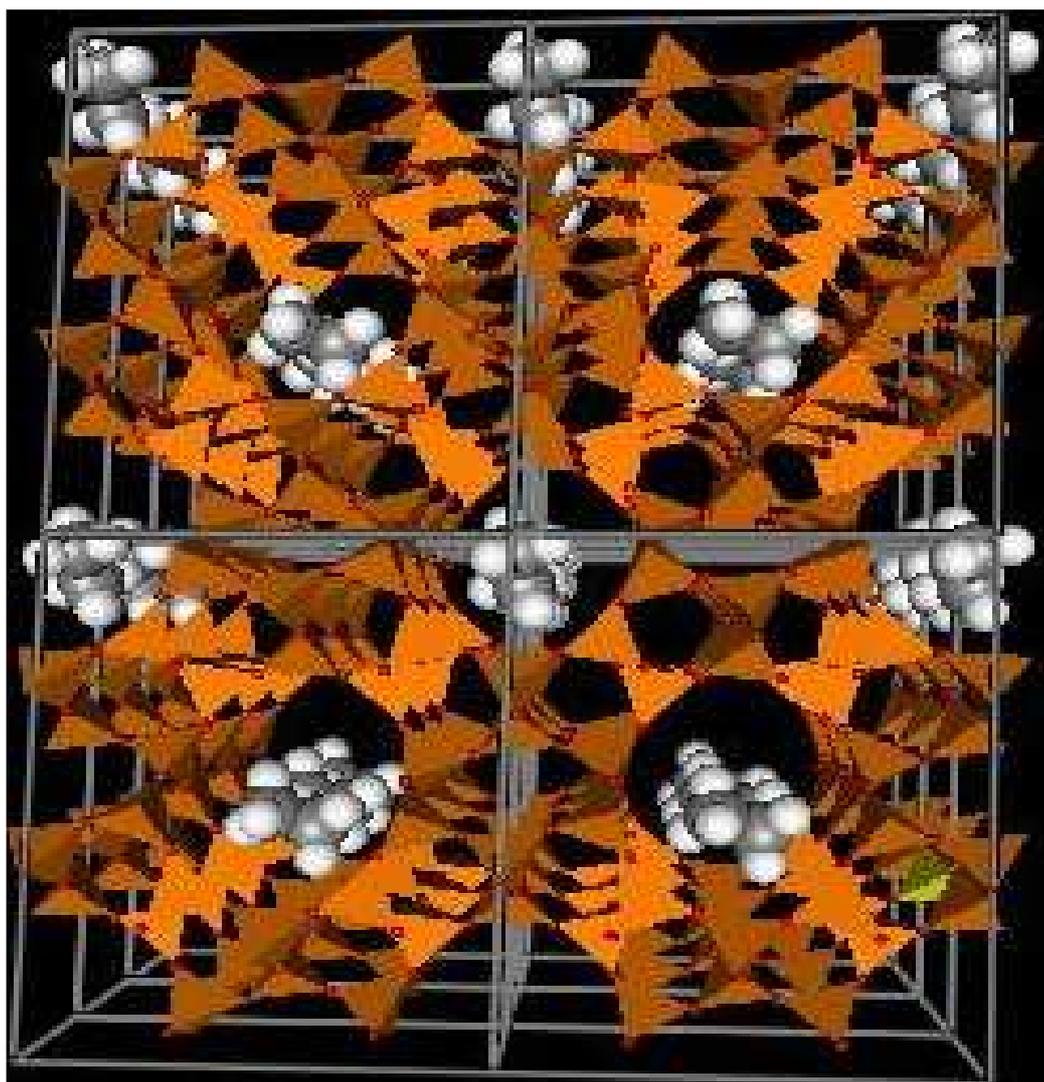


JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 1 No.1, November, Tahun 2002

ISSN 1411-6723

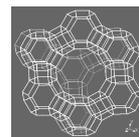


IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)



JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites



Vol.1 No.1, November 2002

EDITOR INTERNASIONAL :

Prof. Dr. Alan Dyer DSc. FRCC.
(University of Salford, UK)
Prof. Dr. G.Q. Max Lu
(University of Queensland, Australia)

DEWAN EDITOR :

Dr. Yateman Arryanto
Dr. Siti Amini
Dr. Suwardi

PELAKSANA EDITOR:

Drs. Supandi MSc
Ir. Dian Angraini

Pimpinan Redaksi/Chief
Editor:
Siti Amini

Alamat redaksi/Address :

Siti Amini
Kawasan PUSPITEK
BATAN Gd. 20, Serpong 15314
Indonesia
Telpon. (021) 7560915-hunting,
7560562 pes.2023
Faksimili: (021) 7560909, emails:
samini@rocketmail.com,
nslibatan@centrin.net.id,
soilipb@indo.net.id

J. Zeolit Indonesia diterbitkan oleh IZI (Ikatan Zeolit Indonesia) setahun dua kali pada bulan Maret dan November, dalam versi bahasa Indonesia yang dilengkapi dengan abstrak berbahasa Indonesia dan Inggris (*abstract*) atau semua ditulis dalam versi English.

Naskah yang diterbitkan dalam Jurnal Zeolit Indonesia (JZI) ini mengandung tulisan ilmiah baik berupa tinjauan, gagasan, analisis, ilmu terapan, teknologi proses dan produksi zeolit, zeotipe atau bahan lain yang terkait dengan nanopori material

Jurnal Zeolit Indonesia dapat diperoleh di sekretariat IZI Pusat maupun Cabang diantaranya di Bandung, Jabotabek, Yogya karta, Surabaya, dan Lampung, juga Asosiasi Pengusaha Zeolit di Indonesia.

Pengantar Redaksi

Jurnal Zeolit Indonesia ini terbit pertama kali, berisi makalah-makalah yang telah disajikan pada Seminar sehari yang bertema Prospek Zeolit Menghadapi Millenium ketiga pada tanggal 14 September 1999, di Gedung STEKPI-Jakarta, dalam rangka pembentukan Ikatan Zeolit Indonesia, disingkat IZI.

IZI merupakan wadah kesatuan dan persatuan para ilmuwan dari berbagai lembaga/institusi litbang termasuk perguruan tinggi pemerintah maupun non-pemerintah, pengusaha serta industriawan yang menekuni bidang zeolit. Selanjutnya kami berharap melalui jurnal ini IZI dapat mewujudkan tujuannya, yaitu menjadikan JZI sebagai wadah komunikasi ilmiah tentang zeolit dan bahan sejenisnya serta teknologi pengembangannya agar dapat dioptimalkan pendaayagunaannya untuk kesejahteraan masyarakat luas di Indonesia.

Salam,
Redaksi

Editorial

The first Journal of Indonesian Zeolites consists of papers presented on the one day seminar with a theme of Zeolit Prospect towards The third Millenium held at STEKPI building-Jakarta on 14 September 1999 on the occasion of the formation of the Indonesian Zeolites Association, namely IZI.

IZI is a forum for the scientists and technologists in research and development centres from governmental and non-governmental institutes including the universities as well as the professional industries, producers and individual persons who have interests in zeolites. We hope IZI will develop its capability through the JZI, in the future to reach the goal for the developments of zeolites and other typical materials applications and lead to its optimized development for the people welfare in Indonesia.

Best regards,
Editors

Catatan Untuk Penulis:

Kontribusi naskah dapat disampaikan kepada Pimpinan Redaksi JZI, disertai lampiran surat pernyataan penulis dan pembantu penulis (jika ada) tentang keabsahan dan persetujuan bahwa isi tulisan tersebut benar-benar merupakan hasil temuan sendiri dan belum pernah dipublikasikan. Naskah yang tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan Staf Editor, tidak akan dikembalikan. Komunikasi antar Penulis dengan Editor dapat diadakan secara langsung demikian pula komunikasi antara pembaca dengan penulis. Isi dan kebenaran dari makalah di luar tanggung jawab redaksi.

JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 1 No.1, November, 2002

ISSN 1411-6723

DAFTAR ISI

1. Prospects of Natural Zeolites in Indonesia for Industrial Separations and Environmental Management (**Arryanto, Y., Amini, S., and Max. G.Q.Lu**) 1
2. Prospek Pemanfaatan Mineral Zeolit di Bidang Pertanian (**Suardi**) 5
3. Standardisasi Komoditas Mineral Zeolit untuk Peningkatan Mutu (**Astiana Sastiono**) 13
4. Standardisasi Zeolit Alam Sebagai Komoditas dalam Rangka Menjamin Mutu untuk Keperluan Industri (**Muta'alim**) 17
5. Penggunaan Zeolit dalam Bidang Industri dan Lingkungan (**Thamzil Las dan H. Zamroni**) 23
6. Pemasaran Zeolit Alam Indonesia (**Toni Toha Apandi**) 31

Diterbitkan Oleh:

IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)

Alamat Redaksi/Address:

Kawasan PUSPIPEK, BATAN Gd. 20, Serpong 15314, Indonesia

Telepon. (021) 7560915-hunting, 7560562 pes. 2023

Faksimili: (021) 7560909, email: samini@rocketmail.com, nsibat@centrin.net.id, soilpb@indo.net.id

Prospects of Natural Zeolites in Indonesia for Industrial Separations and Environmental Management

Yateman Arryanto^{*}, Amini, S^{**}, and Max G.Q. Lu^{***}

^{*}Fakultas MIPA-UGM, Sekip Utara Kotak Pos Bls.21, Yogyakarta 55281, Fax/Tel. 0274-545188Gadjah Mada University, Yogyakarta

^{**} National Nuclear Energy Agency (BATAN), Serpong

^{**} P2TBDU-BATAN, Kawasan PUSPIPTEK Gd.No.20, Serpong 15314, email: amini@batan.go.id.

^{***}The university of Queensland, Brisbane Qld 4072, Australia, email:

Maxlu@cheque.uq.edu.au

ABSTRACT

Zeolite as well as molecular sieves are a class of aluminosilicate materials, which have found wide use in industries for separation, purification and pollution control. In the new era of nanomaterials in the 21st century, these nanoporous materials have become more widely used in separation, catalysis and environmental management, even in microelectronic and energy storage sectors. The following briefly shows the great potential of natural zeolites for some important environmental applications: CO₂ removal from landfill gas and coal seam gas using Pressure Swing Adsorption (PSA) with Clinoptilolites: Natural zeolite is not only a cheaper solution to the economical storage system of methane for NGV_s but it also present a safer storage medium as alternative adsorbent such activated carbon is flammable and very costly. There is also an increasing interest in indoor air quality control issues among the building industries and health organizations. It has been demonstrated that clinoptilolite is particularly effective adsorbent for odours and some volatiles in indoor environment. Another area of importance of natural zeolites is the solar energy application. Zeolites can adsorb water vapour and create effective cooling with solar heat as the energy to regenerate the zeolite. Systems using zeolites can be designed in such a way that combined cooling and heating can be achieved at about 40-60% efficiency. Adsorption of Nitrogen and Oxygen in zeolites for PSA application Cp zeolite deposit has about 75% of the capacity of a commercial Mordenite zeolite for air separation at 30°C. The dynamics studies showed that Cp zeolite is suitable for N₂ and O₂ separation due to their large difference in adsorption kinetics.

Keywords: Cation Exchange, Gas Separation, Natural Zeolites

INTRODUCTION

Natural zeolites are naturally occurring minerals which have the basic building units of zeolites (TO₄) tetrahedron. The commercial uses of natural zeolites have been expanding over the last decades or so despite the fact that many millions of tons of synthetic zeolites and molecular sieves are produced each year in the world. One of the main drivers for the natural zeolite market is the need for economical solutions to many pollution problems. There have been increasing amounts of natural zeolites mined and sold to the environmental management markets in the USA, Australia, Japan, Hungary, and Mexico. It is estimated that over 20 millions tons of zeolite minerals are at present mined in the world. Indonesia has

vast deposits of natural zeolites and clay minerals (over 200 million tons) mainly Clinoptilolite and mordenite.

Traditional applications of natural zeolites as a cheap mineral resource are for fillers in paper manufacturing, in cement and concrete, in fertilizers, and as ion-exchangers. In recent years more and more natural zeolites have found applications in wastewater treatment, air pollution control (for odour removal), and for adsorption separation in drying and gas purification. In the era of high environmental concerns of the public and energy and resource conservation, the attractive physical and chemical properties of natural zeolites will be utilized even more in the years to come.

Mineral compositions of Indonesian zeolite rocks are mostly clinoptilolite, mordenite,

smectite and others. The deposits of natural zeolite in Indonesia is shown on Table 1.

Table 1: Natural zeolites deposits in Indonesia

No.	LOCATION	Deposits (million tones)
1.	Campang, Sidomulyo, Lampung- South Sumatra.	5 (measured) 32 (indicated) 27 (inferred)
2.	Nanggung, West Java	28.843
3.	Cikembar, Sukabumi, West Java	2.5
4.	Cisolok, Sukabumi, West Java	unmeasured
5.	Bayah, West Java	12.4 (measured) 34 (inferred)
6.	Cisaat, Sukabumi, West Java	10 (inferred)
7.	Sragen, Banjarnegara, Central Java	2.90
8.	Pule, Karanganyar, East Java	unmeasured
9.	Sukokidul, Trenggalek, East Java	unmeasured
10.	Ngaringan, Blitar, East Java	unmeasured
11.	Ende, Nangapanda, Flores, West Nusatenggara	20

There are more than 150 zeolites, they can be classified into different groups and some types for examples have typical unit cell contents as shown on Table 2.^{1,2} The types of zeolites determine specific properties and usage.

PROPERTIES OF NATURAL ZEOLITES

The important structural properties of zeolites concern with the dimensions and arrangements of the crystal pores, the presence of water and metal cations and the ratio of silicon to aluminium atoms which give many unique properties. The loosely bound water can be removed fairly easily by heat or evacuation and replaced reversibility without decomposition of the crystal structure. The cations are partially or fully hydrated and may be bounded weakly to the aluminosilicate framework. If the zeolite is immersed in water containing dissolved salts of others metals, those cations which are within accessible

positions in the zeolite may exchange with the cations in the solution.

Table 2: Classification of zeolites

Name	Typical Unit Cell Contents
GROUP: S4R	
Analcime	$\text{Na}_{16}[(\text{AlO}_2)_{16}(\text{SiO}_2)_{32}].16\text{H}_2\text{O}$
Harmotome	$\text{Ba}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_{12}].12\text{H}_2\text{O}$
Phillipsite	$(\text{K}, \text{Na})_{10}[(\text{AlO}_2)_{10}(\text{SiO}_2)_{22}].20\text{H}_2\text{O}$
Gismondine	$\text{Ca}_4[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_8].16\text{H}_2\text{O}$
P	$\text{Na}_6[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{10}].15\text{H}_2\text{O}$
Laumontite	$\text{Ca}_4[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{16}].16\text{H}_2\text{O}$
GROUP: S6R	
Erionite	$\text{Ca}_2\text{Mg}_{0.5}\text{K}_2\text{Na}_2[(\text{AlO}_2)_9(\text{SiO}_2)_{27}].27\text{H}_2\text{O}$
Offretite	$\text{KCa}_2[(\text{AlO}_2)_5(\text{SiO}_2)_{13}].15\text{H}_2\text{O}$
Levynite	$\text{NaCa}_3[(\text{AlO}_2)_7(\text{SiO}_2)_{11}].18\text{H}_2\text{O}$
Sodalite	$\text{Na}_6[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_6].8\text{H}_2\text{O}$
GROUP: D4R	
Zeolite-A	$\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}].27\text{H}_2\text{O}$
ZK-4	$\text{Na}_8\text{TMA}[(\text{AlO}_2)_9(\text{SiO}_2)_{15}].28\text{H}_2\text{O}$
GROUP: D6R	
Faujasite	$(\text{Na}_2, \text{Ca}, \text{Mg})_{28}[(\text{AlO}_2)_{58}(\text{SiO}_2)_{134}].240\text{H}_2\text{O}$
X	$\text{Na}_{88}[(\text{AlO}_2)_{88}(\text{SiO}_2)_{104}].220\text{H}_2\text{O}$
Y	$\text{Na}_{56}[(\text{AlO}_2)_{56}(\text{SiO}_2)_{136}].250\text{H}_2\text{O}$
Chabazite	$\text{Ca}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8].13\text{H}_2\text{O}$
Gmelinite	$\text{Na}_{88}[(\text{AlO}_2)_{88}(\text{SiO}_2)_{104}].220\text{H}_2\text{O}$
ZK-5	$\text{Na}_{30}[(\text{AlO}_2)_{30}(\text{SiO}_2)_{66}].98\text{H}_2\text{O}$
GROUP: 4-1 / T₈O₁₀	
Natrolite	$\text{Na}_{16}[(\text{AlO}_2)_{16}(\text{SiO}_2)_{24}].16\text{H}_2\text{O}$
Mesolite	$\text{Ca}_{16}\text{Na}_{16}[(\text{AlO}_2)_{48}(\text{SiO}_2)_{72}].64\text{H}_2\text{O}$
Thomsonite	$\text{Ca}_8\text{Na}_4[(\text{AlO}_2)_{20}(\text{SiO}_2)_{20}].24\text{H}_2\text{O}$
Edingtonite	$\text{Ba}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_6].8\text{H}_2\text{O}$
GROUP: 5-1/ T₈O₁₆	
Mordenite	$\text{Na}_8[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{40}].24\text{H}_2\text{O}$
Dachiardite	$\text{Na}_5[(\text{AlO}_2)_5(\text{SiO}_2)_{19}].12\text{H}_2\text{O}$
Epistilbite	$\text{Ca}_3[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{18}].18\text{H}_2\text{O}$
Bikitaite	$\text{Li}_2[(\text{AlO}_2)_2(\text{SiO}_2)_4].2\text{H}_2\text{O}$
GROUP: 4-1	
Heulandite	$\text{Ca}_4[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{28}].24\text{H}_2\text{O}$
Clinoptilolite	$\text{Na}_6[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}].24\text{H}_2\text{O}$
Stilbite	$\text{Ca}_4\text{Na}_2[(\text{AlO}_2)_{10}(\text{SiO}_2)_{26}].34\text{H}_2\text{O}$
Barrerite	$\text{Na}_8[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{28}].26\text{H}_2\text{O}$

The exchangeable cation content varies widely, and is directly related to the aluminium content of zeolite. Table 3 shows typical ion-exchange properties of selected natural zeolites.

The adsorption properties of zeolites are not limited to the external surface of the crystals as they are with many other minerals. The internal structure of many dehydrate zeolites can catalyse many gaseous reactions,

especially when activated with hydrogen ions or particular rare metals. The majority of the sites of adsorption, catalysis and cation exchange in zeolites are within the crystal structure.

Table 3 : Ion exchange properties

Zeolites	Si/Al (exchange capacity)	Original cations	Exchange Selectivities
Analcime	2	Na	Complicated by ion-sieving
Chabazite	1.4 – 2.8	Ca, K	Tl ⁺ >Cs ⁺ >K ⁺ >Ag ⁺ >Rb ⁺ >NH ₄ ⁺ >Pb ²⁺ >Na ⁺ =Ba ²⁺ >Sr ²⁺ >Ca ²⁺ >Li ⁺
Clinoptilolite	2.7 – 5.3	Ca,Na,K	Cs ⁺ >K ⁺ >Sr ²⁺ =Ba ²⁺ >Ca ²⁺ >Na ⁺ >Li ⁺ >Pb ²⁺ >Ag ⁺ >Cd ²⁺ ~Zn ²⁺ >Cu ²⁺ >Na ⁺
Erionite	3 – 4	Na, K	Cs ⁺ >Sr ²⁺ >K ⁺ >Na ⁺
Ferrierite	3.2 – 6.2	K, Mg	Inadequate data
Mordenite	4.4 – 5.5	Ca, Na	Cs ⁺ >K ⁺ >NH ₄ ⁺ >Na ⁺ >Ba ²⁺ >Li ⁺ . NH ₄ ⁺ >Na ⁺ >Mn ²⁺ >Cu ²⁺ >Co ²⁺ ~Zn ²⁺ >Ni ²⁺
Phillipsite	1.3 – 2.9	K,Ca,Na	Ba ²⁺ >Rb ⁺ ~Cs ⁺ ~K ⁺ >Na ⁺ >>Li ⁺

The trend of ion-exchange affinity are heavy, polarizable, alkali metal ions of large ionic size preferred by zeolites.

APPLICATIONS

- (1) CO₂ removal from landfill gas and coal seam gas using Pressure Swing Adsorption (PSA) with Clinoptilolites: Cp has been found to be effective to separate CO₂ from methane (CH₄) because of the molecular sieving effect. This can be an excellent candidate to be used in PSA units to upgrade biogas or coal seam gas into high value-adding methane for industrial pipeline or energy generation.
- (2) Natural zeolite is not only a cheaper solution to the economical storage system of methane for NGV_s but in also present a safer storage medium as alternative adsorbent such activated carbon is flammable and very costly. It has been demonstrated that natural zeolites are highly efficient for methane storage at moderately low pressure (0.5-1 Mpa). Further enhancement on the adsorption capacity of Cp at low pressure range (below 0.5 Mpa) can

lead to a more viable, cost-effective means of fuelling for NGVs.

- (3) There is also an increasing interest in indoor air quality control issues among the building industries and health organizations. It has been demonstrated that clinoptilolite is particularly effective adsorbent for odours and some volatile in indoor environment. In fact, room air cleaners using natural zeolite filters have been developed in the US and Japan for the removal of urine odours and other volatile gases in houses and similar facilities.
- (4) Another area of important of natural zeolites is the solar energy application. Zeolites can adsorb water vapour and create effective cooling with solar heat as the energy to regenerate the zeolite. Systems using zeolites can be designed in such a way that combined cooling and heating can be achieved about 40-60% efficiency.
- (5) Adsorption of Nitrogen and Oxygen in zeolites for PSA application Cp zeolite deposit has about 75% of the capacity of a commercial Mordenite zeolite for air separation at 30 °C. The dynamic studies showed that Cp zeolite is suitable for N₂ and O₂ separation due to their large difference in adsorption kinetics.

Natural zeolites are minerals that can do many things. The Russians dropped tons of a zeolite called clinoptilolite on the Chernobyl Reactors, filtered milk produced in the area and even put it in candy bars to feed the children. Zeolite eliminate odours,, clean up chemical pollutants and heavy metals and even stops pain from bee stings, coral stings and muscle strains. Yet, zeolites are classified as a GRAS substance (Generally Recognized As Safe) by the Food and Drug Administration.

Hundreds of other uses of zeolites

Zeolite work by ion exchange, gas adsorption and as a catalyst. There hundreds of zeolites usages in the daily life and in industry for examples: zeolites can eliminate animal odors from urine, eliminate animal odors from feces; eliminate odors from dead animals; eliminate heat and hormonal odors in animals; eliminate bad breath in animals;

save animals (cattle) that have consumed lead; reduces morbidity rates in farm animals, cattle, swine and chickens; eliminate cigarette odors in automobiles, dead rat odors in automobiles, eliminate sour milk odors in cars, eliminate locker room odors, eliminates beauty shop odors, eliminates bilge odors, eliminates cat box odors, soak eliminates leg ulcer odors, eliminates pollutants from building materials, removes formaldehyde from carpets and glues, removes odors from flooded basements. It can also cleans up pesticides, eliminates mold and mildew odors, eliminates burned pop corn odors from microwave, cleans burned beans from pan without scrubbing, eliminates fish odors from fish market, eliminates spoiled food odors from freezers, including fish, shrimp and chicken. It can also picks up glue odors, eliminates cancer odors, eliminates chemotherapy odors, odors in dental office, odors from gangrene, picks up lead, cleans air from gases from cigarette smoke in buildings and filter smoke stack pollutants also filter food odors.

In addition, it can help skin rash, removes chemical poisons, safely chelate heavy metals, removes radioactive cesium from people and animals, cleans up fish waste from pond and tanks, removes heavy metals from soils, cleans up contaminated soils, hold water in soils for farming and irrigation, improve cation exchange in soil for crops, grow crops in-zeoionics, and use to improve fertilizers. In relating with water, it can be used in fish farming, filter waste from water,

filter heavy metals from water, filter radioactive materials from humans.

Also it makes great humidifier for humidior, preserve food under refrigeration, use as food additive, use to adsorp chemicals from the skin, remove chemicals and pesticides from food stuffs. Some are use as insulation, and locks up chemicals for safe disposal. All zeolites are not created equal. The type of erionite is known can cause cancer, however zeolites are the mineral for the next century.

CONCLUSION

Natural zeolites are versatile and highly effective adsorbents, ion-exchangers, and good catalyst carriers. The attractive properties of zeolites plus the modification are more and more realized and utilized by increasing applications. The environmental management industries, especially promising for the expanding the market of natural zeolites, and it is a prospect on 21st century will see growth in the mining and utilization of natural zeolites.

REFERENCES

1. **Dyer, A.**, *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, Great Britain, (1988).
2. **Meier, W.M. Olson, D.H.**, *Atlas of Zeolite Structure*, Butterworth Heinemann, London, (1992).
3. **Breck, D.W.**, *Zeolite Molecular Sieves*, John Wiley & Sons, New York, 1974.

Prospek Pemanfaatan Mineral Zeolit di Bidang Pertanian

Suwardi

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Istiti Pertanian Bogor
Jalan Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Tel. 0251-422370, 0251-627792 Ext. 2154, Fax. 0251-629358,
Email: soilipb@indo.net.id

ABSTRAK

PROSPEK MINERAL ZEOLIT DI BIDANG PERTANIAN. Meskipun mineral zeolit telah dikenal luas di luar negeri sejak tahun 50-an, di Indonesia baru mulai dikenal mulai tahun 80-an setelah diteliti oleh Pusat Penelitian Teknologi Mineral. Sebelumnya zeolit hanya dikenal sebagai batu tempel berwarna kehijauan untuk hiasan dinding yang ditempel pada tembok. Dengan makin banyaknya penelitian tentang pemanfaatan zeolit untuk berbagai keperluan, lambat-laun zeolit mulai populer di masyarakat termasuk di pedesaan. Pemanfaatan zeolit didasarkan atas sifat-sifat yang dimilikinya. Pada mulanya, zeolit digunakan sebagai bahan industri, seperti: bahan pengisi industri kertas, bahan penukar ion pada proses penjernihan air, bahan pemisah nitrogen dan oksigen, katalisator pada pemurnian minyak, adsorben tahan asam pada pengeringan dan sebagai bahan bangunan. Bersamaan dengan itu, zeolit juga digunakan untuk imbuhan pakan ternak dan penjernih pada tambak udang dan kolam ikan. Di luar negeri, zeolit telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan, baik sebagai bahan industri, untuk meningkatkan hasil pertanian, maupun untuk perlindungan lingkungan. Di bidang pertanian, zeolit dapat diberikan langsung ke lahan-lahan pertanian bersama bahan lain; dibuat media untuk tanaman hortikultura; dicampurkan dengan pupuk kandang sewaktu proses pengkomposan; dicampurkan dengan pupuk urea sebagai pupuk penyedia lambat; dan lain-lain. Di Indonesia jumlah pabrik pengolahan zeolit masih sedikit dan umumnya belum mendiversifikasi produk kecuali dalam bentuk serbuk dan butiran. Namun demikian akhir-akhir ini banyak pengusaha yang tertarik untuk mengolah zeolit untuk berbagai kegunaan baik untuk bidang industri, pertanian, dan perlindungan lingkungan. Yang paling penting dari produksi zeolit adalah bagaimana dapat memproduksi zeolit yang berkualitas tinggi. Di bidang pertanian, zeolit mempunyai prospek yang cerah sebagai (1) bahan ameliorasi untuk tanah yang mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) rendah, (2) bahan campuran pupuk, khususnya nitrogen dan fosfor, (3) bahan media tumbuh tanaman hortikultura dan bibit tanaman perkebunan, (4) bahan untuk meningkatkan kualitas kompos, (5) bahan penjernih air pada tambak ikan, (6) bahan campuran pakan ternak.

Kata kunci : Pertanian, Zeolit

ABSTRACT

PROSPECT OF ZEOLITE APPLICATION IN AGRICULTURE. Although zeolites have been known since the 50's the application of zeolites in Indonesia started in the 80's after promotion by the Mineral Technology Research Centre. Before that period, zeolites were only used as construction materials for wall decoration. Zeolites became popular after publication of zeolite research into many aspects of possible applications. Applications of zeolites are based on their characteristics. Initially natural zeolites were used as fillers in the paper industry, ion exchangers in water treatment, separation of nitrogen and oxygen, sorbents in drying, and construction materials. At the same time, applications of zeolites were developed as feed additives for animals and for water treatment in shrimp ponds. In some countries, zeolites have been used as industrial materials, improvement of agricultural production, and environmental protection. In agriculture, applications of zeolites can be used directly to soils as materials for growth media, mixed with manures during decomposition process, and for mixing with urea as slow release agent. The number of zeolite factories in Indonesia is still low and they produce zeolites in powder and grain forms. In recent years, some zeolite factories have been built to produce zeolites for material of industry, agriculture and environmental protection. The most important effort for zeolite factories is how to produce high quality of zeolite. The prospect of zeolite applications in agriculture is very good as (1) soil amelioration for low cation exchange capacity of soils, (2) material for mixing with fertilizer, (3) material as growth media for horticulture and seedling plantation plants, (4) material for improvement of compost quality, (5) material for water treatment of fish ponds, (6) food additives for animals.

Key words: Agriculture, Zeolites

PENDAHULUAN

Mineral zeolit mulai dikenal luas masyarakat Indonesia setelah diperkenalkan oleh Pusat Penelitian Teknologi Mineral tahun 80-an. Sebelumnya zeolit hanya dikenal sebagai batu tempel berwarna kehijauan untuk hiasan dinding yang ditempel pada tembok. Dengan makin banyaknya penelitian tentang pemanfaatan zeolit untuk berbagai keperluan, khususnya di bidang pertanian, lambat-laun zeolit mulai populer di masyarakat termasuk di pedesaan sebagai bahan campuran pupuk dan pembersih air pada tambak udang dan kolam ikan.

Zeolit merupakan mineral dari golongan silikat. Berbeda dengan mineral golongan silikat lain seperti feldspar, kuarsa, dan lain-lainnya yang berstruktur masif, struktur mineral zeolit berongga. Struktur ini menyebabkan zeolit mempunyai bobot isi lebih rendah dari mineral silikat lainnya. Dalam proses pembentukannya, unsur silikon yang bervalensi 4 sebagian digantikan oleh unsur aluminium yang bervalensi 3 sehingga terjadi kelebihan muatan negatif. Dengan adanya substitusi tersebut kerangka dasar dalam mineral zeolit adalah aluminium-silikat. Jumlah muatan negatif tersebut dikenal dengan kapasitas tukar kation (KTK). Kelebihan muatan negatif ini kemudian dinetralkan oleh adanya kation-kation yang umumnya didominasi oleh kalium (K), natrium (Na), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).

Air yang berada di dalam mineral zeolit dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu air yang berada di luar sistem kristal dan air yang menyatu dalam sistem kristal. Air yang berada di luar sistem kristal dapat menguap jika dipanaskan sampai 105°C selama 24 jam dan dapat masuk kembali jika zeolit didinginkan dan ada uap air di sekitarnya. Zeolit mempunyai kemampuan melepas dan menyerap kembali air dan mempertukarkan kation tanpa perubahan struktur kristalnya. Air kristal tidak dapat menguap dengan pemanasan hingga 105°C. Air kristal berada dalam rongga-rongga zeolit baru lepas dengan pemanasan sekitar 300-400°C dalam waktu beberapa jam. Zeolit yang telah kehilangan air kristal dinamakan zeolit yang telah teraktivasi dan dapat berfungsi sebagai pengabsorpsi kation yang efektif. Untuk menghilangkan air kristal ini, para

penambang zeolit tradisional umumnya membakar zeolit sebelum digiling menjadi bubuk zeolit.

Kation yang ada di dalam zeolit umumnya berasal dari kation monovalen dan divalen dari golongan alkali dan alkali tanah. Kation-kation lain mungkin juga ada tetapi jumlahnya sedikit. Jumlah dan komposisi kation dalam zeolit tergantung dari jenis zeolit dan lingkungan pembentukannya. Misalnya mordenit umumnya banyak mengandung Ca sedangkan klinoptilolit umumnya banyak mengandung K. Sehubungan dengan lingkungan pembentukan, zeolit yang terbentuk pada lingkungan marin, kaya akan kation natrium sedangkan zeolit yang ditemukan di lingkungan vulkanik banyak mengandung kalium.

Zeolit mempunyai bentuk yang sangat indah dengan bongkahan yang menarik yang banyak disimpan oleh para kolektor dan menghiasi museum-museum di banyak negara. Warna mineral zeolit umumnya abu-abu kehijauan tergantung dari jenis mineral atau unsur pengotornya. Beberapa jenis mineral telah diidentifikasi misalnya klinoptilolit, chabasit, erionit, faujasit, dan mordenit yang sifat-sifat serapannya telah dibandingkan dengan beberapa penyaring molekul sintetis.

Salah satu sifat kimia zeolit yang terpenting adalah KTK. Zeolit mempunyai KTK yang sangat tinggi, sekitar 80 sampai 200 meq/100g. Jika ada zeolit yang mempunyai KTK kurang dari 100 meq/100g, menunjukkan bahwa kandungan zeolit murninya rendah sehingga mutunya juga rendah. Semakin tinggi KTK zeolit, semakin tinggi pula kualitas zeolit untuk penukar ion dan penggunaan di bidang pertanian. Berdasarkan sifat-sifatnya, zeolit dapat dimanfaatkan di bidang industri, pertanian, dan lingkungan. Terbatasnya pengetahuan tentang sifat-sifat zeolit dan informasi tentang kegunaannya, zeolit yang melimpah itu sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Paper ini akan merangkum beberapa hasil penelitian penggunaan zeolit khususnya di bidang pertanian.

PEMANFAATAN ZEOLIT DI BIDANG PERTANIAN

1. Sebagai Bahan Ameliorasi

Berikut ini akan diuraikan sebagian dari hasil-hasil penelitian pemanfaatan zeolit di bidang pertanian khususnya sebagai bahan ameliorasi. Cara ini biasanya memerlukan zeolit dalam jumlah yang besar. Zeolit langsung diberikan ke areal pertanian baik di lahan kering maupun lahan sawah. Berdasarkan kemampuan pertukaran terhadap kation yang tinggi, zeolit dapat mengikat dan menyimpan air serta pupuk sementara dan melepas kembali ke tanah saat tanaman memerlukannya. Dengan proses kerja demikian, zeolit sering disebut sebagai bahan penyedia lambat (*slow release agent*). Dalam hal ini zeolit hanya berfungsi sebagai karier dalam mengatur pelepasan hara dan air untuk tanaman. Ini perlu ditekankan karena banyak yang beranggapan bahwa zeolit sering dianggap sebagai pupuk. Penambahan zeolit tanpa disertai dengan penambahan pupuk dan bahan-bahan lain yang diperlukan tanaman, justru akan merugikan tanaman karena sebagian dari haranya akan diserap sementara oleh zeolit.

Beberapa hasil penelitian zeolit sebagai bahan ameliorasi dilaporkan oleh Townsend (1979) seperti disajikan pada Tabel 1.¹

Tabel 1. Pengaruh klinoptilolit-tuff yang dicampurkan pada tanah terhadap hasil beberapa komoditas pertanian.

Tanaman	Tahun	Jumlah Zeolit (ton/ha)	Rasio Hasil (%)
Padi	1964	5	106
Terung	1964	10	155
Apel	1964	10	113
Padi	1965	5	102
Wortel	1964	10	163
Apel	1965	5	142

* Persentase hasil dengan penambahan zeolit dibagi dengan tanpa zeolit

Tabel 1 di atas menunjukkan penambahan zeolit untuk tanaman terung 10 ton per hektar dapat meningkatkan hasil sampai 55%, dan untuk wortel bahkan dapat meningkatkan sampai 63%. Diduga zeolit ini berpengaruh terhadap adsorpsi dan retensi ion amonium serta kalium, menjaga kerusakan akar, mengatur suplai air, dan memberikan tambahan hara khususnya kalium kepada tanaman.

Struktur zeolit yang berongga dapat meningkatkan daya pegang air, terutama pada tanah pasir, berarti meningkatkan kemampuan tanah tersebut menyediakan air

bagi tanaman, sedangkan peningkatan kapasitas tukar kation tanah menyebabkan efisiensi pemupukan. Di samping itu penggunaan zeolit pada tanah dapat berfungsi sebagai sumber unsur kalium dan unsur mikro seperti Cu, Mn, dan Zn yang biasanya tercampur dalam mineral zeolit. Zeolit yang ditambahkan pada tanah dapat mengikat ion amonium yang kemudian dengan mudah dapat dilepaskan kembali saat tanaman memerlukannya.

Kelemahan dari cara pemberian zeolit sebagai bahan ameliorasi adalah memerlukan zeolit dalam jumlah besar (untuk setiap kenaikan 1 meq/100g diperlukan sekitar 10 ton zeolit/ha). Zeolit sebagai bahan ameliorasi memerlukan biaya yang sangat mahal. Oleh karena itu untuk tingkat petani cara ini mungkin sangat berat untuk diterapkan pada tingkat petani. Namun demikian karena struktur zeolit cukup stabil di dalam tanah maka pemberian zeolit pada tanah-tanah marginal, dapat berpengaruh sampai beberapa tahun.

Ada hubungan antara zeolit, kenaikan KTK, dan peningkatan produksi tanaman. Peningkatan KTK tanah ditentukan oleh KTK zeolit, dosis zeolit, dan jenis muatan dari tanah. Semakin tinggi KTK zeolit dan semakin besar dosis zeolit semakin besar pula kenaikan KTK tanah. Untuk jenis muatan tanah, zeolit yang diberikan pada tanah yang mempunyai mineral liat alofan tidak dapat meningkatkan KTK tanah.

Percobaan lapangan yang dilakukan di Kebun Percobaan IPB, Darmaga menunjukkan bahwa zeolit meningkatkan P_{205} tersedia dari 5,28 mg/kg menjadi 20,1 mg/kg pada Podsolik tetapi tidak meningkatkan fosfor pada tanah Mediteran.² Ini berarti zeolit mampu meningkatkan fosfor pada tanah ber-pH rendah yang fosfornya terikat dalam bentuk Fe-P dan Al-P. Mekanisme peningkatan fosfor diduga karena P yang terikat oleh Fe dan Al diikat oleh Ca pada zeolit. Oleh karena Ca dalam zeolit mudah tersedia dalam bentuk yang dapat dipertukarkan, maka dalam waktu yang sama fosfor pun menjadi tersedia.

Sifat-fisik berongga dari zeolit menyebabkan penambahan zeolit pada tanah bertekstur liat dapat memperbaiki struktur tanah sehingga meningkatkan pori-pori udara tanah. Pada tanah berpasir, zeolit dapat meningkatkan

daya pegang tanah terhadap air. Zeolit dapat bertahan lama di dalam tanah karena struktur zeolit relatif stabil.

Dari penelitian di kebun Percobaan IPB (Jenis tanah Latosol) menunjukkan bahwa penambahan zeolit 10 ton/ha pada musim tanam pertama meningkatkan produksi kedelai 9%, dan pada musim tanam berikutnya meningkatkan produksi sorghum 11% dibandingkan kontrol.

Zeolit tidak banyak mengandung unsur hara kecuali kalium. Oleh karena itu, agar memberikan pengaruh lebih besar, zeolit perlu diberikan dalam bentuk campuran dengan bahan lain. Dari percobaan yang dilakukan di Bogor menunjukkan bahwa campuran zeolit dengan kotoran ayam meningkatkan produksi kedelai 24%, lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit atau kotoran ayam jika digunakan secara terpisah. Demikian juga campuran zeolit, kompos, dan terak baja dapat meningkatkan produksi gandum pada musim tanam kedua sampai 106% dan nilainya lebih baik jika digunakan secara terpisah-pisah.

2. Campuran dengan Pupuk Urea

Pada tanah sawah, efisiensi pemupukan nitrogen kurang dari 50% adalah suatu hal yang wajar jika pemupukan nitrogen di permukaan. Minato (1968) melaporkan kenaikan 60% ketersediaan nitrogen pada tanah sawah 4 minggu setelah 40 ton/10ha zeolit ditambahkan dengan pupuk standar.³

Tabel 2. Pengaruh penambahan zeolit pada pupuk urea terhadap parameter Panen Padi^a

Perlakuan ^b	Bobot gabah isi (g.pot ⁻¹)	jumlah malai/pot	Bobot jerami (g.pot ⁻¹)	Persen gabah hampa (%)
Z0	87,2a	34a	48,7a	15,4a
Z1	98,0a	37ab	51,0a	13,1
Z2	92,7a	38b	51,5	10,4a
Z3	100,9b	42c	52,5	12,2a

^aPercobaan dilakukan bersama Juju Harboko;

^bZ0, Z1, Z2, dan Z3, berturut-turut perbandingan antara urea dan zeolit: 1:0, 1:1, 1:2, dan 1:3; Angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 0.05.

Pencampuran zeolit kepada pupuk urea

meningkatkan bobot gabah isi, jumlah malai dan mengurangi bobot gabah hampa. Penambahan zeolit ke dalam pupuk urea meningkatkan bobot gabah sebesar 8% pada bubuk dan 20% jika ditabletkan dibandingkan dengan tanpa zeolit. Peningkatan bobot gabah disebabkan oleh peningkatan jumlah malai. Namun demikian, pemberian zeolit berpengaruh pada lambatnya pertumbuhan vegetatif padi pada awal pertumbuhan, tetapi pada akhir pertumbuhan menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dan mempunyai jumlah anakan yang lebih banyak dibandingkan dengan tanpa pemberian zeolit.

Mekanisme peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen dengan penambahan zeolit dapat diterangkan sebagai berikut. Penambahan zeolit pada pupuk N menyerap amonium yang dikeluarkan oleh pupuk. Jika konsentrasi nitrat dalam tanah menurun, amonium yang telah diserap oleh zeolit dilepaskan kembali ke dalam larutan tanah. Dengan cara itu, N yang diberikan ke dalam tanah dapat tersedia dalam waktu yang lebih lama. Pada pupuk yang tidak ditambahkan zeolit, N segera berubah menjadi nitrat dan tercuci bersama aliran permukaan. Disamping itu, N yang berubah menjadi gas amoniak akan menguap ke udara.

3. Zeolit sebagai Bahan Media Tumbuh Tanaman

Akhir-akhir ini telah dicapai sukses besar dalam penggunaan zeolit. Pada awalnya, penggunaan zeolit sebagai media tumbuh tanaman (MTT) dilakukan oleh seorang peneliti Bulgaria dengan cara mencampur zeolit dengan gambut dan vermikulit sebagai MTT hortikultura di rumah kaca. Media tumbuh tersebut dinamakan zeo-ponik. Media zeo-ponik memperlihatkan kualitas yang sangat baik dibandingkan dengan media lain. Kemudian penggunaan zeolit sebagai MTT berkembang pesat di Jepang. Para petani menggunakan media tersebut untuk mengembangkan bibit tanaman sayuran dan bunga. Bahkan mereka menanam tanaman pot dengan media zeolit. Mereka mencampur zeolit dengan gambut dan bahan-bahan lain sebagai media zeolit. Secara umum cara menanam seperti itu dinamakan hidroponik. Hidroponik merupakan istilah yang sudah umum dikenal, terutama bagi mereka yang

senang berkecimpung dengan kegiatan tanam-menanam seperti: bunga, sayuran, dan buah-buahan di dalam pot. Hidroponik merupakan metoda bercocok tanam pada MTT bukan tanah; dapat menggunakan air, pasir kerikil, arang, atau bahan lain yang dicampur dengan bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Dengan semakin sempitnya lahan-lahan pertanian di kota-kota, hidroponik menjadi metoda pertumbuhan alternatif yang layak yang dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis sayuran dan buah-buahan. Berkat intensifnya penelitian di bidang hidroponik, cara bercocok-tanam telah disederhanakan sedemikian rupa sehingga orang yang tidak punya pengalaman bercocok tanam sekali pun dapat menanam tanaman dengan metoda hidroponik.

Di negara-negara maju, unit-unit pertumbuhan hidroponik dengan menggunakan media air banyak dijual oleh agen-agen hidroponik. Zat makanan yang diperlukan tanaman dilarutkan ke dalam media air dan dengan bantuan kawat penyangga, tanaman yang diinginkan ditumbuhkan di atasnya. Untuk operasionalnya, penggunaan unit-unit pertumbuhan hidropomk masih terasa mahal dan memerlukan perhitungan pupuk yang agak rumit. Penggunaan MTT bukan air dalam prakteknya lebih mudah dan tidak memerlukan unit-unit pertumbuhan hidroponik yang khusus. Media tumbuh tanaman cukup dimasukkan ke dalam kantong plastik atau ember bekas, media tersebut siap digunakan untuk penanaman berbagai jenis tanaman yang dikehendaki. Uraian berikut, yang dimaksud dengan MTT adalah media yang berbentuk padat yang terbuat dari campuran beberapa bahan.

Pada umumnya, MTT yang tersedia saat ini, terdiri dari campuran bahan-bahan yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Dalam pembuatan MTT, sifat fisik dan kimia media harus diperhitungkan agar tanaman dapat tumbuh optimal. Diantara sifat-sifat fisik yang penting dan perlu diperhitungkan dalam pembuatan MTT adalah bobot isi, ruang pori, dan daya pegang air. Untuk memperoleh sifat fisik yang baik, MTT umumnya ditambahkan kompos atau gambut atau bahan lain yang dapat mengurangi bobot isi dan meningkatkan ruang pori serta daya pegang air. Sifat-sifat kimia MTT yang penting adalah pH, daya

hantar listrik (DHL), dan kapasitas tukar kation (KTK). pH media umumnya dibuat antara 6,5 sampai 7,0 dengan cara menambahkan batu kapur, seperti kalsit, dolomit, atau terak baja; sedangkan DHL diusahakan serendah mungkin. MTT yang baik adalah media yang mempunyai daya sanggah (buffer) cukup tinggi terhadap DHL. Artinya tetap mempunyai DHL rendah meskipun ditambahkan pupuk cukup banyak ke dalam media tersebut. Tingginya DHL disebabkan oleh kandungan ion-ion yang tinggi dalam media, terutama nitrat. DHL yang rendah sangat diperlukan agar tanaman mudah menyerap unsur hara yang terdapat dalam media tersebut.

Salah satu kelemahan dari MTT yang ada sekarang adalah rendahnya daya sanggah terhadap DHL. Rendahnya daya sanggah terhadap DHL disebabkan oleh rendahnya nilai KTK atau daya pegang media tersebut terhadap unsur-unsur hara. Nitrogen dalam bentuk amonium yang diberikan ke dalam MTT segera berubah menjadi nitrat. Nitrat yang terdapat dalam media menyebabkan DHL-nya meningkat dan akhirnya menyulitkan sistem pengambilan unsur hara dari media tersebut.

Untuk mengurangi DHL suatu MTT dapat ditempuh dengan cara mengurangi jumlah pupuk yang ditambahkan ke dalam media tersebut, terutama nitrogen. Pupuk yang diberikan ke dalam media meningkatkan nilai DHL. Pengurangan jumlah pupuk berakibat berkurangnya unsur hara dalam MTT. Untuk mengatasinya, sejumlah pupuk nitrogen ditambahkan lagi ke dalam MTT jika ada tanda-tanda kekurangan nitrogen, atau menambah jumlah MTT dalam pot. Pekerjaan ini tidak disukai oleh mereka yang ingin bekerja lebih praktis dan efisien. Oleh karena itu, agar pupuk yang ditambahkan ke dalam MTT lebih banyak dengan tetap menjaga DHL serendah mungkin, diperlukan suatu bahan yang mempunyai daya sanggah tinggi terhadap DHL. Bahan tersebut dapat dipilih dari bahan yang mempunyai KTK tinggi dan dapat menyerap amonium atau nitrat. Untuk keperluan tersebut di atas, zeolit merupakan bahan yang dapat memenuhi persyaratan, karena zeolit mempunyai KTK tinggi dan dapat menyerap amonium. Dengan bahan baku zeolit, dapat dibuat media yang mempunyai sifat fisik maupun kimia yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Untuk membedakan dengan MTT

yang lain, media tersebut dinamakan media zeoponik.

4. Untuk Menghilangkan Bau

Sudah sejak dahulu kompos diketahui sebagai pupuk organik yang sangat penting bagi kesuburan tanah. Jauh sebelum pupuk kimia digunakan, para petani memanfaatkan sisa-sisa pakan bercampur dengan kotoran ternak sebagai kompos. Munculya pupuk kimia menyebabkan para petani enggan menggunakan kompos karena pupuk kimia jauh lebih praktis dan efisien. Namun demikian, pemakaian pupuk kimia yang berlebihan tanpa dibarengi pupuk kompos ternyata memberikan efek samping menurunkan kemampuan tanah untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Tanah cenderung makin keras dan pH tanah menurun. Perbaikan teknologi pembuatan pupuk kimia juga mempunyai dampak negatif dengan menurunkan atau bahkan meniadakan kadar unsur-unsur mikro yang penting bagi tanaman.

Adanya efek negatif dari pupuk kimia mendorong para pakar pertanian di negara-negara maju mulai menganjurkan kembali penggunaan kompos sebagai bahan substitusi pupuk kimia dan penyumbang bahan organik dalam tanah. Kompos mengandung lebih beragam jenis unsur hara termasuk unsur hara mikro seperti tembaga, besi, seng, dan mangan. Bahan organik tanah jumlahnya terus berkurang karena proses penguraian. Untuk mempertahankan jumlahnya dalam tanah perlu penambahan bahan organik dari luar, misalnya dengan masuknya daun-daun yang gugur ke dalam tanah. Namun demikian, proses itu berlangsung sangat lambat, terutama pada tanah yang digunakan untuk pertanian intensif. Maka penambahan kompos pada tanah pertanian merupakan cara efektif mempertahankan kadar bahan organik tanah. Kompos mengandung lebih beragam jenis unsur hara termasuk unsur hara mikro seperti tembaga, besi, seng, dan mangan.

Permasalahan yang timbul dari pemakaian kompos adalah, rendahnya kandungan unsur hara menyebabkan penambahan kompos sebagai sumber unsur hara memerlukan jumlah yang sangat banyak. Untuk mengimbangi satu kilogram urea misalnya, diperlukan sekitar 20 kilogram kompos kotoran hewan. Itu pun ketersediaan

nitrogennya tidak secepat pupuk urea.

Disamping itu, nitrogen dalam kompos mudah menguap ke atmosfer sehingga menimbulkan bau busuk dan pencucian nitrogen lewat air hujan. Suwardi (1997) menyebutkan bahwa lebih dari separuh nitrogen yang dikandung kotoran ayam hilang ke atmosfer jika proses pengkomposan dilakukan lebih dari 2 bulan di udara terbuka.² Untuk meningkatkan efisiensi nitrogen pada kotoran hewan, maka pengurangan kehilangan nitrogen merupakan usaha yang penting baik ditinjau dari aspek ekonomi maupun lingkungan. Untuk maksud di atas, zeolit yang mempunyai kemampuan menyerap nitrogen diharapkan dapat mengurangi kehilangan nitrogen sekaligus mengurangi bau busuk.

PROSPEK ZEOLIT DI INDONESIA

Penggunaan zeolit didasarkan atas sifat-sifat fisika dan kimia yang unik yang dimilikinya. Dengan mengeksploitasi sifat-sifat zeolit telah dikembangkan teknologi industri, pertanian, perlindungan lingkungan. Pemahaman tentang sifat-sifat zeolit menjadi dasar untuk memanfaatkan seluas-luasnya zeolit untuk berbagai kegunaan. Pemahaman sifat-sifat zeolit termasuk di dalamnya cara analisisnya, sehingga jika ada kelainan data dapat diketahui penyebabnya.

Pada mulanya, zeolit digunakan sebagai bahan industri, seperti: bahan pengisi industri kertas, bahan penukar ion pada proses penjemihan air, bahan pemisah nitrogen dan oksigen, katalisator pada pemurnian minyak, adsorben tahan asam pada pengeringan dan sebagai bahan bangunan. Bersamaan dengan itu, penggunaan zeolit untuk imbuhan pakan ternak dan penjernihan pada tambak udang dan kolam ikan telah mulai dilakukan. Terdapat beberapa aspek yang menjadi dasar dari penggunaan zeolit yaitu aspek penyerapan, penukar kation, pengayak molekul dan katalis. Proses pertukaran kation merupakan masalah yang pertama-tama harus dikuasai, karena untuk penggunaan dalam aspek lainnya terutama sebagai katalis dan penyaring molekular, zeolit harus diubah bentuknya menjadi bentuk tertentu melalui proses pertukaran kation.

Penggunaan di bidang pertanian, terutama untuk perbaikan sifat tanah, dimulai tahun 1950 oleh peneliti Jepang. Dari hasil percobaan, penambahan zeolit ke dalam tanah sawah dapat meningkatkan hasil panen padi. Percobaan juga telah dilakukan pada tanaman lahan kering dengan hasil serupa. Di bidang pertanian, zeolit mulai banyak dimanfaatkan sebagai bahan ameliorasi, bahan campuran pupuk, bahan untuk meningkatkan kualitas kompos dan bahan MTT.

Mengingat banyaknya kegunaan mineral zeolit maka zeolit yang terdapat di Indonesia perlu diusahakan secara optimal. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM), lembaga-lembaga penelitian, dan perguruan tinggi telah melakukan berbagai penelitian yang menyangkut identifikasi dan penentuan kadar zeolit dalam batuan, dan penggunaan dalam berbagai bidang.

Zeolit merupakan salah satu jenis mineral yang banyak ditemukan di Indonesia karena Indonesia merupakan kepulauan yang dilalui deretan pegunungan yang aktif. Sebagian besar mineral zeolit terbentuk dari tufa vulkanik yang dikeluarkan oleh gunung api jutaan tahun lalu kemudian mengendap dan membentuk mineral zeolit. Zeolit di Indonesia umumnya terbentuk dari aktivitas gunung api yang terjadi setelah masa tersier muda.⁴ Dua jenis zeolit, mordenit dan klinoptilolit, umum dijumpai pada bukit-bukit yang mengandung zeolit dengan kemurnian cukup tinggi. Namun demikian tidak sedikit batuan yang berwarna mirip zeolit tetapi kandungan zeolitnya sangat rendah.

Di Indonesia zeolit banyak ditemukan di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Maluku. Sampai saat ini lebih dari 50 lokasi deposit zeolit telah ditemukan dan sebagian kecil telah dimanfaatkan. Dari deposit itu, beberapa diantaranya telah diteliti secara intensif dan dilakukan penambangan seperti Bayah daerah Banten Selatan, Cikembar daerah Sukabumi, Nanggung daerah Bogor Barat, dan Cikalong daerah Tasikmalaya Selatan.⁵ Dengan semakin banyaknya penggunaan zeolit khususnya di bidang pertanian, banyak pengusaha yang tertarik untuk menambang zeolit.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Torri et.al. (1971) zeolit dari jenis klinoptilolit dan

mordenit yang ditemukan di Jepang mempunyai daya adsorpsi lebih baik dibandingkan dengan bahan pengadsorpsi yang telah dikenal seperti silika dan alumina teraktivasi.⁶ Selain sebagai bahan pengadsorpsi kation yang baik, zeolit mempunyai nilai KTK yang tinggi dan kation-kation tersebut dengan mudah dapat dipertukarkan dengan kation lain. Pertukaran kation dalam rongga dan di dalam kerangka aluminosilikat menyebabkan ukuran pori dari zeolit dapat diatur, sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyaring molekul. Zeolit juga bersifat sebagai katalis berdasarkan gugus aktif pada saluran antar kristal. Sifat ini banyak dimanfaatkan untuk membantu reaksi-reaksi tertentu di dalam industri kimia.

Berdasarkan sifat-sifat di atas, zeolit mempunyai kegunaan luas baik di bidang industri, sebagai sumber energi baru, pertanian, dan bahkan dapat mengurangi polusi dari pencemaran limbah nuklir dan pabrik. Sudah tidak dapat disangkal lagi bahwa zeolit merupakan bahan komoditas yang penting di Indonesia pada tahun-tahun mendatang.

PERMASALAHAN ZEOLIT DI INDONESIA

Di Indonesia jumlah pabrik pengolahan zeolit masih sedikit dan umumnya belum mendiversifikasi produk kecuali dalam bentuk serbuk dan butiran. Namun demikian akhir-akhir ini banyak pengusaha yang tertarik untuk mengolah zeolit untuk berbagai kegunaan khususnya di bidang pertanian. Sampai saat ini kebutuhan zeolit, terutama untuk keperluan industri, misalnya untuk mengurangi kadar air pada gas alam masih tergantung dari impor. Jika kita dapat memanfaatkan zeolit yang ada di Indonesia untuk mensubstitusi zeolit impor tersebut, maka devisa dapat dihemat. Kita harus berusaha mengurangi ketergantungan zeolit dari luar negeri dengan cara mengolah zeolit yang ada di Indonesia. Permasalahannya kita harus menyediakan zeolit yang memenuhi kriteria untuk pemurnian gas alam.

Pabrik zeolit di Indonesia umumnya mengolah zeolit dari penambang tradisional. Cara ini dapat membantu penduduk setempat dalam memanfaatkan sumberdaya alam. Yang menjadi masalah adalah sulitnya mengontrol penambang tradisional agar hanya menambang zeolit yang berkualitas

baik. Penambang tidak memahami zeolit yang bagaimana yang berkualitas baik. Agar dapat menseleksi zeolit yang baik memang seharusnya pengelola pabrik zeolit mempunyai konsesi yang ditambang sendiri oleh pengusaha. Namun demikian cara ini sering tidak diijinkan oleh pemerintah daerah.

Zeolit umumnya ditambang di daerah yang jauh dari daerah yang memerlukan zeolit. Faktor transportasi biasanya merupakan komponen yang menentukan harga. Jadi harga zeolit yang ada di pasaran umumnya banyak berasal dari komponen transportasi. Jika harga zeolit dapat ditekan maka penggunaan zeolit akan segera meluas di masyarakat.

KESIMPULAN

Zeolit merupakan mineral yang melimpah di Indonesia dapat digunakan untuk berbagai bidang termasuk pertanian. Zeolit dapat digunakan sebagai bahan ameliorasi, bahan campuran pupuk, bahan media tumbuh tanaman, dan menghilangkan bau. Meskipun dapat meningkatkan produksi pertanian, harga zeolit yang relatif mahal masih menjadi kendala pemanfaatannya di masyarakat.

DAFTAR ACUAN PUSTAKA

1. **Townsend, R. P. (Ed.)**, *The Properties and Application of Zeolites*, The Chemical Society, Burlington House, London, 1979.
2. **Suwardi**, *Studies on agricultural utilization of natural zeolites in Indonesia*, PhD Dissertation, Tokyo University of Agriculture, 1997.
3. **Minato, H.**, *Characteristics and uses of natural zeolites*, Koatsugasu 5, 1968, 536-547.
4. **Minato, H.**, *Zeolite resources and its zeolite mineral in Indonesia*, In *Natural Zeolites and Its Utilization* (Minato, H., Ed), Committee for Utilization of Natural Zeolites, JSPS, 1994, p.151-157.
5. **Pusat Pengembangan Teknologi Mineral**, *Kegunaan dan prospek zeolit di Indonesia*, Laporan Ekonomi Bahan Galian, No. **72**, Bandung, 1990.
6. **Torii, K.**, *Utilization of natural zeolites in Japan*, In *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use* (Sand, L.B. and Mumpton, F.A., Eds.), Pergamon Press, London, 1977, p.441-450.

Standardisasi Komoditas Mineral Zeolit untuk Peningkatan Mutu

Astiana Sastiono

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Istitut Pertanian Bogor
Jalan Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Tel. 0251-422370, 0251-627792 Ext. 2154, Fax. 0251-629358,
Email: soilpb@indo.net.id

ABSTRAK

Bahan mineral zeolit dalam dekade duapuluh tahun terakhir sangat luas dipergunakan dalam berbagai bidang baik pertanian, industri maupun proteksi lingkungan. Penggunaan zeolit secara komersial adalah berdasarkan salah satu atau lebih dari kemampuan sifat-sifat fisik atau kimia yang dimilikinya. Zeolit alam didapatkan sebagai batuan tufa bersama-sama mineral lainnya dengan komposisi yang sangat bervariasi, yang sulit dipisahkan secara kimiawi. Salah satu upaya untuk mengatasi dan menjamin mutu zeolit yang sesuai dengan persyaratan, diperlukan adanya suatu kesepakatan atau tolok ukur yang dapat dipakai untuk menentukan standardisasi kualitas sumberdaya zeolit. Beberapa sifat dari standar zeolite diantaranya adalah ukuran partikel, komposisi mineral, sifat kimia dan sebagainya.

Kata kunci : zeolit, standardisasi

ABSTRACT

STANDARDIZATION OF ZEOLITE MINERAL FOR QUALITY CONTROL. *Zeolite minerals in the past 20 years have been used in many aspects of agriculture, industry and environmental protection. Application of zeolites commercially depends on one or more of their physical and chemical characteristics. Natural zeolites are obtained as tuff rocks together with other minerals with the variation in their composition. Separation of the mineral is very difficult with any chemical process. In order to guarantee the quality of natural zeolites as a commercial product, we need to establish national standard of zeolites. Properties of zeolite such as particle size, mineral compositions, chemical properties and other properties need to be standardized.*

Key words : Standardization, Zeolites

PENDAHULUAN

Mineral zeolit secara umum didefinisikan sebagai mineral alumina silikat hidrat yang mempunyai karakteristik yang sangat spesifik. Penggunaan zeolit secara komersial adalah berdasarkan salah satu atau lebih dari kemampuan sifat-sifat fisik atau kimia yang dimilikinya. Sifat-sifat tersebut adalah: (1) pertukaran ion, (2) adsorpsi dan sifat penyaring molekuler, (3) katalisis, (4) dehidrasi dan rehidrasi.

Zeolit alam karena proses lingkungan pembentukannya menyebabkan bahan tersebut mempunyai komposisi dan kualitas yang sangat beragam. Berbeda dengan mineral lainnya, batuan zeolit alam terdapat

dalam campuran dengan mineral atau senyawa lainnya yang sulit dipisahkan secara kimiawi. Banyaknya mineral lain tersebut akan mempengaruhi kualitas ataupun kemampuan di dalam pemanfaatannya. Kemampuan fisik dan kimia yang spesifik yang dimiliki mineral zeolit inilah rupanya sangat bermanfaat untuk kepentingan penggunaan di bidang pertanian, peternakan, perindustrian, keteknikan dan lainnya. Mengingat banyaknya kegunaan mineral tersebut serta potensinya yang cukup berlimpah di Indonesia, maka akan sangat menguntungkan jika bahan tersebut diusahakan pelayannya.

PERMASALAHAN DAN PEMBAHASAN

Di Indonesia kini telah banyak dilakukan usaha penambangan zeolit, baik untuk memenuhi keperluan berbagai sektor di dalam negeri maupun untuk ekspor. Sampai saat ini Indonesia tampaknya belum mempunyai standar mutu ataupun pembakuan penggunaan komoditas zeolit alam bagi setiap subsektor pengguna baik secara nasional maupun internasional.

Hal di atas menjadi penting karena mineral zeolit mempunyai ciri dan sifat yang sangat berbeda dengan mineral yang umum diperdagangkan seperti bentonit, fosfat, kaolin dan lain-lain. Penggunaan mineral zeolit alam sebenarnya lebih banyak mengacu terhadap sifat fisik dan mineralogi dari pada sifat kimianya, seperti jenis dan jumlah mineral zeolitnya, kristalisasi, jenis dan banyaknya mineral pengotor serta jenis kation mineral zeolit.

Beberapa kendala yang timbul dari penggunaan bahan mineral ini adalah bahan materi zeolit alamnya sendiri dan metode-metode analisis yang digunakan untuk penentuan parameter sifat-sifat zeolit yang berbeda pada masing-masing laboratorium. Informasi ataupun kriteria umum yang harus diberikan kepada para pengguna didalam bidang pertanian menurut Sheppard (1984) adalah :

1. Nama dari jenis zeolit yang dipergunakan

Pencantuman nama jenis zeolit menjadi penting karena telah ditemukan lebih dari 50 jenis mineral zeolit di alam. Setiap jenis zeolit walaupun mempunyai sifat yang hampir sama akan tetapi setiap spesies mempunyai komposisi kimia dan struktur kristal yang berbeda sehingga masing-masing mempunyai sifat fisik dan kimia yang berbeda yang dapat mempengaruhi penggunaannya.

2. Nama dari perusahaan penyuplai bahan tersebut

Nama perusahaan penyuplai zeolit perlu diketahui karena variabilitas bahan mineral dari deposit penambangan yang berbeda ini cukup besar. Suatu perusahaan dapat memiliki lebih dari satu sumber zeolit dari deposit yang berbeda walaupun jenisnya sama.

3. Lokasi deposit zeolit tersebut yang ditambang

Lokasi penambangan batuan zeolit merupakan informasi tambahan yang penting, hal ini disebabkan endapan zeolit dapat berasal dari bahan induk atau proses pembentukan yang berbeda. Apakah zeolit tersebut terdapat di dalam batuan sedimen, plutonik yang berbeda dalam umur, fitologi ataupun lingkungan pengendapannya. Zeolit dari lokasi yang berbeda akan mempunyai kemurnian dan sifat kimia yang berbeda. Willis, Quades dan Fagerberg (1982) mendapatkan hasil yang berbeda di dalam peningkatan bobot anak ayam yang diberikan pakan bahan zeolit yang berasal dari tiga lokasi deposit yang berbeda.

4. Ukuran butir (mesh) zeolit yang dipergunakan.

Ukuran butir (mesh) mempengaruhi sifat mineral zeolit terutama dalam pertukaran ion ataupun kecepatan pertukarannya. Untuk dapat berlangsungnya proses pertukaran mutlak diperlukan kontak antara kounter ion dengan gugus ionik yang terikat pada zeolit. Semakin halus ukuran butiran maka akan semakin besar luas permukaannya sehingga makin banyak ion yang dapat dipertukarkan. Untuk zeolit, kehalusan butiran ini mempunyai batas tertentu karena penggilingan yang terlalu halus akan dapat merusak struktur kristalnya.

5. Komposisi mineral bahan zeolit

Zeolit merupakan batuan yang mempunyai persentase kandungan berbeda-beda. Bahan batuan tersebut dapat mengandung kurang dari 95 persen mineral zeolit, dapat juga hanya 30 sampai 60 persen kandungan zeolitnya. Zeolit alam seringkali bercampur dengan bahan vulkanik glass yang tidak bereaksi, mineral liat illit dan smektit, mineral silika lain seperti kuarsa, feldspar, opal dan jenis zeolit yang lain. Secara vertikal maupun horizontal walaupun berasal dari tufa yang sama dalam satu lokasi pengendapan dapat menunjukkan perbedaan di dalam komposisi mineralnya. Penggunaan X-Ray Diffractometer sangat membantu di dalam analisa komposisi mineral batuan zeolit.

6. Komposisi kimia bahan zeolit .

Komposisi kimia zeolit alam sangat bervariasi dan rumit. Dalam satu kelompok zeolit dari jenis yang sama seperti heulandit dan klinoptilolit dapat berbeda dalam kandungan kation-kation yang dapat dipertukarkannya serta susunan struktur bangun kristalnya (Boles, 1972). Perbandingan jumlah Si : (Al + Fe) dalam kelompok yang sama berkisar antara 2.8 - 5.6. Menurut Sheppard dan Gude, (1985), komposisi kimia zeolit dapat mempengaruhi potensi penggunaannya. Zeolit jenis klinoptilolit yang mengandung kalium tinggi kemungkinan mempunyai pertukaran kation yang rendah terhadap kation yang lainnya. Hal ini disebabkan sukar untuk mengeluarkan kalium zeolit dengan pertukaran kation. Untuk keperluan penelitian sebaiknya diketahui kandungan unsur-unsur makro dan mikro dari bahan tersebut.

7. Kemurnian atau homogenitas bahan zeolit .

Kemurnian atau kadar zeolit merupakan kualitas yang menentukan di dalam perdagangannya. Banyaknya kandungan zeolit di dalam batuan zeolit alam yang tidak murni tersebut sangat menentukan sifat kimianya terutama dalam kemampuan penyerapan dan pertukaran ion.

8. Kapasitas tukar kation.

Data kemampuan pertukaran ion seyogyanya harus dicantumkan pada bahan zeolit yang diperdagangkan. Sifat ini dipengaruhi oleh sifat kimia, komposisi batuan, jenis dan kemurnian batuan yang besar vahasinya dad satu deposit ke yang lainnya. Sheppard dan Gude, (1982) mengemukakan bahwa sifat pertukaran kation yang tinggi dan selektivitas zeolit terhadap ion amonium dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Akan tetapi selektivitas atau kemampuan ini tidak sama besarnya pada masing-masing zeolit. Kapasitas tukar kation zeolit sebaiknya ditentukan terlebih dahulu sebelum dipergunakan karena sifat ini dapat mempengaruhi potensi aplikasinya.

9. Modifikasi atau perlakuan awal yang telah dilakukan terhadap bahan zeolit.

Modifikasi ataupun perlakuan awal yang dilakukan terhadap bahan sebelum

pemakaiannya penting diinformasikan. Zeolit alam berada dalam bentuk kurang aktif; perlakuan pendahuluan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan bahan tersebut dalam pemanfaatannya. Modifikasi adalah setiap perlakuan fisik atau kimia yang diberikan selain penggerusan.

METODE ANALISA LABORATORIUM PENENTUAN MUTU ZEOLIT

Yang perlu dilakukan untuk menguji mutu zeolit antara lain :

1. Ukuran butiran

Produk yang dihasilkan dapat terjadi dari berbagai ukuran tergantung dari keperluan/kegunaannya. Umumnya berkisar dari 3 mm sampai lebih kurang 200 mesh.

2. Penetapan komposisi mineral

Analisis dapat dilakukan dengan alat difraktometer sinar X, dari hasil analisis ini dapat diketahui kemurnian zeolit, jenis mineral zeolit dan bahan/senyawa/mineral lain yang terdapat bersama-sama.

3. Penetapan komposisi kimia

Komposisi unsur dapat dilakukan dengan metoda analisis kimia total terhadap unsur-unsurnya dengan cara analisis kimia basah ataupun dengan X-Ray Fluorescent. Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui komposisi senyawa penyusun ataupun logam-logam lain yang terdapat bersama-sama.

4. Analisis- analisis lainnya

Pengerjaan analisis dapat dilakukan sesuai dengan permintaan konsumen yang memerlukan. Beberapa analisis yang umum dilakukan adalah : (1) Pengukuran Kapasitas Tukar Kation Zeolit, (2) Kadar Air, (3) Luas Perrnukaan dan lain-lain. Metode analisis yang dipergunakan hendaknya sama untuk semua laboratorium yang menganalisis zeolit. Hal ini perlu kesepakatan metode yang dipakai.

CONTOH FORMAT HASIL ANALISIS MUTU ZEOLIT

1. Komposisi Mineral

Analisa Kualitatif :

Klinoptilolit, Mordenit/Heulandint, Plagioklas, Kuarsa, Kristobalit, Montmorilonit.

Analisa Kuantitatif :

Klinoptilolit.....	50.96 %
Mordenit	28.02 %
Plagioklas dll	22.02 %

2. Komposisi Kimia

Contoh teah dihaluskan dengan ukuran adalah 100 mesh.

SiO ₂	60.29 %
Al ₂ (O ₃)	12.79 %
Fe ₂ O ₃	2.15 %
CaO	1.58 %
MgO	0.40 %
Na ₂ O	0.32 %
K ₂ O	3.97 %
TiO ₂	0.22 %
LOI	11.30 %

3. Sifat Fisik

Berat jenis (Bulk Density, g/cm ³)	1.18
Berat jenis partikel (Specific Gravity, g/cm ³)	2.04
Kapasitas pertukaran kation (Cation Exchange Capacity, meq/100gr)	153.00
Kadar air (%).....	23.40
Kekerasan (Skala Mohs)	5.40
Luas permukaan (Surface area cm ² /gram	9.30
pH	6.8

KESIMPULAN

Komoditas mineral zeolit merupakan sumber daya yang penting bagi sektor pertanian, industri maupun teknik lingkungan. Hingga kini baik nasional maupun internasional sebenarnya belum ada standard atau pembakuan penggunaan zeolit alam. Unsur standardisasi adalah alat yang penting dalam meningkatkan mutu dan daya guna zeolit, oleh sebab itu diperlukan adanya suatu kesepakatan atau tolok ukur yang dapat dipergunakan untuk menentukan kualitas sumber daya zeolit. Acuan yang telah diuraikan dapat digunakan dengan beberapa modifikasi yang dipedukan, sesuai dengan kondisi di Indonesia.

PUSTAKA

1. **Fredrickson, P.W.,.** *Properties and Uses of Natural Zeolites.* NSW. Geol.Surv. Rep. GS 1987 NO. 45 (1987) 25-38.
2. **Mumpton, F.A., and Fishman, P.A.,** *The Application of Natural Zeolites in*

Animal Science and Aquaculture, J. Animal Sci., Vol. 45 (1977) 1188-1203.

3. **Pond, W.G., and Mumpton, F.A.** (Eds), *Zeo Agdculture and Aquaculture,* Westview Press, Boulder, Colorado, 1984.
4. **Sand, L.B., and Mumpton, F.A.,** *Natural Zeolites: Occurrence, Properties and Uses,* Pergamon Press, Elmsford, New York, 1987, p. 550.

Standardisasi Zeolit Alam Sebagai Komoditas dalam Rangka Menjamin Mutu untuk Keperluan Industri

Muta'alim

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung
PPTM, Jl. Jenderal Sudirman 623 Bandung 40211, Tel.(022)8030483, Fax.(022)6003373

ABSTRAK

Karakteristik dan mutu zeolit dari berbagai lokasi tidak sama, dalam pemanfaatan tertentu yaitu misalnya untuk pembawa pupuk diperlukan mutu yang baku yaitu kapasitas tukar kation minimum 120 meq/100 g, ukuran -10, +48 mesh, zeolit 50% dan kadar air 8%, sesuai dengan SNI 13-4696-1998, dan untuk imbuhan pakan ternak diperlukan kapasitas tukar kation 160 meq/100 g, ukuran -28,+100 mesh, zeolit 50% dan kadar air 5% sesuai dengan SNI 13-4697-1998. Pada saat ini standar zeolit untuk keperluan industri belum semuanya ada. Tetapi jika standarnya sudah ada maka setiap zeolit alam yang digunakan sebagai komoditas harus diupayakan memenuhi baku mutu tersebut. Proses pembakuan mutu sebagai spesifikasi teknis yang diperlukan untuk komoditas ini disebut standardisasi. Standardisasi ini akan meliputi aspek prosedur yang harus ditempuh, teknologi yang digunakan, lingkungan, dan pengujian yang akurat dan terakui. Dengan demikian zeolit sebagai bahan komoditas dengan spesifikasi teknis yang standar dan terakui tersebut, diharapkan dapat memberikan jaminan mutu dalam setiap penggunaannya.

Kata kunci : Mutu zeolit, Standarisasi

ABSTRACT

NATURAL ZEOLITES STANDARDIZATION AS THE COMMODITY TOWARDS QUALITY ASSURANCE FOR ITS INDUSTRIAL USAGES. *The quality of zeolite deposits at some locations are not the same, whereas in its utilizations, such as the utilization for the fertilizer carriers, the standard quality of zeolite should be fulfilled, for instances the cation exchange capacity should have a minimum value of 120 meq/100 gram, particle size should be -10, +48 mesh, the zeolite grade was 50% of the tuff, and the moisture content was 8% in which its referred to the SNI 13-4696-1998, and that for the fowl and cattle food additives, the standard quality of the cation exchange capacity should be minimum value of 160meq/100gram, the particle size of -28,+100 mesh, the zeolite grade 50%, and the moisture content of 5% which is related to SNI 13-4897-1998. Nowadays, there is not all zeolites for the industry utilizations have the standard yet, whereas the each of zeolite used should reach the quality standards. The process to attain the technical specification properties of the standard quality used for the commodity is called standardization. Standardization aspects include the procedures, the technology used, the environmental aspects, and the examinations used to be accurate and accredited. Based on the standard of the technical specifications, zeolites used will then be as commodities with assured qualities.*

Key words : Standardization, Zeolites quality

PENDAHULUAN

Zeolit adalah salah satu bahan galian non logam yang diketemukan di berbagai daerah di Indonesia, terutama di Jawa, Lampung, Sulawesi dan lainnya. Jumlah cadangan zeolit di Indonesia diperkirakan 16.600 juta ton. Walaupun zeolit merupakan bentuk endapan tufa seperti halnya bentonit, felspar dan sebagainya, namun zeolit mempunyai karakteristik yang berbeda dengan

mineral-mineral tersebut baik mengenai struktur kristal, komposisi kimia, maupun mineraloginya sehingga penggunaannya akan berlainan. Zeolit dapat digunakan untuk berbagai keperluan di antaranya adalah untuk pertanian, peternakan, industri dan lingkungan hidup. Setiap penggunaan diperlukan karakteristik tertentu seperti ukuran, komposisi mineral, dan kapasitas tukar kationnya.

Spesifikasi teknis yang dibakukan ini disebut dengan standar. Standardisasi adalah merupakan proses perumusan standar sampai dengan penerapannya yang dilaksanakan secara tertib dan kerjasama dari semua pihak yang terkait. Oleh karena itu standardisasi merupakan proses yang cukup panjang dari adanya konsep standar sampai terjadi mufakat atau konsensus dan penerapannya.

Sesuai dengan peraturan menteri pertambangan dan energi nomor 02.P/0322/M.PE/ 1995, tentang standardisasi, sertifikasi dan akreditasi, dapat diketahui bahwa lingkup standar bahan galian tambang meliputi minyak dan gas bumi (migas), dan non minyak dan gas bumi atau non migas seperti zeolit, batubara, dolomit dan lain sebagainya, baik untuk bahan galian yang masih mentah (asal) maupun bahan galian yang berupa produk hasil pengolahan.

Karena zeolit telah menjadi bahan komoditas, maka dalam proses jual beli diperlukan mutu yang standar, yang dapat diterima oleh kedua belah pihak baik produsen maupun konsumen. Sedangkan agar dapat dimanfaatkan, maka zeolit yang berasal dari tambang biasanya masih perlu diolah terlebih dahulu, terutama karena ukurannya yang harus sesuai. Pengolahan zeolit selain secara fisik tersebut, juga dapat dilakukan secara panas, dan kimia. Dengan demikian selain dapat diperoleh nilai tambah, dari pengolahan ini akan dihasilkan juga karakteristik zeolit yang sesuai dengan permintaan pasar, seperti komoditas zeolit untuk pembawa pupuk urea yang dipersyaratkan dengan ukuran -10, + 40 mesh, kapasitas tukar kation minimum 120 meq/100 gram, dan kandungan mineral zeolitnya tidak kurang dari 50%, berkadar air 8%. Sedangkan untuk makanan ternak unggas dipersyaratkan kapasitas tukar kation minimum 160 meq/100 gram, berukuran -28, +100 mesh, berkadar air 5%, bentuk tidak runcing, dan pH 6,5 -7,5.

Sehubungan dengan sifat atau karakteristik dan jenis zeolit yang beragam, maka masih banyak yang perlu dilakukan penelitian, baik penelitian mengenai sifat-sifatnya maupun penelitian pemanfaatannya. Sedangkan spesifikasi dan penggunaan yang telah standar makin perlu dimasyarakatkan, sehingga bahan galian zeolit dapat dirasakan

kegunaannya bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

METODOLOGI STANDARDISASI ZEOLIT

Metodologi standardisasi dilakukan berdasarkan prosedur yang telah digariskan dalam sistem standardisasi nasional (SSN) yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Sedangkan secara teknis, standarisasi zeolit berkaitan dengan teknologi, lingkungan hidup, dan pengujiannya.

Secara prosedur, standar dirancang dalam bentuk konsep, diajukan dan disidangkan dalam panitia teknis, dan diusulkan untuk kemufakatan dalam forum konsensus.

Secara teknis berkaitan dengan :

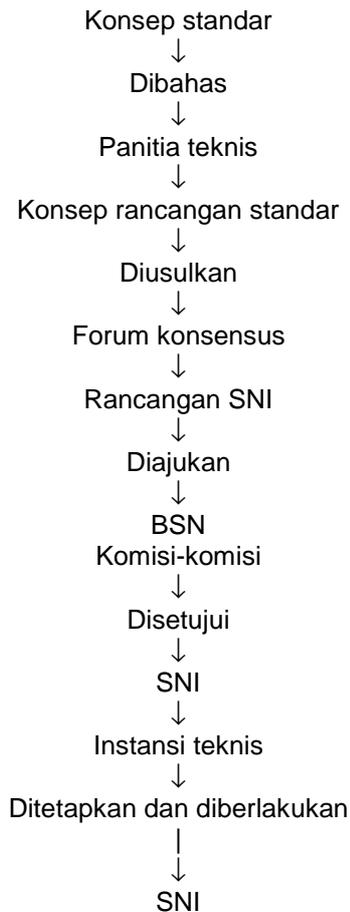
- * teknologi, menyangkut hal-hal yang berhubungan dengan cadangan yang memadai, teknologi yang tepat guna dan bersistem mutu.
- * lingkungan hidup, menyangkut hal-hal yang berhubungan dengan pengamanan terhadap pencemaran lingkungan, akibat dari penambangan, pengolahan, serta system daur ulang yang digunakan.
- * pengujian yang akurat dan teruji dapat diakui.

PROSEDUR STANDARDISASI BAHAN GALIAN ZEOLIT

Konsep standar dibuat dengan menggunakan data yang benar, secara teknis dapat dipertanggungjawabkan, dan dapat diterapkan. Konsep standar dapat disusun dengan cara adopsi langsung dari standar luar negeri, mengacu kepada standar yang sudah ada, dan hasil penelitian atau hasil yang sudah standar lama digunakan oleh perusahaan.

Panitia teknis, yang anggotanya terdiri dari unsure-unsur terkait seperti produsen, konsumen, perguruan tinggi, laboratorium lembaga riset dan instansi terkait lainnya, membahas konsep standar tersebut sesuai dengan kewenangannya, dan kemudian menetapkan konsep standar tersebut layak atau tidak untuk diusulkan sebagai rancangan standar dalam forum konsensus. Konsep rancangan standar sebelum dibahas di forum konsensus disebarakan untuk mendapat tanggapan dari masyarakat standardisasi yang lebih luas lagi.

Pembahasan dalam forum konsensus bersifat mempertimbangkan tanggapan-tanggapan dan memperbaiki berbagai kesalahan yang tidak prinsipil. Rancangan standar yang dihasilkan oleh forum konsensus selanjutnya diajukan ke Badan Standardisasi Nasional untuk persetujuan menjadi SNI. Penetapan dan pemberlakuan sebagai SNI dilakukan oleh instansi teknis. Prosedur tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1: Skema prosedur standardisasi dari konsep standar menjadi SNI

ASPEK TEKNIS STANDARDISASI BAHAN GALIAN ZEOLIT

Teknologi

Mutu zeolit yang ada di alam, terutama di Indonesia cukup beragam jika dilihat dari karakteristiknya. Karakteristik yang beragam ini disebabkan karena jenis mineral dan mungkin karena adanya pengotor, sehingga mutu endapan zeolit yang ada dapat berlainan. Mutu zeolit ini akan menentukan apakah bahan galian tersebut dapat dimanfaatkan atau tidak. Jika mutu zeolit

tersebut tidak memadai untuk digunakan, maka tidak perlu dilakukan penambangan. Tetapi jika mutu zeolit tersebut masih mungkin untuk ditingkatkan dengan cara pengolahan atau lainnya, maka zeolit tersebut dapat ditambah. Pada umumnya daerah endapan zeolit mempunyai jenis zeolit yang berbeda-beda, sedangkan di Indonesia pada umumnya berjenis klinoptilolit dan mordenit.

Tabel 1: Beberapa jenis zeolit, rumus molekul, volume rongga dan kapasitas tukar kation (KTK)¹

Nama Mineral	Rumus Molekul	Volume Rongga (%)	KTK meq/100g
Analim	$Na_{16}(Al_{16}Si_{32}O_{96}) \cdot 16H_2O$	18	454
Kabasit	$(Na_2, Ca)_6(Al_{12}Si_{24}O_{72}) \cdot 40H_2O$	47	381
Klinoptilolit	$(Na_4K_4)(Al_8Si_{40}O_{96}) \cdot 24H_2O$	39	254
Erionit	$(Na, Ca_{0.5}, K)_9(Al_9Si_{27}O_{72}) \cdot 27H_2O$	35	312
Faujasit	$Na_{58}(Al_{58}Si_{30}O_{384}) \cdot 18H_2O$	47	339
Ferrierit	$(Na_2Mg_2)(Al_6Si_{30}O_{72}) \cdot 18H_2O$	-	233
Heulandit	$Ca_4(Al_8Si_{28}O_{72}) \cdot 24H_2O$	39	291
Laumontit	$Ca_4(Al_8Si_{16}O_{48}) \cdot 16H_2O$	-	425
Mordenit	$Na_8(Al_8Si_{40}O_{96}) \cdot 24H_2O$	28	229
Fillipsit	$(Na, K)_{10}(Al_{10}Si_{22}O_{64}) \cdot 20H_2O$	31	387

Demikian juga daerah endapannya mempunyai jumlah kandungan zeolit yang berbeda-beda, seperti terlihat pada Tabel 2. Berdasarkan SNI 13-3594-1994, tentang klasifikasi dan uji zeolit, zeolit diklasifikasikan dalam 4 tipe yaitu tipe A (kandungan zeolit > 90%), tipe B (kandungan zeolit >70 % dan < 90%), tipe C (kandungan zeolit >50% dan < 70%), dan tipe D (kandungan zeolit < 50%).

Tabel 2. Kandungan mineral zeolit (klinoptilolit dan mordenit) pada zeolit Indonesia²

No	Lokasi Endapan	Komposisi(%)		Total(%)
		Klinoptilolit	Mordenit	
1.	Bayah, Jabar	34,40	29,30	63,70
2.	Sukabumi, Jabar	2,30	27,30	29,60
3.	Nanggung, Jabar	47,90	19,90	67,80
4.	Cikalong, Tasik	4,10	73,60	77,70
5.	Ciamis, Jabar	1,90	75,10	77,00
6.	Wangon, Jateng	20,90	43,70	64,60
7.	Turen, Jatim	0,20	84,20	84,40
8.	Kepanjen, Jatim	0,50	84,00	84,50
9.	Trenggalek, Jatim	-	41,80	41,80
10.	Argosari, Pacitan, Jatim	-	14,10	14,10
11.	Sidomulyo, Lampung	39,00	7,70	46,70
12.	Talangpadang, Lampung	35,30	29,90	65,20
13.	Cukubalak, Lampung	18,20	30,50	48,70

Untuk mendapatkan mutu zeolit ini diperlukan teknik penambangan yang selektif

dan mengikuti sistem penambangan yang baik, sehingga terhindar dari zeolit yang berkadar rendah dan pengotor. Sedangkan untuk dapat dipergunakan selanjutnya seperti untuk pembawa pupuk urea, untuk imbuhan makanan ternak (unggas), untuk pengkondisian air tambak, maka zeolit yang dari tambang masih diperlukan pengolahan lebih lanjut seperti dengan cara pemecahan, cara pemanasan atau kimia, sehingga persyaratan mutu zeolit sebagai komoditas terpenuhi. Syarat mutu zeolit hasil pengolahan yang telah distandarkan adalah :

- SNI 13-4695-1998 : Syarat Mutu zeolit untuk pengkondisian air tambak
- SNI 13-4696-1998 : Syarat mutu zeolit untuk pembawa pupuk urea
- SNI 13-4697-1998 : Syarat mutu zeolit untuk imbuhan makanan ternak unggas

Salah satu bagan alir pengolahan zeolit tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

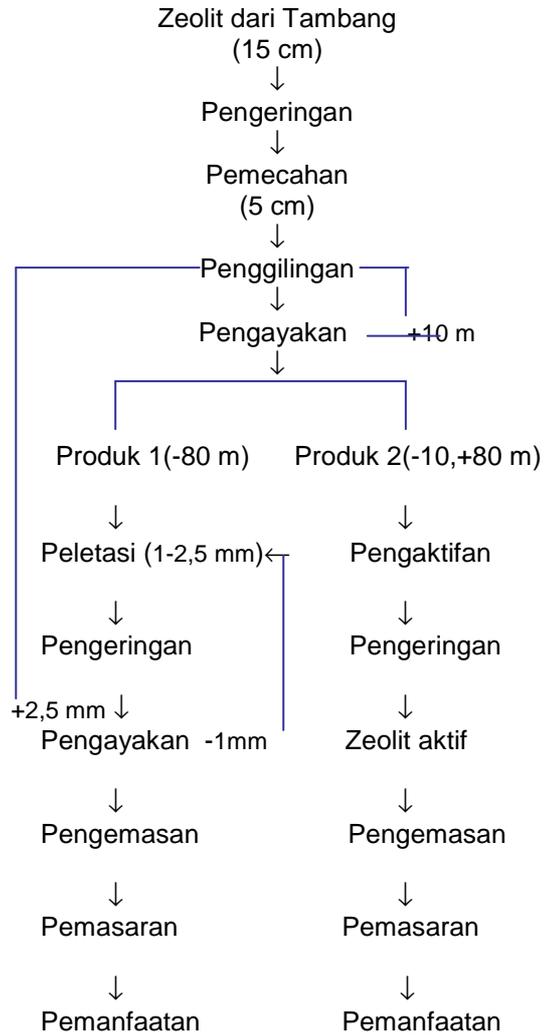
Lingkungan hidup

Dampak lingkungan akibat dari penambangan dan pengolahan sering menjadi sorotan. Kerusakan lahan yang menjadikan lahan makin gersang dan tidak tertata lagi, limbah pengolahan yang berupa debu dan zat kimia yang dapat mencemari lingkungan. Semuanya akan memberi andil pada produk zeolit yang dipasarkan, apalagi jika pemasarannya ke luar negeri. Oleh karena itu peraturan perdagangan dunia (WTO) yang dapat berpengaruh besar kepada komoditas zeolit perlu diperhatikan.

Pengujian

Spesifikasi teknis yang menjadi persyaratan mutu zeolit sebagai komoditas seperti ukuran, mineralogi, komposisi kimia, kapasitas tukar kation, luas permukaan, daya serapannya harus dapat diidentifikasi. Cara identifikasi atau pengujian yang sudah distandarkan, adalah:

- SNI 13-3608-1994 : cara uji komposisi kimia unsur utama contoh zeolit
- SNI 13-3606-1994 : metode uji bahan kristalin dengan difraksi sinar-x
- SNI 13-3494-1994 : pengukuran kapasitas pertukaran kation mineral zeolit
- SNI 13-3609-1994 : cara uji luas permukaan spesifik mineral zeolit



Gambar 2. Bagan alir pengolahan zeolit sebagai komoditas untuk industri

PEMBAHASAN

Pembahasan diarahkan pada aspek-aspek yang berpengaruh pada komoditas zeolit, yaitu aspek prosedur, aspek teknologi, aspek lingkungan dan aspek pengujian.

Aspek Prosedur

Standardisasi adalah proses yang menghasilkan suatu standar. Standar dapat berupa karakteristik, cara dan sistem mutu yang dibakukan dalam bentuk dokumen. Standar yang dihasilkan digunakan sebagai acuan semua pihak, untuk mengukur kesempurnaan mutu. Unsur-unsur terkait yang terlibat dalam proses standardisasi adalah produsen, konsumen, perguruan tinggi, lembaga riset, laboratorium, dan

instansi pemerintah. Standar yang merupakan spesifikasi teknis tersebut, berlaku secara nasional dan bahkan internasional karena standar tersebut pada umumnya adopsi dan mengacu ke standar internasional, seperti ISO, JIS dan lainnya.

Konsep standar yang ditolak oleh panitia teknis karena tak memenuhi kriteria standar, dan rancangan standar yang tidak disetujui oleh BSN karena prosedur yang tidak sempurna atau tumpang tindih dengan rancangan standar lain, maka tidak dapat diberlakukan menjadi Standar Nasional Indonesia. Standar yang sudah diberlakukan tersebut, karena adanya pertimbangan teknis dapat ditinjau kembali dan direvisi setelah 5 tahun.

Aspek teknologi

Walaupun penggunaan zeolit sangat luas, namun tidak semua endapan zeolit dapat dimanfaatkan secara efektif dan ekonomis, karena mungkin kadarnya yang rendah atau jumlah cadangan yang kecil. Untuk zeolit yang kadarnya memenuhi standar seperti untuk pembawa pupuk (SNI 13-4696-1998), pengkondisian air tambak (SNI 13-4695-1998), imbuhan makanan ternak unggas (SNI 13-4697-1998), dan jumlah cadangannya memadai, maka akan dapat dijadikan acuan komoditas baik bagi produsen maupun konsumen.

Penggunaan zeolit akan makin berkembang jika industri atau konsumen yang memanfaatkannya juga makin luas. Pada saat ini disamping untuk pertanian, peternakan, pengkondisian air tambak, juga untuk pengaman lingkungan, untuk katalis, substitusi deterjen, pengkondisian ruangan, penyaring minyak, dan penyerap logam berat atau unsur radio aktif dan sebagainya. Penggunaan-penggunaan tersebut perlu dikembangkan dengan cara penelitian terhadap karakteristik zeolit dengan lebih intensif dan spesifik. diuji coba dan selanjutnya distandardisasikan.

Sesuai dengan klasifikasi zeolit SNI 13-3594-1994, zeolit alam di Indonesia pada umumnya termasuk tipe B dan C, berkadar zeolit antara 50-90%, sehingga masih dapat dimanfaatkan sebagai komoditas. Zeolit alam dengan mutu yang tidak memenuhi standar, akan sulit diterima di pasar, kecuali jika diperlukan hanya sebagai pencampur saja.

Zeolit demikian dapat juga diolah kembali sampai diperoleh kadar yang memadai standarnya. Oleh karena itu untuk memanfaatkan zeolit ini masih diperlukan biaya tambahan. Tetapi jika zeolit alam tersebut ada kegunaannya yang lain walaupun dengan mutu yang tidak terlalu tinggi, maka zeolit tersebut dapat secara langsung dimanfaatkan dengan mengolah secara fisik untuk penyesuaian ukurannya. Penelitian kearah penggunaan zeolit berkadar rendah ini perlu diteliti lebih lanjut. Sehingga standar zeolit untuk industri akan makin berkembang dan dapat digunakan oleh peminat produksi (produsen).

Standar komoditas yang telah ada tersebut dapat digunakan sebagai acuan oleh produsen untuk memperkirakan biaya penambangan dan peningkatan mutu atau pengolahannya. Zeolit alam dengan cadangan yang kecil, tak mungkin ekonomis untuk diproduksi karena tak mungkin dapat mengembalikan modal investasi dan tak mampu memberikan kontinuitas penyediaannya.

Penambangan dan pengolahan dilakukan untuk endapan zeolit yang dinyatakan layak untuk dimanfaatkan. Setelah penambangan, akan dilanjutkan dengan pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara selektif yaitu memilih endapan-endapan yang berkadar memenuhi persyaratan, dengan cara pencampuran (*blending*) antara endapan yang berkadar tinggi dan rendah sehingga memenuhi persyaratan, dengan cara fisik, kimia ataupun panas. Penambangan dan pengolahan zeolit yang tepat dan konsisten, dengan melaksanakan system manajemen mutu (seperti ISO 9002) akan menghasilkan produk terjamin, baik yang berhubungan dengan mutu maupun jumlah produksinya.

Aspek lingkungan

Penambangan dan pengolahan bahan galian pada umumnya akan menimbulkan dampak kepada lingkungan. Kerusakan lahan, pencemaran oleh debu dan zat kimia yang digunakan, merupakan factor-faktor yang perlu diperhatikan. Unsur-unsur logam berat seperti Pb, Mn dan lainnya dalam air akibat penambangan dan pengolahan bisa terjadi, sehingga tidak layak untuk bahan minuman dan makanan. Air dikatakan berbahaya bagi manusia jika melebihi Nilai Ambang Batas (Pb tak boleh melebihi 0,1 mg/L, Mn tak boleh melebihi 0,5 mg/L, dan sebagainya). Demikian juga untuk unsur-unsur radio aktif

seperti Cs, Sr, dan lainnya, bahan pembunuh hama atau pestisida dan lainnya adalah sangat berbahaya dan perlu diamankan.

Untuk mengatasi hal ini, zeolit dapat dimanfaatkan dengan sifat kemampuan penyerapan dan tukar ionnya. Spesifikasi teknis zeolit yang standar untuk logam berat dan radio aktif ini perlu diteliti dan diuji coba. Yang perlu diperhatikan adalah dampak daur ulang (*recycling*) zeolit yang sudah digunakan, terutama yang digunakan untuk pengaman unsur logam berat dan radioaktif, karena zeolit akan tetap mengeluarkan unsur-unsur yang berbahaya tersebut.

Aspek pengujian

Walaupun pengujian mutu zeolit dapat dilakukan dan sudah ada pada SNI 13-3606-1994, SNI 13-3608-1994, SNI 13-3609-1994, SNI 13-4696-1998, tetapi masih perlu dicari alternatif metode lain yang mungkin lebih akurat, sederhana dan murah. Demikian juga pengujian atau identifikasi yang belum ada, perlu diteliti metodenya, dikembangkan dan distandarkan. Pengujian-pengujian tersebut harus dilakukan dalam laboratorium yang memadai, dalam arti mempunyai manajemen sistem mutu yang standar seperti mengikuti pedoman BSN 01-1991, sehingga diharapkan sertifikasi hasil uji mutunya dapat terjamin. Jika semua aspek tersebut diperhatikan, maka akan memberikan kepercayaan dan keterjaminan mutu komoditas zeolit yang akan digunakan oleh industri.

KESIMPULAN

Endapan zeolit banyak ditemukan di berbagai daerah di Indonesia seperti Bayah, Tasikmalaya, Wangon, Kapanjen (Jawa), Lampung, Sulawesi dan lainnya, yang berjumlah kurang lebih 16.600 juta ton, dengan kandungan zeolit yang bervariasi.

Zeolit di Indonesia pada umumnya termasuk tipe zeolit B dan C dengan kandungan zeolit antara 50% hingga 90% yang dapat digunakan sebagai komoditas untuk

industri hilir seperti pertanian, peternakan, industri kimia dan sebagainya.

Zeolit dengan spesifikasi teknis seperti kapasitas kation, kandungan zeolit, dan ukuran yang telah dibakukan sebagai persyaratan mutu komoditas disebut zeolit standar. Standar komoditas zeolit dibuat mengikuti prosedur yang telah ditetapkan dalam Sistem Standardisasi Nasional.

Penelitian karakteristik atau spesifikasi teknis zeolit baik yang telah memenuhi syarat mutu maupun yang tidak, perlu dikembangkan dan dilakukan lebih intensif dan spesifik, agar zeolit yang ada di Indonesia dapat didayagunakan secara optimal.

Standar yang dihasilkan oleh proses standarisasi, dapat digunakan sebagai acuan jaminan mutu zeolit bagi produsen dan konsumen dalam perdagangan dan dalam penggunaannya. Demikian juga standar metode pengujiannya ada kemungkinan dapat dikembangkan dan dicarikan alternatif lain yang lebih akurat, mudah dan murah.

Beberapa cara atau langkah untuk meningkatkan mutu zeolit di Indonesia adalah dengan cara selektif pada waktu penambangan dan pengolahan, pencampuran (*blending*), dilanjutkan dengan pengolahan secara fisik, kimia atau panas. Agar mutu zeolit sebagai komoditas dapat terjamin, maka diperlukan atau penambangan, pengolahan dan pengujian yang tepat dan konsisten, dengan menggunakan sistem manajemen mutu dan sistem manajemen lingkungan yang standar, seperti pedoman BSN 01-1991 dan ISO 9002.

PUSTAKA

1. **Mumpton, F.A., Fishman, P.H.**, *The application of natural zeolites in animal science and aquaculture*, J. of Animal Science 45(5) (1977) 1188-1203.
2. **Rochim E.**, *Analisis zeolit*, Puslitbang Teknologi Mineral, Bandung, 1993.

Penggunaan Zeolit Dalam Bidang Industri dan Lingkungan

Thamzil Las dan Husen Zamroni

Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif-BATAN

Kawasan PUSPIPTEK, Serpong 15314

ABSTRAK

Zeolit adalah mineral alumino-silikat dengan struktur sangkar tiga dimensi, terdapat di Indonesia dalam jumlah besar dengan bentuk hampir murni dan harga murah. Akhir-akhir ini banyak peneliti memfokuskan perhatiannya terhadap pengembangan zeolit agar dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Struktur kristal zeolit yang unik menyebabkan zeolit mempunyai sifat sorpsi, penukar ion, "molecular sieving" dan katalis, yang dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi kimia zeolit alam sehingga memungkinkan zeolit dapat digunakan dalam berbagai proses industri, pada pengelolaan limbah industri dan bidang lingkungan. Dalam makalah ini akan dibicarakan prospek zeolit clinoptilolit dan mordenit yang telah banyak diteliti untuk digunakan dalam bidang industri dan lingkungan.

Kata kunci : Industri, Lingkungan, Zeolit

ABSTRACT

APPLICATION OF ZEOLITE IN INDUSTRIES AND ENVIRONMENTS. Zeolites are crystalline, hydrates of alumino-silicate mineral with a three-dimensional framework structure which are occurred in Indonesia as large deposits in the form of near-pure minerals and of low cost. In recent years, many scientist have focused their research to develop these minerals to be used in science and technology applications. Because of their unique crystal structure, zeolites have the importance properties of sorption, ion-exchange, molecular sieving and catalysis, which enable to them to be used in various industrial processes, waste management and environmental pollution problems. This paper describes the prospect of clinoptilolite and mordenite, which have been investigated in many laboratories, to be considered for their utilization in the industries and environmental management.

Key Words : Environment, Industry, Zeolite,

PENDAHULUAN

Menurut sejarah, zeolit telah dikenal lebih dari 200 tahun yang lalu, masyarakat menggunakannya sebagai batu perhiasan (jewelry) serta dikoleksi diberbagai musium di Eropa. Fredrick Cronstedt pada tahun 1756, ahli mineralogi bangsa Swedia menemukan mineral stilbit, yang apabila dipanaskan akan seperi batuan mendidih. Pada tahun 1857, Damour menemukan zeolit dapat mengalami dehidrasi yang reversibel tanpa mengalami perubahan struktur, sedangkan tahun 1896, Friedel telah meneliti beberapa pelarut organik seperti benzen, alkohol dan khloroform dapat diserap oleh zeolit setelah didehidrasi.¹

Perkataan zeolit berasal dari bahasa Yunani Zeo (boil) dan lythe (stone) dan didefinisikan oleh J.V. Smith tahun 1984 sebagai " A

zeolite is an aluminosilicate with a framework structure enclosing cavities occupied by large ions and water molecules, both of which have considerable freedom of movement, permitting ion-exchange and reversible dehydration".^{2,3} Dengan demikian, zeolit adalah mineral dengan struktur kristal alumino silikat yang berbentuk rangka (*framework*) tiga dimensi, mempunyai rongga dan saluran, serta mengandung ion Na, K, Mg, Ca dan Fe serta molekul air. Semenjak tahun 1984 tersebut, zeolit telah diklasifikasi sebagai suatu jenis mineral tersendiri, yang sebelumnya sering dimasukkan jenis batuan lempung (*clay materials*) atau jenis mineral silikat. Walaupun batuan lempung merupakan mineral alumino silikat tetapi mempunyai struktur lapisan (*layer*) dan sifat pertukaran ionnya terutama disebabkan gugusan hidroksil dimana ion H dapat digantikan dengan ion lain.

Pertukaran ion pada zeolit disebabkan substitusi "isomorf" Al pada tetrahedra Si dan semua atom Al pada zeolit adalah dalam bentuk tetrahedra, bukan dalam bentuk oktahedra seperti pada batuan lempung.

Zeolit terdapat secara alami di daerah batuan sedimen di sekitar daerah gunung api atau mengendap sebagai batuan sedimen, pada bagian tanah jenis basalt di daerah sumber air panas (hot spring). Komposisi kimia zeolit alam ini banyak tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal ini menyebabkan zeolit alam dari suatu lokasi, meskipun mempunyai warna dan tekstur yang sama tetapi mungkin berbeda-beda dalam komposisi kimia dari yang diperoleh dari tempat lain karena adanya campuran mineral lainnya berupa partikel halus sebagai impuritas. Zeolit di Indonesia ditemukan pada tahun 1980 oleh PPTM Bandung yang terdapat pada 46 lokasi dengan jumlah endapan ribuan ton.⁴

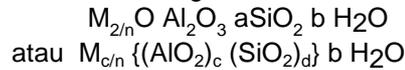
Pada saat ini teknologi pengolahan bahan galian zeolit masih sederhana sehingga sebagian besar zeolit diproduksi untuk bidang pertanian yaitu untuk campuran pupuk tanaman.⁵ Di luar negeri dengan mempelajari struktur kristal sangkar serta empat sifat utama zeolit yaitu sebagai sorben, ion-exchange, molecular sieving dan katalis maka pemanfaatan zeolit telah berkembang sedemikian rupa mulai dari penyediaan bahan baku industri sampai pada sistem pembuangan limbah industri.

Dalam era globalisasi ini, untuk meningkatkan produktifitas industri perlu dilakukan penemuan-penemuan material untuk memenuhi kebutuhan industri dan mengurangi ketergantungan pada material impor. Zeolit yang terdapat secara alami kiranya dapat dimodifikasi untuk ditingkatkan kualitasnya menjadi mineral industri, sehingga ketergantungan industri nasional pada material impor dapat dikurangi. Makalah ini akan membahas potensi zeolit alam Indonesia baik jenis klinoptilolit ataupun mordenit untuk dimanfaatkan dalam bidang industri, dan lingkungan.

MINERAL ZEOLIT

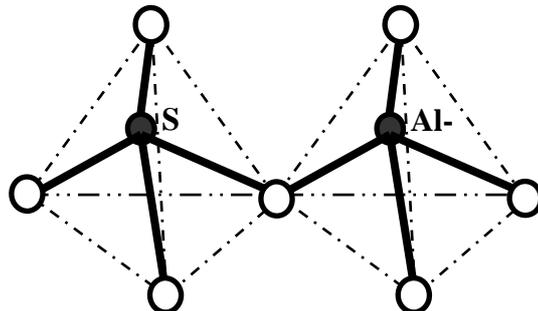
1. Komposisi kimia dan klasifikasi

Secara umum zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal sebagai berikut :



dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d adalah jumlah tetrahedra alumina dan silika (Gambar 1). Rasio d/c atau SiO_2/Al_2O_3 bervariasi dari 1-5. Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam dan lebih dari 120 zeolit sintetik yang sudah diketahui strukturnya.

Breck mengklasifikasi zeolit berdasarkan ikatan lingkaran tunggal 4, 6, 8 dan ikatan lingkaran ganda 4, 6 dan 8 dan kompleks tetrahedra yang disebut dengan unit bangun sekunder (UBS) yang adalah merupakan konfigurasi beberapa tetrahedra Si dan Al atau (TO_4) sebagai unit bangun primer sebagaimana terlihat pada Tabel 1 dan 2.^{6,7}



Gambar 1. Bentuk tetrahedra silika atau alumina

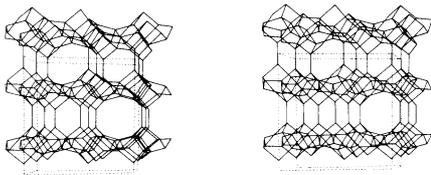
Tabel 1. Unit bangun primer dan sekunder struktur zeolit

Unit bangun struktur	Keterangan
Unit bangun primer (TO ₄)	Tetrahedra dari 4 atom oksigen dengan pusat atom Si atau Al
Unit bangun sekunder (SBU)	Lingkar tunggal: S4R, S6R, S8R, Lingkar ganda: D4R, D6R dan D8R, Kompleks: T ₅ O ₁₀ (4-1), T ₈ O ₁₆ (5-1) dan T ₁₀ O ₂₀ (4-4-1)

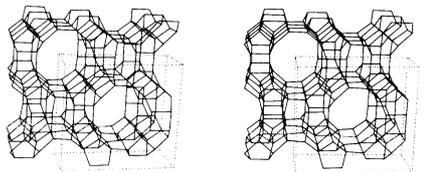
Pada tahun 1923, Schaller menemukan mineral di "Hoodoo Mountain Wyoming,

Amerika Serikat, dan menamakannya dengan klinoptilolit. Klinoptilolit mempunyai struktur complex 4-4-1 ($T_{10}O_{20}$), dengan dua ukuran saluran $0,35 \times 0,79$ nm dan $0,44 \times 0,30$ nm (Gambar 2). Mordernit dikenal dari tahun 1858, ketika How menemukan mineral di Morden, Kings County, Nova Scotia. Mordernit mempunyai struktur kompleks 5-1 (T_8O_{16}) dengan ukuran saluran $0,67 \times 0,70$ nm dan $0,29 \times 0,57$ nm (Gambar 3). Rasio Si/Al klinoptilolit adalah 4,0-5,1 dan mempunyai kandungan ion $K > Na > Ca > Mg$. Mordernit mempunyai rasio Si/Al antara 4,3-5,3 dan mengandung ion $Na > K > Ca > Mg$.

Keduanya diklasifikasi sebagai zeolit dengan kandungan silika tinggi, sedangkan mordernit juga dikenal dengan jenis "large port" atau "small pore" disebabkan perbedaan posisi atom alkali (K dan Na) dalam struktur kristal, sedangkan semua mordernit alam adalah "small pore".



Gambar 2. Struktur stereotip klinoptilolit



Gambar 3. Struktur stereotip mordernit

Klinoptilolit dan mordernit terdapat pada beberapa jenis batuan yang tersebar di daerah dengan kebasaaan yang tinggi (saline, alkaline soil), permukaan tanah, endapan lautan dalam (deep-sea sediment), sistem hidrologi terbuka (open hydrologic system), daerah alterasi panas bumi (hydrothermal alteration zones) dan di daerah dengan batuan metamorfosa.^{7,8} Klinoptilolit pernah disintesa oleh Ames dengan mereaksikan gel silika dengan $Al(OH)_3$ dan $LiOH$ tetapi hasilnya tidak memuaskan, sedangkan Hawkins mencoba membuat klinoptilolit dengan cara kalsinasi kaolin pada suhu $400^\circ C$ juga tidak berhasil, tetapi akhirnya Hawkins menyatakan dapat mensintesa klinoptilolit dengan mereaksikan

abu gunung api (volcanic ash) dengan campuran larutan K_2CO_3 dan Na_2CO_3 pada tekanan dan suhu tertentu. Mordernit mula-mula disintesa oleh Barrer pada tahun 1948 kemudian oleh Ames dan Sand pada tahun 1958.^{1,8}

Zeolit alam yang telah ditambang secara intensif di Indonesia diantaranya terdapat :

1. Lampung, antara lain : Campang Tiga, Sidomulyo, Talangpadang dan Cikuhbalak
2. Jawa Barat, antara lain : Bayah (Banten), Cikalong, Tasikmalaya
3. Jawa tengah, Wangon, Cilacap
4. Jawa Timur, antara lain : Arjosari (Pacitan), Trenggalek, Blitar, Kapanjen (Malang).^{4,5}

Dari penambangan zeolit tersebut, sebagian besar dikenal sebagai jenis zeolit klinoptilolit dan mordernit.

2. Identifikasi dan karakterisasi

Zeolit tidak dapat diidentifikasi dengan analisa komposisi kimianya saja dan harus dianalisa dengan peralatan XRD. Biasanya hasil data XRD dibandingkan dengan data XRD yang diperoleh dari literatur, yang semestinya diperlukan standar primer zeolit yang diidentifikasi. Standar primer zeolit sulit diperoleh, untuk itu metoda Rielvald yang menggunakan metoda komputasi untuk penghalusan (refined) data XRD sangat bermanfaat dalam mengidentifikasi zeolit alam yang terdiri dari berbagai mineral atau fasa zeolit dan hasil analisis akan diperoleh lebih teliti. Pengamatan lokasi Si atau Al dalam struktur zeolit dapat diamati dan metoda ini terutama digunakan untuk campuran beberapa jenis atau fasa zeolit alam yang merupakan campuran mineral.⁹

Spektrometer Infra merah (FTIR) dan Electron Microscope (SEM) juga sering dipakai untuk mempelajari ikatan kimia zeolit dan morfologi kristal itu sendiri. Sedangkan XRF dan AAS diperlukan untuk analisis komposisi kimia zeolit. Mengingat zeolit selalu mengandung molekul air, analisis termal gravimetri TG/DSC) sangat membantu dalam melihat jumlah molekul air yang terdapat dalam zeolit. Teknik analisa lain yang, seperti Nuclear Magnetic Resonance (NMR) atau Difraksi Neutron juga banyak dipakai dalam meneliti gugus H, OH yang terikat Si-O-Al atau Si-O-Si dan sebagainya dalam kristal rangka zeolit.^{8,10,11}

Tabel 2. Klasifikasi mineral zeolit

Zeolit	Rumus kimia	UBS
Grup Analsim		
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	S4R
Wairakit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Natrolit		
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}] \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	T_5O_{10} (4-1)
Thomsonit	$\text{Na}_{16}\text{Ca}_8[\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}] \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	T_5O_{10}
Grup Heulandit		
Heulandit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$ (4-4-1)
Klinoptilolit	$\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}] \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$
Grup Filipsit		
Filipsit	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}[\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	S4R
Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8[\text{Al}_{31}\text{Si}_{16}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	S4R
Grup Mordernit		
Mordernit	$\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}] \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	T_8O_{16} (5-1)
Ferrierit	$\text{NaCa}_{0.5}\text{Mg}_2[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}] \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$	T_8O_{16}
Grup Kabazit		
Kabazit	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
Zeolit L	$\text{K}_6\text{Na}_3[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 21\text{H}_2\text{O}$	S6R
Grup Faujasit		
Faujasit	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}] \cdot 235\text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
Zeolit A	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] \cdot 27 \text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
Grup Laumontit		
Laumontit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R, S8R
Grup Pentasil		
ZSM-5	$\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}] \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$	5-1
Grup Zeotype		
ALPO4-5	$[\text{Al}_{12}\text{P}_{12}\text{O}_{48}] (\text{C}_3\text{H}_7)_4 \text{NOH} \cdot q \text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R

3. Beberapa sifat zeolit

Zeolit tidak mengalami perubahan struktur yang berarti bila dipanaskan pada suhu tinggi serta tahan terhadap oksidasi dan reduksi. Pada pemanasan 600 °C, sebagian zeolit tidak memberikan perubahan posisi ion dalam kristal, dan tidak menyebabkan perubahan struktur. Berberapa jenis zeolit tahan terhadap perlakuan kimia pada pH < 3 dan pH > 12. Ketahanan radiasi zeolit juga sangat baik, misalnya klinoptilolit dengan tingkat radiasi $10^6 - 10^{10}$ rad tidak mengalami perubahan struktur, sedangkan resin organik radiasi dengan dosis 10^6 rad saja telah menyebabkan menurunnya fungsi pertukaran ion resin.^{8,10,11}

Zeolit dengan struktur rangka tiga dimensi akan mempunyai luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan zeolit dapat menyerap (sorpsi) molekul gas pada posisi molekul air dalam kristal zeolit. Kemampuan sorpsi ini tidak hanya ditentukan ukuran

partikel, tetapi juga oleh muatan dan lokasi kation yang berada dalam rongga zeolit. Zeolit perlu diaktivasi untuk menguapkan molekul air sebelum dipakai sebagai sorben.

Tabel 3. Perbedaan zeolit dengan resin

Sifat	Zeolit	Resin
Bahan	Anorganik	Organik
Struktur	Kristal	Amorf
Porositas	Spesifik, < 1nm	Beragam, 10 nm
Ukuran partikel	0,1 –50 um	Bervariasi, mm
Ion-exchange	Spesifik	Tak jelas
Kestabilan panas	Tinggi	Rendah
Kestabilan kimia	Sedang	Sedang
Kestabilan radiasi	Tinggi	Rendah
Harga	Tinggi	Rendah

Zeolit, dengan dengan struktur atom Al dalam bentuk tertahedra yang berkoordinasi

dengan empat atom oksigen menyebabkan atom Al akan bermuatan negatif yang selalu dinetralkan oleh ion alkali atau alkali tanah untuk mencapai ikatan yang stabil. Parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit bila digunakan sebagai penukar kation adalah kemampuan tukar kation (KTK) yaitu jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 g zeolit dalam kondisi kesetimbangan. Untuk zeolit KTK bervariasi dari 1.5 sampai 6 meq/g dan untuk klinoptilolit mempunyai KTK antara 2,26-3,10 meq/g, mordenit antara 2,29-2,79 meq/g.^{1,7,8} Nilai KTK ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur rangka zeolite.

Zeolit yang mempunyai saluran "uniform" akan dapat melewati ion/molekul reaktan kedalam saluran zeolit (molecular sieving), dan pada larutan tersebut terdapat gugusan katalitik yang dapat mempengaruhi reaksi reaktan yang melewatinya. Sifat inilah menyebabkan zeolit sangat menarik dibandingkan katalis lainnya, disamping itu zeolit mempunyai kation yang mudah dipertukarkan dengan kation yang diinginkan (Pt, Cu dsb) dan jika kation diubah menjadi bentuk H⁺, zeolit akan mempunyai keasamaan yang tinggi. Saluran zeolit mempunyai dimensi pori 1 nm dengan ukuran yang berbeda dalam satu jenis zeolit.

Tabel 4 memperlihatkan klasifikasi zeolit berdasarkan perbedaan diameter "oksigen window" dalam rangka zeolit dan kemampuan zeolit terhadap penyaringan molekul organik.^{6,12}

Tabel 4. Klasifikasi "ion/ molecular sieve material"

Diame ter (nm)	Jenis	Penyaring	Tak disaring
0.489 - 0.558	Ca-khaba zit	CH ₄ , CH ₂ Cl, CHF ₃ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₅ Cl, C ₂ H ₅ OH, C ₃ H ₈ , n-C ₄ H ₁₀ , n-paraffins	iso-parafin
0.400 - 0.489	Na-morde nit	Kr, CH ₄ , CH ₃ OH, CH ₃ Cl, CO ₂ , CS ₂ , C ₂ H ₆	n-parafin, aromatik
0.384 - 0.400	Ca-morde nit	He, Ne, Ar, N ₂ , CO, H ₂ O ₂ , NH ₃ , H ₂ O	Hidrokarbon, CH ₄

4. Modifikasi zeolit alam

Penggunaan zeolit dalam bidang industri, akan memerlukan modifikasi struktur untuk mendapatkan zeolit dengan kualitas yang baik. Impuritis mineral (kalsit, felspar) yang terdapat dalam zeolit alam harus dipisahkan terutama dengan perlakuan kimia. Beberapa tahapan perlakuan kimia dapat dilakukan antara lain:

- pengucian dengan air bebas mineral secara reflux untuk melarutkan impuritis garam anorganik dan kalsit
- perlakuan dengan HCl, NaCl, KCl dan sebagainya untuk membentuk unikation zeolit, misalnya H-zeolit, Na-zeolit atau K-zeolit.

Dengan penambahan asam HCl (1-10 N) pada zeolit, biasanya terjadi dealuminasi dan bahkan dapat membentuk gel SiO₂ pada keasamaan yang lebih tinggi. Oleh sebab itu sebaiknya zeolit dipreparasi dengan perlakuan kimia NH₄Cl kemudian dikalsinasi pada suhu 450-500°C. Perlakuan kimia zeolit dengan NaOH tidaklah lazim, karena alkali akan melarutkan sebagian atom silika dari struktur zeolit, kecuali bila konsentrasi alkali tak lebih dari 0,5 M.

Zeolit dapat pula dimodifikasi dengan penambahan ADHP (ammonium dihidrogen fosfat) membentuk alumino-siliko fosfat (ASP). Atom Si dalam struktur kristal zeolit dapat mengalami "isomorphous replacement" dengan atom P dalam bentuk tertrahedra sehingga atom P akan bermuatan positif. ASP dapat berfungsi sebagai penukar kation (oleh Al) disamping sebagai penukar anion (oleh P). ASP disamping menyerap ion logam berat antara lain Cs-137 dan Sr-90, NH₄⁺, Cd²⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, Mn²⁺ dan Fe²⁺, juga mempunyai kemampuan menyerap anion seperti Cl⁻, F⁻, PO₄³⁻ dan SO₄²⁻.¹¹ Zeolit dimodifikasi dengan penambahan 4-vinil piridin (4VP), divinil benzen (DVB) dan azo-bis - isobutironitril (AIBN). telah dapat meningkatkan penyerapan Cr₂O₇²⁻, MnO₄⁻ dan Fe(CN)₆⁴⁻. Zeolit yang dalam bentuk powder dapat dibuat dalam bentuk pelet atau granula dengan penambahan polimer PAN (poli-akrilo-nitril) atau PVA (poli-vinil-alkohol).^{13,14}

PENGGUNAAN KLINOPTILOLIT DAN MORDERNIT

1. Bahan pengering (*Drying agent*)

Setiap zeolit mengandung air, bila klinoptilolit dan mordernit dipanaskan 250-300°C akan mempunyai kemampuan dalam menyerap uap air. Sebagai bahan pengering klinoptilolit dan mordernit dapat digunakan untuk pemurnian produk industri petrokimia seperti pada pemurnian fraksi alkohol, metanol, benzen, xylene, pemurnian gas alam LPG/LNG, pemurnian metil khlorida dalam industri karet, dan menurunkan humiditas ruangan. Molekul uap air dapat diserap sebanyak 8-10 g dengan 100 g klinoptilolit yang sudah diaktifkan pada suhu 300-350°C selama 2-3 jam, dibandingkan 3 g oleh Al₂O₃ dan 1,2 g oleh silika gel dengan berat yang sama pada kondisi 1,33 atm dan 25°C.^{8,12}

2. Penyerap gas

Struktur zeolit dengan sangkar 3 dimensi menyebabkan zeolit mempunyai sifat sorpsi terhadap gas. Klinoptilolit mempunyai dua saluran ukuran 0,4 x 0,55 nm (8-ring) dan 0,44 x 0,72 nm (10 ring) dengan demikian klinoptilolit ideal menyerap O₂, CO₂, SO₂, He, NH₃, H₂, N₂, O₂, CO₂, Ar, etilen, metanol, etanol, benzen, isopren, untuk penyerap klorin, bromin dan fluorin. Zeolit mordernite dapat menyerap gas NH₃, Cl₂, HCl, CS₂, CH₄, CH₃CN, CH₃OH, SO₂, SO₃ dan No_x. Zeolit digunakan dalam proses penyerapan gas mulia antara lain Ar, Kr dan gas He, gas rumah kaca (NH₃, CO₂, SO₂, SO₃ dan NO_x), gas organik CS₂, CH₄, CH₃CN, CH₃OH, termasuk pirogas dan fraksi etana/ etilen, pada pemurnian udara bersih mengandung O₂, penyerapan gas N₂ dari udara sehingga meningkatkan kemurnian O₂ di udara, campuran filter pada rokok, penyerapan gas dan penghilangan warna dari cairan gula pada pabrik gula klinoptilolit dan mordernit juga digunakan sebagai katalis untuk menggantikan penggunaan Al₂O₃ pada katalisasi reaksi NO menjadi NO₂. Makki, menunjukkan kemampuan klinoptilolit sebagai katalis untuk hidrokarbon aromatik melalui proses dehydrogenation dan dealkilasion, untuk cracking parafin, disportion toluen/benzen dan xylene.^{1,8,12}

3. Pengolahan limbah industri

Limbah industri adalah salah satu diantara tiga pencemar air sungai yang memberikan kontribusi cukup besar disamping limbah domestik rumah tangga dan pertanian. Dari pengalaman penulis dan beberapa literatur, klinoptilolit dan mordernit dapat menyerap logam berat dengan selektivitas sebagai berikut:^{13,14,15}

Cs>Rb>K>NH₄>Pb>Ag>Ba>na>Sr>Ca>Li>Cd>Cu>Zn
Cs>Ag>Rb>K>NH₄>Pb>Na>Ba>Sr>Li>Ca>Cd>Cu>Zn

Penggunaan zeolit dalam pengolahan limbah industri sangat ideal karena mencakup proses pengolahan limbah cair, proses immobilisasi limbah dan sebagai bahan pengisi (backfill material) pada sistim penyimpanan limbah. Dalam industri nuklir, klinoptilolit telah digunakan pada tahun 1979 untuk dekontaminasi air pendingin reaktor Three Mile Island Unit II. Tahun 1987, pada kecelakaan reaktor Chernobyl, pada pemisahan radionuklida hasil fisi dalam air kolam penyimpanan bahan bakar nuklir di SIXEP (Site Ion-Exchange Plant) British Nuclear Fuel Limited, Sellafield, Inggris.^{15,16}

Balek menggunakan klinoptilolit untuk penyerapan Cs dan Sr, Co dan Ru dan gas RuO₄ pada suhu 50°C dan suhu kamar. Kekhawatiran terhadap pencemaran lingkungan oleh natrium polifosfat yang digunakan sebagai "builder" pada produk deterjen, klinoptilolit telah digunakan sebagai pengganti polifosfat. Penelitian menunjukkan klinoptilolit dalam deterjen tidak akan menyebabkan akumulasi pada sistim air buangan dan tidak bersifat toksik terhadap kehidupan di air.¹⁷

Di Jepang klinoptilolit digunakan untuk "filler" kertas, karet dan polimer yang memperoleh material dengan densitas rendah Tchernev menggunakan zeolit yang klinoptilolit dalam "solar heating/cooling" pada panel energi cahaya matahari berdasarkan adsorpsi/desorpsi molekul air diwaktu siang dan malam hari.^{1,5,8,9} Sekitar 1 ton klinoptilolit yang ditempatkan di atap dengan dimensi 19,6 m² (roof area) dapat mendinginkan 1 ton udara.^{12,18}

4. Slow release ammonium dan pestisida/herbisida

Penggunaan pupuk yang berlebihan akan menyebabkan pencemaran air, udara dan

tanah pertanian. Sekitar 50% urea akan terdegradasi menjadi ammoniak/ammonium, nitrat atau nitrit sebelum diserap oleh akar tanaman. Hal yang sama terjadi pada penggunaan pestisida dan herbisida. Klinoptilolit dan mordernit dapat digunakan dalam bidang pertanian sebagai "soil conditioning" atau "slow release" ammonium dan pestisida/herbisida. Pada pertengahan tahun 1999, klinoptilolit telah direkomendasikan oleh Departemen Pertanian sebagai campuran pupuk urea.^{5,18,19,20}

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari kegiatan penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan diberbagai litbang baik di dalam dan di luar negeri, sudah sewajarnya zeolit yang mempunyai struktur kristal unik dikatakan sebagai mineral serbaguna. Untuk itu beberapa kesimpulan dan saran dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Mengingat sebgaiian besar zeolit Indonesia masih berkualitas rendah sebagai mineral galian, maka perlu penelitian yang terpadu untuk meningkatkan kualitas zeolit menjadi mineral industri.
2. Penggunaan zeolit dalam bidang industri dan lingkungan memerlukan pemahaman struktur zeolit, mekanisme difusi ion, termodinamika dan kinetika reaksi pertukaran ion.
3. Peranan peralatan analisis sangat diperlukan untuk mengembangkan material sorben dan katalis, serta standarisasi pengukuran yang baku untuk dapat memperbandingkan mineral satu sama lain.
4. Mengingat zeolit Indonesia sangat berpeluang untuk ditingkatkan menjadi mineral industri, maka disarankan perlunya kemitraan dengan pengusaha zeolit dalam negeri untuk mengembangkan produk baru untuk berbagai keperluan.
5. Pengetahuan zeolit telah dapat mempertemukan berbagai bidang ilmu pengetahuan, mineralogi, geologi, kristalografi, kimia, pertanian dan lingkungan. Seyogianya suatu organisasi profesi keahlian zeolit dapat dibina sebagai fungsi kontrol kualitas serta standarisasi zeolit dimasa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Mumpton, F.A And Sand, L.B.**, in *Natural Zeolite, occurence, properties and uses* , Sand, L.B and Mumpton, F.A. (Eds), Pergamon Press, London, (1979).
2. **Smitt, J.V.**, *Zeolite*, 4, (October 1984), 309.
3. **Mumpton, A.**, *Natural zeolite* , Review in Mineralogy, Miineralogycal Society of America, Washington, DC, Vol 4 (1986) 1-15.
4. **Hardjatmo., Husaini**, *Study the Properties of some Indonesian Natural Zeolites* , on One Day Seminar on Mineral Property and Utilization of Natural Zeolite, JSPS-BPPT, Jakarta, (1996).
5. **Sutakarya H, Las. T, Sutoto**, *Prospek Zeolit Bayah* , Proceeding Seminar Zeo-Agro, IPB Bogor (1992) 223-237.
6. **Breck, D.W.**, *Zeolite Molecular Sieves*, John Willey Interscience, New York, (1974).
7. **Dyer, A**, *Introduction to Zeolite Molecular Sieves* , John Willey and Sons, Chichester, (1988).
8. **Tsitsishvili, G.V.**, et. al., *Natural Zeolites* , Ellis Harwood, New York, (1992)
9. **Supandi, et. al.**, *Refinement Struktur Kristal Klinoptilolit dan Mordernit Alam* , Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material, Vol 1, No 1, 25-32, Jakarta, (1999)
10. **Las. T**, *Use of Natural Zeolite for Nuclear Waste Treatment* , PhD Thesis, Dept. Applied Chemistry, University of Salford, England (1989)
11. **Townsend. R, P.**, *Ion Exchange In Zeolites Basic Principles* , Chemistry And Industry, Vol 2, (April 1984) 246.
12. **Dyer., A.**, *Chemistry And Industry* , Vol 2, (1984) 241.
13. **Las, T, Yatim, S, Budiman, P**, *Potensi Zeolit Untuk Pengolahan Limbah Industri* Unand Limau Manis Padang (1996)
14. **Blanchard, G. et al.**, *Water Res.*, Vol 18, (1985) 1501.
15. **Voilleque, P.G.**, In *The Three Mile Island Accident* , Acs Series 293, Washington D.C, (1986) 45.
16. **Las T.**, *Use of zeolite for radioactive Waste treatmen and Disposal* , on One Day Seminar on Mineral Property and Utilization of Natural Zeolite JSPS-BPPT, Jakarta, 19 Februari (1996)

17. **Las, T.**, et.al, *Imobilisation Of ¹³⁷cs On Cement-Zeolite Composites*, IAEA Tecdoc-947, IAEA, Viena, (1997) 153-163.
18. **Karge, H.G.**, et. al., *Zeolite As Catalists, Sorbents And Detergen Builders Applications And Innovation* , Elsevier Science Publishers, Amsterdam, (1989)
19. **Sofnie M.C., et al.**, *Pembuatan Formulasi Pengelepasan Terkendali Herbisida 2,4-D-C-14 Dengan Matriks Zeolit Dan Penerapannya* , PAIR, Batan, Jakarta, Desember (1994)
20. **Sofnie M.C., et al.**, *Pengelepasan Terkendali Insektisida Asefat Pada Tanaman Kedelai* , Seminar Nasional Biologi XV, PBI, Bandar Lampung, Juli (1997).

Pemasaran Zeolit Alam Indonesia

Toni Toha Apani

Puslitbang Teknologi Mineral (PPTM)

Departemen Sumber Daya Mineral Kamar Dagang & Industri Propinsi Jawa Barat

Jalan Jendral Sudirman 623 Bandung 40211

ABSTRAK

Zeolit alam mulai dikenal dan dipelajari di Indonesia sejak awal decade '80an. Tahun 1986 dibangun pilot plan zeolit di Bayah, Kabupaten Lebak yang kemudian berbagai uji coba aplikasinya dilakukan bekerjasama dengan Universitas, Institusi Litbang, Dinas teknis dan lain-lainnya. Atas kerjasama serta rekomendasi tidak resmi dari beberapa ahli zeolit di luar negeri, penelitian terapan dilakukan pada segmen pasar yang memungkinkan zeolit menjadi pasar yang *captive* dimulai dari tambak udang, pengolahan air bersih dan kotor, peternakan dan pertanian. Diawali dari sulitnya mendapat pupuk fosfat, booming pasar zeolit alam di bidang pertanian meningkat dan ekspor zeolit alam pun meningkat secara bertahap seiring dengan berkembangnya pasar zeolit internasional dan globalisasi sistem informasi. Indonesia termasuk negara yang memiliki potensi zeolit alam cukup besar, dan perhatian pengusaha asing untuk investasi di bisnis zeolit sudah tampak terutama untuk memproduksi zeolit berkualitas tinggi. Suatu hal yang perlu dimasyarakatkan adalah pentingnya berorganisasi dengan menggabungkan potensi yang ada dalam asosiasi agar masing-masing anggota mendapat manfaat ganda dari efek sinergis yang dihasilkan dan KADIN berfungsi sebagai fasilitator asosiasi pengusaha dan asosiasi profesi seperti Ikatan Zeolit Indonesia dalam upaya mewujudkan rencana programnya.

Kata kunci : Pemasaran, Zeolit alam.

ABSTRACT

INDONESIAN NATURAL ZEOLITES MARKETING. *Natural zeolites have been known and studied in Indonesia since the 1980's. In 1986, a pilot processing plant for natural zeolites was built in Bayah, Lebak regency where some applied research was performed. This was with cooperation with the universities, research and development centres, technical institutions and others. By their cooperation, and informal recommendations relating to Indonesian zeolite deposits, the joint work has created a focus of applied research in a market segment which has the great possibility to be a captive market. It started from the fields of aquaculture of shrimp ponds, water treatment of drinking and sewage water, and agriculture. Beginning with the difficulty of getting a phosphate fertilizer, there is a booming of domestic natural zeolite demand in agriculture; even natural zeolites exports are also gradually increasing by means of international zeolites market growth and globalisation of information systems. Indonesia has great natural zeolites deposits and has attracted much attention from foreign entrepreneurs to invest in the zeolites business especially in the production of high quality zeolites. However, it is necessary to socialize and convince all of the potential association to join organizations in order to get more synergism between the members in chambers of commerce and industry (KADIN) as a facilitator, for example to facilitate a company association and a professional association such as Indonesian Zeolite Association (IZI) to coordinate their programme and planning.*

Keywords: *Marketings, Natural zeolites*

PENDAHULUAN

Uraian ini merupakan tinjauan terhadap pemasaran zeolit alam Indonesia. Beberapa aspek upaya pemasyarakatan zeolit dan hambatannya, peran penelitian dan pengembangan, perkembangan pemasaran

zeolit di Indonesia maupun di dunia Internasional serta saran-saran untuk organisasi Ikatan Zeolit Indonesia dibahas dalam uraian berikut ini.

PEMASYARAKATAN TEKNOLOGI ZEOLIT DI DALAM NEGERI

Zeolit alam mulai dikenal dan dipelajari di Indonesia sejak awal dekade '80an dan Puslitbang Teknologi Mineral sesuai dengan tugas & fungsinya berperan dalam penelitian dan penerapan teknologi mineral alami tersebut yang telah dikenal lebih dulu sebagai produk sintesis. Tahun 1986 dibangun Pilot Plant Zeolit di Bayah, Kabupaten Lebak, kemudian berbagai uji coba aplikasi zeolit dilakukan bekerja sama dengan Universitas, Lembaga Litbang, Dinas Teknis, Perusahaan Swasta dan lain-lain.

Seminar zeolit pertama dilaksanakan. tahun 1992 di Hotel Panghegar Bandung dengan judul "ZEO AGRO INDUSTRI" dilaksanakan oleh Persatuan Peternak Sapi dan Kerbau Indonesia (PPSKI) bekerja sama dengan Himpunan Kerukunan Tani Indonesia (HKTI). Berbagai makalah hasil penelitian disampaikan dan hasilnya hanyalah himbauan dari pihak pakar mewakili Universitas bahwa perlu dilakukan penelitian (uji coba) yang lebih lanjut sehingga manfaat dan dampak negatifnya dapat diketahui secara pasti dan diharapkan pihak swasta turut membiayainya.

Pihak swasta dengan dana yang sangat terbatas, bertahun-tahun turut melakukan riset terapan dan memasyarakatkan zeolit sebagai bahan baru yang bermanfaat bagi berbagai pihak di Negara Indonesia. Dengan bekal semangat yang diberikan buku-buku referensi asing dan rekomendasi tidak resmi beberapa ahli zeolit dari luar negeri, kerjasama penelitian terapan dilakukan dalam upaya pemasyarakatan dengan Litbang dan Dinas Teknis terkait pada segmen pasar yang memungkinkan dibuka menjadi pasar yang captive, dimulai dari tambak udang, pengolahan air bersih dan kotor, peternakan dan pertanian. Pihak konsumen tidak langsung menerima zeolit sebagai bahan yang dapat dimanfaatkan, lebih-lebih karena pemasyarakatan teknologi zeolit di kalangan para peneliti dan pegawai Dinas Teknis sangat terbatas sehingga mereka belum tahu dan tidak dapat memberikan dukungan rekomendasi teknis terhadap produk-produk zeolit yang dipasarkan di Indonesia. Kondisi inilah yang menyebabkan pemasyarakatan teknologi zeolit di Indonesia terkesan lambat.

PERAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Bila kita kaji, seharusnya peran penelitian dan pengembangan adalah menjadi tanggung jawab Pemerintah dan sesungguhnya dana-dana yang dialokasikan untuk maksud tersebut ada, yaitu diantaranya dalam bentuk proyek-proyek litbang, masalahnya masing-masing proyek tidak terorganisasi dengan baik sehingga seringkali sasaran penelitian tidak tajam kepada masalah yang sedang dihadapi dan banyak sekali terjadi tumpang tindih sehingga banyak terjadi duplikasi penelitian. Bahkan lebih dari itu masing-masing peneliti berjalan sendiri-sendiri.

Dengan memperhatikan pengalaman tersebut diatas, sangat diharapkan peran aktif Ikatan Zeolit Indonesia dalam rangka turut mengorganisir penelitian dan pengembangan zeolit sehingga dana-dana yang masih ada walaupun dari segi jumlahnya sudah berkurang, namun dapat digunakan secara optimal.

Idealnya, pihak swasta dibebani biaya penelitian yang bersifat terapan, khusus dalam konteks pembukaan segmen pasar baru sehingga bentuk penelitiannya sudah sangat spesifik untuk jenis zeolit tertentu dengan pemafaatan yang tertentu pula. Selayaknya ada satu atau beberapa instansi teknis yang ditunjuk Pemerintah untuk bertugas melakukan penelitian dan pengujian lapangan bagi produk yang akan dipasarkan (tentunya dengan beberapa criteria atau persyaratan yang harus telah dipenuhi) dan Instansi tersebut sekaligus berwenang memberikan rekomendasi teknis, Dengan demikian biaya penelitian/pengujian tersebut menjadi *feasible* untuk diterapkan dalam *cash flow* perusahaan. Untuk aplikasi di bidang pertanian, ada peraturan yang mewajibkan produsen zeolit melakukan penelitian/pengujian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian di setiap Propinsi dan peraturan yang menyatakan bahwa produsen zeolit secara legal boleh memasarkan ke suatu Propinsi setelah melaksanakan pengujian dan mendapatkan rekomendasi dari Instansi tersebut. Biaya yang harus dikeluarkan untuk dapat masuk ke 10 Propinsi di Indonesia saja adalah sangat besar dan diharapkan keberadaan Ikatan Zeolit Indonesia dapat menciptakan konsensus baru yang lebih menstimulir

usaha pertambangan dan pemasaran zeolit di Indonesia.

PERKEMBANGAN PEMASARAN ZEOLIT DOMESTIK

Krisis moneter yang menyebabkan nilai tukar rupiah terhadap dollar begitu tinggi menyebabkan pabrik pupuk diantaranya pupuk fosfat, yang sebagian besar bahan baku batuan fosfatnya diimpor, mengalami kenaikan biaya operasional, sehingga ditetapkanlah kenaikan harga pupuk. Kenaikan harga pupuk fosfat tersebut membuat para petani khususnya petani kecil menjadi cukup resah, karena diikuti pula dengan kenaikan harga sarana produksi pertanian lainnya. Toko dan Kios pupuk sebagai "pedagang antara" melihat produk lain yaitu zeolit granul yang harganya jauh lebih murah akan tetapi bentuk dan ukurannya tidak jauh berbeda, walaupun fungsinya sangat berbeda. Zeolit granul tidak sama dengan pupuk fosfat namun semula zeolit itu dipasarkan untuk digunakan sebagai amelioran tanah (pemelihara kondisi tanah serta *slow release agent* bagi unsure-unsur hara di dalam tanah) dan disarankan kepada petani untuk ditambahkan pada paket sarana produksinya. Walaupun dalam penggunaan zeolit tersebut ada penambahan biaya, akan tetapi produksi akan naik 5% sampai 20 %, tergantung kondisi tanah asal sehingga hasil produksi akan jauh lebih menguntungkan.

Perkembangan selanjutnya bermacam-macam, dimulai dengan petani jujur yang tetap menganjurkan dan menawarkan zeolit granul seperti semula adanya, tetapi adapula yang mulai nakal yaitu dengan mencampurkan zeolite pada pupuk fosfat (SP-36) di kotak kiosnya dan menjual dengan agak murah, selain itu ada yang lebih nakal lagi yaitu dengan menjual campuran tadi dengan harga SP-36 murni, hingga lebih ada lagi yang berani memasukkan campuran tersebut ke dalam karung SP-36 dan yang lebih fatal lagi yaitu ada yang menjual zeolit granul sebagai pupuk pengganti SP-36. Kondisi inilah yang sampai saat ini berjalan di masyarakat, sehingga pada akhirnya petani sebagai pengguna terakhir akan menerima akibat kerugian. Selanjutnya timbul permintaan Kios Pupuk akan zeolit granul yang memiliki bentuk dan warna sesuai dengan SP-36, dan beberapa produsen menambahkan

batubara, bahan pewarna atau bahan lain agar warnanya keabu-ahuan.

Kenyataan lain di lapangan menunjukkan bahwa dengan diproduksi zeolit granul membuka peluang bagi produsen yang nakal untuk mencampur zeolit tepung dengan bahan lain yang lebih murah, untuk produsen yang berada di gunung kapur dimana harga kapur murah akan cenderung mencampur dengan kapur agar keuntungannya lebih besar. Demikian pula untuk daerah lainnya, malahan ada yang mencampur zeolit dengan tanah dalam jumlah yang besar dengan alasan berfungsi sebagai pengikat (*binder*). Rekayasa tersebut tidak akan terlihat kalau sudah dibuat dalam bentuk granul dan "pedagang antara" seperti Kios Pupuk tetap dapat memasarkannya dengan mudah dengan memanfaatkan *image* petani terhadap pupuk granul SP- 36 sebagai pupuk yang baik.

Ada suatu pertanyaan bahwa apakah benar zeolit sebagai bahan amelioran, sebaiknya diaplikasikan dalam bentuk granul atau tepung zeolit yang digranulasikan? Pada kenyataannya di pasar saat ini adalah hampir seluruh permintaan bahan dalam bentuk zeolit granu, dan sangat sulit untuk memasarkan zeolit tepung untuk pertanian. Tentunya para ahli zeolit Indonesia tidak boech larut dalam angka statistik konsumsi komoditi zeolit domestik di bidang pertanian yang begitu besar, akan tetapi lebih berperan sebagai pemben saran yang tepat sesuai dengan sains dan teknologinya. Tentunya peran Ikatan Zeolit Indonesia dalam kasus ini sangat diharapkan.

Penggunaan zeolit di bidang aplikasi lainnya bertahap meningkat pula seiring dengan keberhasilan promosi teknologi tepat guna. Pemanfaatan pada aquaculture seperti pada tambak udang, pernah booming pada awal dekade '90an dimana pada waktu itu bisnis tambak sedang meningkat dan pemasaran zeolit memanfaatkan keberhasilan zeolit impor yang sudah lebh dulu digunakan pada tambak udang.

Pada pakan ternak, zeolit sudah digunakan sebagai *additive*. Hanya ada beberapa masalah yang harus dicari penyelesaiannya yaitu adanya perbedaan pendapat yang menyatakan bahwa zeolit dapat menyebabkan pengendapan pada rumen sapi, sedangkan pendapat lain menyatakan

bahwa cairan dalam rumen sapi mempunyai viskositas yang tinggi, dan berat jenis yang lebih tinggi daripada zeolit, juga rumen sapi selalu berkontraksi sehingga bahan yang dicerna selalu teraduk dan prosesnya mengalir secara kontinyu dan tidak mungkin terjadi pengendapan zeolit pada rumen sapi. Tentunya hal ini membutuhkan penelitian dan pembuktian lebih lanjut sehingga penggunaan zeolit sebagai *additive* pakan ternak tidak diragukan lagi.

Demikian pula pemanfaatan dalam air minum dan air limbah meningkat secara bertahap sesuai dengan keberhasilan pemasarannya. Masalah yang dihadapi adalah kebiasaan menggunakan teknologi pengolahan yang sudah digunakan sejak jaman Belanda yang tidak mudah diubah. Pada pengolahan air minum di rumah tangga, pemasarannya sangat kurang, padahal teknologi zeolit dapat menyelesaikan masalah rendahnya kualitas air minum rumah tangga yang belum terjangkau PAM (Perusahaan Air Minum). Menurut catatan, hampir 80% rakyat Indonesia berada pada kondisi yang harus memanfaatkan air tanah yang tidak memenuhi syarat. Teknologi zeolit dengan biaya sangat murah, dapat membuat instalasi dengan pemeliharaan yang mudah dan murah juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas air minum dan kesehatan masyarakat.

PERKEMBANGAN PEMASARAN ZEOLIT INTERNASIONAL

Perdagangan zeolit internasional juga masih dalam tahap berkembang dan sampai saat ini beberapa majalah internasional terkemuka belum memasukkan komoditi zeolit dalam jurnal harga komoditi mineral. Akan tetapi kecenderungannya terus meningkat seiring dengan keberhasilan pemasaran teknologi zeolit di masing-masing negara.

Kita patut bersyukur pada Allah swt. karena Indonesia termasuk negara yang memiliki potensi deposit zeolit cukup besar, dan tercatat sebagai negara produsen zeolit yang mulai diminati oleh pengusaha asing untuk menanamkan modalnya pada bisnis zeolit di Indonesia. Tetapi Indonesia agak tertinggal dalam pemasaran teknologi zeolit di dalam negeri.

Pada tahun 1992, terjadi ekspor zeolit ke Filipina sebanyak 5.000 ton (satu shipping) dan setelah ditelusuri pemanfaatannya ternyata itu digunakan untuk pertanian, padahal waktu itu pemasaran domestik di Indonesia dalam bidang pertanian belum ada. Bosnia yang kita ketabui sebagai negara yang luluh lantak akibat perang, ternyata sudah menggunakan zeolit cukup banyak dan memiliki teknologi pengolahan dan aktivasi zeolit yang cukup canggih. Banyak lagi contoh lainnya yang menyadarkan kita akan pentingnya melakukan konsolidasi internal, dari sisi para-ahli, pengusaha dan pemerintah, baik dalam menetapkan perencanaan, pelaksanaan, pengembangan dan pengendalian usaha zeolit di Indonesia.

PERAN ASOSIASI DAN KADIN DALAM "TOTAL QUALITY MANAGEMENT"

Pemasyarakatan tentang pentingnya ber-organisasi dalam rangka menggabungkan potensi yang ada dalam asosiasi, sangat diperlukan agar masing-masing anggota mendapat manfaat ganda dari efek sinergis yang dihasilkan. KADIN dengan Undang Undang Nomor 1 tahun 1987 dan Keppres Nomor 3 tahun 1988 berfungsi sebagai fasilitator antara pengusaha, para-ahli, pemerintah, konsulat perdagangan asing, pusat penelitian dan perdagangan, lembaga keuangan serta lainnya.

Beberapa catatan yang barangkali perlu kita perhatikan adalah standarisasi mineral zeolit Indonesia dimana sudah ada tim yang dibentuk oleh Departemen Pertambangan dan Energi, akan tetapi kelihatannya belum selesai, barangkali ada baiknya dapat dituntaskan dengan mengikut sertakan Asosiasi Ahli Zeolit Indonesia (IZI), Asosiasi Pengusaha Zeolit Indonesia (ASZEOTA) dan KADIN. Setelah adanya standarisasi mineral zeolit, baik pada proses perencanaan, penambangan, pengolahan, pengangkutan dan penyimpanan zeolit kemudian perlu dipikirkan pengendalian mutunya, baik untuk kepentingan pengusaha sebagai produsen maupun masyarakat dan industri sebagai konsumen. Hal ini penting karena sebagian produk akhir zeolit dikonsumsi ternak yang mungkin pada akhirnya dikonsumsi manusia, kemudian digunakan pula sebagai *filter* air minum sehingga kualitas zeolit dan kandungan unsur-unsurnya menjadi sangat

penting untuk dikontrol secara berkesinambungan.

Standarisasi dan pengendalian mutu sebagai bagian dari manajemen mutu total, tidak terlepas dari kesiapan sumber daya manusianya. Dalam hal itu, ada dua fungsi yang terkait yaitu fungsi penelitian pengembangan (litbang) dan fungsi pendidikan dan pelatihan (diklat). Diharapkan bahwa seluruh institusi litbang, baik yang berada dibawah Departemen, Dinas Teknis, Universitas, Lembaga Swadaya Masyarakat dan lain-lainnya, memiliki peneliti zeolit dan tergabung dalam Asosiasi Zeolit Indonesia dan dapat berorganisasi dengan baik. Kemudian fungsi diklat diharapkan berperan, dengan adanya peran aktif dari institusi diklat yang ada seperti yang telah dimulai oleh Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan, Bandung.

Mudah-mudahan tinjauan singkat ini bermanfaat bagi perkembangan zeolit di Indonesia, dan negeri kita dapat menjadi produsen zeolit terkemuka di dunia sekaligus sebagai negara yang memanfaatkan teknologi zeolit secara optimal untuk kemakmuran bangsanya.

SARAN-SARAN UNTUK ORGANISASI IKATAN ZEOLIT INDONESIA

1. Bidang Organisasi

Ikatan Zeolit Indonesia ditetapkan sebagai wadah untuk mengakomodasi kepentingan seluruh pihak yang terkait dengan keberadaan zeolit, baik sebagai objek penelitian maupun komoditas sehingga program-programnya harus bermanfaat bagi seluruh komponen anggotanya.

Komponen keanggotaan terdiri dari :

- Para ahli zeolit dari instansi atau lembaga Litbang, Diklat dan Dinas Teknis juga dari luar negeri.
- Perguruan tinggi :Dosen, Mahasiswa, Lembaga Pengabdian Masyarakat, yang terkait dengan zeolit
- Pengusaha zeolit : baik pengusaha tambang zeolit maupun industri zeolit, pedagang zeolit domestik maupun internasional
- Konsumen zeolit : industri berbahan baku zeolit, pengguna zeolit dalam bidang pertanian, peternakan, perikanan dan lain-lain.
- Pemerhati teknologi zeolit

- Pejabat Pemerintah yang terkait dengan zeolit.

Sebagai organisasi yang *exist*, dengan berperan aktif dalam membangun strategi ekonomi Indonesia yang efisien dan kuat, sebaiknya IZI tidak bersifat exclusive melainkan bekerjasama dengan berbagai organisasi, Institusi dan Kelembagaan lainnya sehingga progressnya dapat dicapai secara tepat dan optimal. Memperhatikan respon yang baik dari beberapa ahli senior di Jawa Barat tentang akan dibentuknya IZI Cabang Jawa Barat, sangat penting untuk dapat menyamakan persepsi, menetapkan visi dan misi, merencanakan action plan secara terpadu, disertai penilaian pelaksanaan secara periodic dan mengaktualisasikan rencana selanjutnya sehingga IZI menjadi organisasi yang penting dan credible.

Disarankan agar tujuan IZI diantaranya adalah:

- * Indonesia menjadi negara produsen zeolit yang tangguh dalam arti berkemampuan produksi yang tinggi dengan mutu yang baik dan dengan sistem organisasi yang baik sehingga berbagai aspek yang terkait dengan bisnis bias berjalan lancar.
- * Indonesia bisa memanfaatkan teknologi zeolit secara optimal sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan efektifitas yang pada akhirnya dapat meningkatkan devisa negara.

2. Riset dan Pengembangan

Secara umum riset dan pengembangan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu riset ilmu murni dan pengembangan teknologi terapan. **Riset ilmu murni** meliputi riset tentang cadangan zeolit, interpretasi citra landsat, rekayasa bahan zeolit, metoda karakterisasi di laboratorium, teknik penambangan, teknik pengolahan serta proses aktivasi dan lain-lain; sedangkan **Pengembangan teknologi terapan** meliputi pengembangan berbagai teknologi aplikasi zeolit sebagai contoh: dalam pemanfaatannya di bidang pertanian, peternakan, perikanan, pengolahan limbah yang mana belum menyentuh kepentingan pasar.

Uji aplikasi teknologi terapan atau uji coba lapangan (ucolap) perlu dilakukan dengan mengukur kenaikan produktivitas atau efisiensi atau tolok ukur keberhasilan lainnya. Data atau besaran yang dapat diukur

merupakan nilai prestasi dari zeolit tersebut. Setiap produsen bertanggungjawab untuk melakukan pengujian dan sertifikasi mutu zeolitnya. Demikian juga hasil pengembangan teknologi terapan zeolit atau hasil rekayasa zeolit, perlu diuji coba aplikasinya di lapangan dan dilakukan sertifikasi. Semua biaya uji coba dan sertifikasi tersebut menjadi tanggungjawab produsen zeolit atau bersama dengan pihak produsen zeolit sejenis yaitu hasil dari satu hamparan deposit/cadangan secara bergotong royong. Hal ini dapat dikoordinasikan melalui IZI.

Pada pemanfaatan zeolit di bidang pertanian, sudah ada peraturan yang mengharuskan bahwa pengusaha zeolit atau sebagai produsen sarana produksi pertanian wajib melakukan pengujian lapangan di Balai Pengujian Teknologi Pertanian (BPTP) di masing-masing propinsi dengan biaya Rp. 12 juta (1997) untuk sekali pengujian. BPTP dapat mengeluarkan sertifikat hasil pengujian dan produk zeolit yang dapat dipasarkan di propinsi tersebut. Masalah selanjutnya apakah perlu dilakukan pengujian dan sertifikasi di setiap propinsi jika variasi jenis tanah dan tanaman banyak yang sama di beberapa propinsi di wilayah Indonesia.

Barangkali IZI dapat mereformasi regulasi yang ada sehingga produsen zeolit cukup melakukan ucolap dan sertifikasi satu kali saja untuk satu jenis zeolit pada satu bidang pemanfaatan tertentu. Ada baiknya, ucolap yang dilakukan oleh produsen-produsen zeolit dapat berintegrasi dengan program sertifikasi BPTP, dan bila mungkin wewenang pengujian dan sertifikasi tersebut ditangani oleh Balitbang Pertanian sehingga dapat berlaku nasional. Dalam hal ini akan didapat suatu target untuk menghindari kondisi ekonomi biaya tinggi dan menciptakan kebersamaan antar anggota IZI untuk mendapat keuntungan sinergis dari ringannya biaya pengujian dan sertifikasi yang akan berdampak pada harga jual zeolit dan kompetisinya, juga kemudian masyarakat pemakai zeolit dapat menikmati zeolit dengan harga terjangkau.

3. Standarisasi dan pengendalian mutu

Keberadaan Standar Zeolit Indonesia agaknya masih belum nampak, sehingga perlu langkah yang cepat dan tepat untuk penyelesaian Standar Nasional Indonesia dengan memperhatikan berbagai asupan mengenai perkembangan iptek, pengalaman teknis lapangan, perilaku pelaku ekonomi pasar dan lain-lainnya. Bila standarisasi telah selesai, IZI selanjutnya bertugas untuk mensosialisasikan kepada segenap komponen ekonomi zeolit sehingga mereka mengetahui dan dapat mempersiapkan diri untuk memenuhi standar yang telah ditentukan itu. Standar Zeolit Indonesia menjadi tidak ada gunanya bila system pengendalian mutunya tidak baik atau bahkan tidak ada.

IZI diharapkan dapat melakukan koordinasi dengan instansi terkait sehingga dapat ditetapkan konsensus bersama instansi mengenai mekanisme pengendalian mutu dan perdagangan zeolit di Indonesia dalam skala makro, dan berbagai pemanfaatan zeolit di dalam negeri dapat dikontrol dan dikendalikan secara sistematis.

Pengendalian mutu dan kontrol zeolit ini sangat penting karena komoditas zeolit diantaranya dikonsumsi ternak dan pada akhirnya dikonsumsi manusia, juga zeolit yang digunakan sebagai filter air minum langsung mempengaruhi kualitas air minumnya. Satu hal yang penting lagi adalah image tentang zeolit Indonesia di mata internasional, jangan sampai kejadian pada tahun 1992 dimana ada permintaan zeolit berskala besar dari Filipina menjadi gagal karena masalah mutu. Pada akhirnya tingga kekecewaan dari kedua pihak (produsen dan konsumen)lah yang didapat.

4. Pengembangan sumber daya manusia

Berbagai rencana kerja IZI tidak akan dapat berjalan tanpa kesiapan sumber daya manusia yang menjadi pelakunya. Oleh karena itu perlu dilakukan koordinasi dengan berbagai pihak terkait dan melaksanakan kegiatan pendidikan dan pelatihan bagi anggota IZI secara terprogram dengan dukungan dana dari pemerintah dan atau para sponsor.

Pendidikan dan pelatihan di bidang zeolit yang telah dipelopori oleh Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan,

Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, diantaranya adalah:

- * Pembuatan dan pemanfaatan zeolit granular untuk industri pertanian, yang telah dilaksanakan 6 kali, bagi para penambang zeolit kecil di kecamatan cipatujah, Tasikmalaya.
- * Pembuatan dan pemanfaatan zeolit granular untuk industri pertanian, dilaksanakan 1 kali, bagi karyawan Departemen Pertambangan dan Energi serta dinas Pertambangan yang terkait dengan industri zeolit di PPTP Bandung.
- * Manajemen peralatan pengolahan zeolit granular untuk masyarakat pedesaan, dilaksanakan 1 kali, bagi para produsen kecil di kecamatan cipatujah, Tasikmalaya.

Dalam rangka pengembangan perusahaan/pemasaran, banyak hal yang dapat dilakukan IZI untuk memacu produktifitas seluruh anggota, diantaranya adalah:

- * Menerbitkan Buletin Zeolit Indonesia, yang dapat merupakan sarana efektif untuk meningkatkan ilmu dan pengetahuan, pertukaran pengalaman

dan penyebarluasan berbagai informasi penting bagi seluruh anggota IZI. Informasi tentang cadangan, alamat produsen, konsumen, eksportir/importir zeolit Indonesia, statistik produksi, konsumsi ekspor/impor zeolit, direktori profile perusahaan, para ahli zeolit serta pihak terkait dengan zeolit dan lain lain, juga dapat dibuat homepagenya.

- * Melakukan kerjasama dengan para ahli zeolit di dalam dan luar negeri untuk transfer teknologi pertukaran informasi.
- * Melakukan koordinasi dan kerjasama dengan KADIN/Asosiasi lain/Institusi perdagangan di tingkat pusat maupun daerah untuk melaksanakan pameran dagang, seminar, temu usaha dengan negara asing, mengadakan konsulat perdagangan asing, maupun pusat perdagangan dan lain-lain.

Demikian saran-saran yang sementara ini dapat saya sampaikan, mudah-mudahan bermanfaat bagi seluruh anggota IZI, khususnya dalam rangka mempersiapkan diri menghadapi AFTA 2002.

Tata Cara Penulisan Naskah

Naskah yang akan dimuat dalam Jurnal Zeolit Indonesia harus bersifat asli, belum pernah dipublikasikan atau diterbitkan dalam media cetak lain. Naskah ditulis secara ilmiah dan sistematika sesuai dengan panduan berikut:

Judul, Abstrak dengan kata kunci (bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris), **Isi teks** terdiri dari sub judul **Pendahuluan, Bahan dan Metoda eksperimen, Hasil dan bahasan, Kesimpulan, Ucapan Terimakasih** (kalau ada), dan **Daftar Acuan Pustaka**, dan atau Daftar Pustaka (Bibliografi) yang terkait, ditulis dengan huruf kapital Arial 10 tebal.

Format:

Naskah diketik menggunakan *Microsoft Word* atau *pdf.format* dan dicetak pada kertas HVS ukuran A4, dengan batasan sebagai berikut: Margin atas dan margin kiri masing-masing 3,2 cm, margin kanan dan bawah masing-masing 2,6 cm. Jumlah halaman **maksimum 25** halaman termasuk gambar dan tabel.

1. **Judul** ditulis singkat dan informatif (huruf kapital, tebal, huruf Arial ukuran 12, di posisi tengah).
2. **Nama penulis** (huruf normal, Arial ukuran 10, di posisi tengah), dengan catatan kaki **Alamat** Penulis yang ditulis di baris terakhir halaman tersebut. **Unit kerja penulis** ditulis di bawah penulis dengan jarak 1 spasi.
3. **Abstrak** (sebagai judul: ditulis dengan huruf Arial kapital 10, tebal, di tengah. Isi abstrak ditulis dengan huruf Arial 9). **Isi abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Semua tulisan berbahasa Inggris menggunakan huruf *miring* termasuk judul makalah dalam bahasa Inggris ditulis dengan huruf miring kapital, Arial 9 tebal. Abstrak terdiri dari satu paragraf tunggal dengan jarak baris 2 spasi.
4. **Kata kunci** dan **key words** ditulis di bawah abstrak masing-masing, dengan huruf dan ukuran sama seperti isi abstrak.
5. **Isi teks** ditulis dengan huruf Arial 10 dengan spasi 2 dan dibagi 2 kolom dengan jarak antar kolom 1 cm. Antar sub-judul dengan baris pertama alinea atau antar alinea diberi jarak spasi-2 menggunakan format **justify**.
6. **Gambar dan Tabel** ditulis menggunakan perangkat lunak yang kompatibel dengan *Microsoft Word*, dicetak dengan huruf **jelas** berkualitas tinggi, dan pada lembar terpisah.
7. Daftar Acuan **Pustaka** ditulis berdasarkan nomor urut di dalam isi teks dengan huruf *superscript* dan sesuai dengan nomor daftar acuannya. Cara penulisan pustaka meliputi: Nama semua penulis, Judul tulisan, Nama buku atau majalah, Volume, Nomor, Tahun (dalam kurung) dan Nomor halaman.
8. Makalah yang diterima harus dilengkapi dengan disket file dokumennya, dan diserahkan kepada pimpinan redaksi.

Instructions for Authors

Journal of Indonesian Zeolites is the journal providing communication among users, potential users and person otherwise interested in topics such as zeolites and zeotypes microporous and nanoporous materials including reviews, articles, reports characterizations, analyses, modification and synthesizing process technology, its products and their usage, development of materials applications.

Manuscript should contain the original reviews, experimental results or ideas written in English or Indonesian systematically, and it has not been published in any other publications. It contains of **Title, Abstract** with appropriate key words and **Full Text** which cover sub-titles of **Introduction, Experimental methods, Result and Discussion, Conclusion, Acknowledgment** (if it's necessary), **References**, and related **Bibliography**, which are respectively written using bold capital Arial 10 font.

Format:

The manuscript should be written on A4 paper size using the Microsoft Word or pdf format, with the top and left margin of 3.2 cm, and the right and bottom margin of 2.6 cm. The maximum total pages are not exceeded from 25 pages include figures and tables.

1. **Title**, use a brief and informative (Capital Arial-12 **bold** font, and center)
2. **Authorship**, provide full names of authors and the name of institutions where the work is completed. Use the footnote for the addresses of all authors on the last line of the first full page.
3. **Abstract** as a title is written in Arial 10 capital bold and centre. The contents of abstract is written in normal font Arial 9, containing of a paragraph using a double spaced line.
4. **Key words** written using the same fonts as in Abstract.
5. **Full Text** is written using Arial 10 font and double spacing line with **justify** align with two column format, with column space of 1 cm. Between sub-title and the first line of the paragraph or between paragraphs should use a double spacing line.
6. **Figures and Tables** should be done using the Microsoft Word compatible software, and printed with clearly high quality printing on separated sheets.
7. **Reference** to other work should be numbered consequently and indicated by superscript number in the text corresponding to that in the reference list. It covers The name of all authors, Title, Name of Book or Journal/Publication, Volume and Number Year (in the bracket) and numbers of pages of publication.
8. The accepted manuscript should be completed with document file and submitted to the Chief Editor.