

Teknologi Zeolite untuk Pengembangan Pertanian yang Sangat Menjanjikan

Zeolite Technology for Agriculture Development is Very Promising

M. Al-Jabri¹ dan R. Soegianto²

¹⁾ *Ketua Departemen Pertanian Ikatan Zeolite Indonesia-
aljabrimuhammad@yahoo.com/HP 081385022246*

²⁾ *Direktur CV. Minatama-pelitter@yahoo.com/HP 08111118135*

ABSTRACT

Since the last few decades Indonesia as an agricultural country many crops imported from abroad which amount to hundreds of millions of tons each year. This is due to land degradation has occurred due to the use of chemical fertilizers since the last few decades. In addition, many farms have changed its function to the settlements and industry. If the drop in agricultural production due to damage to land one of them, then the solution using natural zeolite mineral technology. If the drop in agricultural production due to changes its function to the settlements and industry, then the solution is to revise the law over the land. The results of the study has been published that proves that the natural zeolite mineral mining materials has undoubted ability to increase in agricultural, plantation, horticulture, livestock and fisheries production. In addition, zeolite minerals are also very useful in industry for water purification and prevention of environmental damage. It is unfortunate that until now there is no single policy of the Ministry of Agriculture to revitalize the role of natural zeolite in food security and sovereignty of the nation. Finally, entrepreneur are looking for alternatives to export the mineral zeolite to Malaysia. Policy of the Ministry of Energy and Mineral Resources issued a decision which seems to mean very good and profitable future of the nation, but instead they cause suffering to entrepreneur zeolite. The company went bankrupt because zeolite harmed and could not be exported which have a negative impact on employee termination, bank debt and loss of confidence in markets overseas. The zeolites businessman has been increased the value added to the zeolite are exported, but the government still refused to accept the sieve of a number of businessmen because of the value of zeolite cation exchange capacity (CEC) of her less than 100 me/100 g. This is due to there is no standard analytical procedures used in several laboratories designated. Therefore, the government immediately issued a policy to optimize the utilization of zeolite for the sake of the quality of national food availability for the sovereignty of the nation.

Keywords: Technology; Zeolite mineral; Agriculture

Diterima: 18 Mei 2014, disetujui: 23 Mei 2014

PENDAHULUAN

Zeolite alam adalah mineral yang terbentuk dari bahan tufa vulkanik yang terjadi sejak jutaan tahun yang lalu. Deposit zeolite alam tersebar mengikuti busur vulkanik dari Pulau

Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Maluku. Lebih dari 50 daerah deposit zeolite alam yang diperkirakan berjumlah sekitar 400 – 500 juta ton telah ditemukan yang umumnya dalam bentuk Klinoptilolit dan Modernit (Yateman, *et al.* 2012). Lokasi penambangan secara komersial dijumpai di Lampung, Bayah, Sukabumi, Bogor, Bandung, Tasikmalaya, Yogyakarta dan Malang. Zeolite memiliki sifat fisika dengan pori-pori berukuran nanometer yang dapat menyimpan air, dan sifat kimia karena adanya muatan negatif pada dinding pori-pori yang ditempati kation-kation dan dapat melakukan pertukaran kation yang ada diluar struktur zeolite.

Melihat aspek kegunaan zeolite alam yang multifungsi, timbul pertanyaan sudahkah potensi zeolite alam Indonesia telah dimanfaatkan secara optimal untuk kesejahteraan bangsa. Apakah kita ingin menjadi bangsa yang mengeksport zeolite, kemudian mengimpor zeolit dalam produk lain yang bahan bakunya dari Indonesia. Khusus dalam bidang ketahanan pangan nasional, potensi dan kompetensi zeolite sebagai pembenah tanah (Suwardi, 2009; Al-Jabri, 2010) adalah sesuatu yang tidak diragukan lagi. Oleh karena itu sangat beralasan jika pemerintah secepatnya mengeluarkan kebijakan supaya peranan zeolite dioptimalkan untuk kepentingan ketersediaan pangan nasional yang berkualitas bagi kedaulatan bangsa. Oleh karena itu, kementerian terkait (Pertanian, Energi Sumberdaya Mineral, Perdagangan) secepatnya membuat roadmap baru yang lebih baik terkait dengan masalah zeolite. Disamping itu, harus ada kesamaan pandang, gerak dan langkah antara para peneliti, produsen zeolite dan para konsumen zeolite, khususnya para petani dalam mewujudkan fungsi zeolite bagi kesejahteraan bersama.

Perlu diketahui bahwa mineral zeolite alam dinyatakan berkualitas tinggi, jika kadar zeolite > 50% dengan KTK > 80 cmol/kg yang dilainnya dipengaruhi oleh kadar mineral zeolite, seperti mineral filipsit, klinoptilolite, analisim, erionit, kabsit, mordenit, dan kandungan mineral pengotor lainnya seperti mineral kuarsa, feldspar. Semakin tinggi kadar zeolite dan semakin rendah bahan pengotor, maka semakin tinggi nilai KTK zeolite. Komposisi kimia zeolite alam Indonesia terdiri dari 58.44 – 76.85% SiO₂, 6.92 – 15.00% Al₂O₃, 0.00 – 2.80% NaO, 0.05 – 7.15% K₂O, 0.20 – 7.15% CaO, 0.42 – 4.11 % Fe₂O₃, 0.00 – 5.23% MgO. Luas permukaan spesifik zeolit alam di Indonesia bervariasi dari 5.39 – 32.39 m²/g pada suhu 110⁰ C, 9.22 – 41.88 m²/g pada 200⁰ C, dan 28.99 – 75.53 m²/g pada 300⁰ C (Husaini, 2007).

Karena sifat fisik dan kimia dari zeolit, sehingga zeolit alam banyak dipakai sebagai bahan pembenah tanah (*soil conditioner*), pelepas lambat pupuk (*slow release fertilizer*) (Suwardi, 2009; Al-Jabri, 2010) pada lahan pertanian untuk tanaman pangan, sayuran dan perkebunan, dimana pupuk Urea dicampur dengan zeolite secara proporsional (50% zeolite : 50% Urea; 200 kg urea + 200 kg zeolite ukuran 200 mesh. Pemerintah disarankan untuk merealisasikan kebijakan pemanfaatan zeolite untuk efisiensi penggunaan pupuk yang menghemat sekitar satu sampai dua trilyun rupiah, karena jika pupuk Urea diberikan sampai 400 kg/ha maka 70% pupuk Urea hilang tercuci dan menguap, sebaliknya kombinasi pemberian 200 kg urea + 200 kg zeolite ukuran 200 mesh/ha maka 80% pupuk Urea diserap tanaman. Disamping itu, fungsi zeolite lainnya digunakan sebagai: (1) media tanaman anggrek (Azlina, 2008); (2) penyimpan biopestisida berbahan aktif nematode *Steinernema* (Setyobudi dan Wagiyana, 2008); (3) material pengemban untuk katalis perengkah hydrogen (zeolit-Ni) untuk fotokatalis zeolit-TiO₂ untuk degradasi 2-propanol (Diana, 2009); (4) degradasi methylene blue (Arfan *et al.*, 2009); (5) adsorben dalam desulfurisasi minyak solar (Anda Lusia, 2009); (6) material pendukung untuk pembuatan material antibakteri (zeolit-Cu) (Dyah *et al.*, 2010); (7) antiseptic (Fatimah, 2009; Lenny, 2010); (8) adsorben logam berat (Saryati *et al.*, 2010); (9) material pembawa Asam Glibberelic (Sunardi *et al.*, 2009), (10) penyaring molekul pada proses dehidrasi bietanol (Khaidir *et al.*, 2009). Zeolite banyak digunakan dalam

bidang pertanian, peternakan, perikanan, lingkungan, industri nuklir, nanoteknologi, farmasi dan bidang-bidang lainnya.

Zeolite memiliki sifat fisika dan kimia penting, antara lain: derajat hidrasi yang tinggi, volume ruang kosong tinggi, struktur kristal stabil bila dipanaskan, mempunyai kemampuan menukar kation, ukuran pori yang seragam yang menyebabkan dapat digunakan sebagai penapis molekul (*molecular sieve*), kemampuan menyerap gas dan sifat katalitik. Air yang terserap ke dalam pori-pori zeolit dapat keluar kembali jika dipanaskan (*reversible*), tetapi struktur kerangka tiga dimensinya tetap kuat dan tidak berubah. Zeolite dapat menyerap ion ammonium, kalium dan menyerap molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori zeolite. Air yang ada di dalam ruang pori zeolite mudah dilepaskan dengan pemanasan, ion-ion bermuatan positif (Ca, Mg, K, Na) yang berada dalam ruang pori zeolite dan ion-ion alkali dalam tanah serta beberapa logam berat dalam tanah (Hg, Cd, Pb yang berasal dari pencemaran) dapat saling dipertukarkan. Logam berat yang masuk ke ruang pori zeolite melalui proses pertukaran kation mencegah masuknya zat-zat toksik ke dalam tanaman (daun dan biji) yang dikonsumsi makhluk hidup. Padatan zeolite mengandung kerangka yang memiliki gugus aktif bermuatan negatif sebagai gugus asam, yang memungkinkan zeolit dapat digunakan sebagai katalis. Karena sifat tersebut, zeolite alam disebut sebagai mineral multi guna yang diaplikasi di bidang pertanian untuk pembenah tanah dan pupuk lepas lambat, perkebunan, peternakan, perikanan, serta bidang lingkungan hidup.

Tujuan penelitian ini adalah: 1) Menginformasikan potensi zeolite sebagai mineral multi fungsi untuk meningkatkan hasil komoditas pertanian, peternakan, hortikultura, perikanan; 2) Mengembangkan teknologi tepat guna untuk implementasi pemanfaatan mineral zeolite; 3) menyadarkan pemerintah untuk berani mengeluarkan kebijakan pemanfaatan mineral zeolite yang dapat memberikan kesejahteraan pada rakyat.

PERANAN ZEOLIT ALAM INDONESIA

Zeolit alam dapat digunakan dalam industry sebagai: imbuhan makanan ternak (*feed additive*), pembenah tanah (*soil conditioner*), pupuk lepas lambat (*slow release fertilizer*), media pengolahan air limbah (*waste water treatment media*), bahan penyerap kotoran kucing (*cat litter*), media penyaring kolam renang (*pool filtration media*), perikanan (*aquacultural uses*), media penyaring air bersih/akuarium (*water/aquarium filtration media*), penyerap limbah radio aktif (*radioactive waste treatment*), pengisi (*fillers*), pemurnian dan pemisahan gas (*gas purification and separation*).

1. Zeolite alam sebagai imbuhan makanan ternak (*feed additive*)

Penggunaan zeolite alam seperti klinoptilolite berukuran 200 mesh pada makanan ternak secara proporsional dapat mereduksi serangan penyakit pada sistem pencernaan binatang dan berpengaruh positif terhadap peningkatan pertumbuhan berat sapi 1.50 kg/ekor/minggu dibandingkan dengan makanan ternak tanpa zeolit. Sedangkan untuk domba dengan pemakaian dosis zeolit 3.00% dari berat konsentrat menghasilkan peningkatan pertumbuhan berat domba 0.399 kg/ekor/minggu.

Dalam bidang peternakan, zeolit digunakan sebagai pelengkap makanan dalam ransum dan zeolit telah terbukti dapat meningkatkan produksi dan memperbaiki lingkungan kandang. Zeolit berperan dalam (1) mencegah dan mengobati penyakit saluran pencernaan seperti diare (Mumpton, 1984), (2) meningkatkan pertumbuhan berat badan (Pollung, 2011), (3) memperbaiki efisien

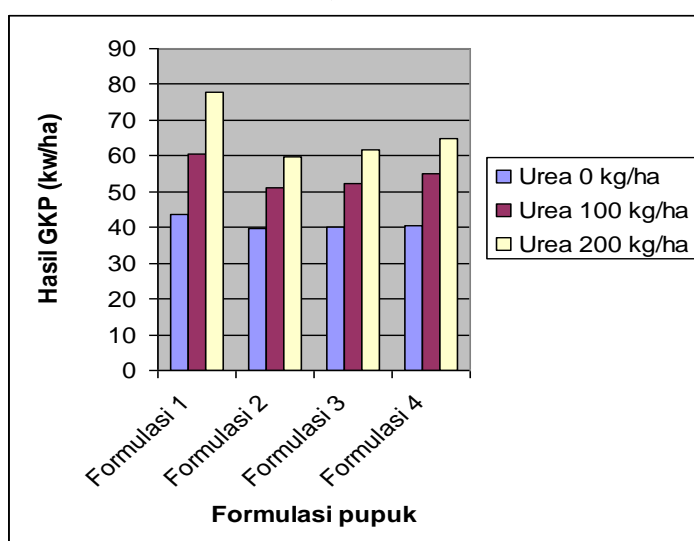
penggunaan makanan, (4) mengurangi bau menusuk dari kotoran (Torri, 1978) dan (5) mencegah berjamurnya ransum saat penyimpanan.

2. Zeolite alam sebagai pembenah tanah

Zeolite sebagai pembenah tanah pada semua jenis tanah pertanian yang diberikan dengan dosis 500 kg/ha per tahun dapat mengurangi residu logam berat (merkuri dan cadmium) yang sudah mencemari tanah pertanian melalui proses penjerapan ke dalam ruang pori zeolite, sehingga logam berat tersebut tidak banyak diserap akar tanaman yang nantinya tertimbun dalam daun dan biji yang dikonsumsi manusia/ternak. Zeolite jika diberikan pada tanah dengan pH < 6.0 seperti jenis tanah Podzolik Merah Kuning yang memiliki kandungan hara rendah, pH tanah masam, KTK (kapasitas tukar kation) tanah rendah dan KTA (kapasitas tukar anion tinggi) tinggi terbukti mengakibatkan pemberian pupuk menjadi tidak efisien (Astiana, 2004). Zeolite alam dapat meningkatkan hasil gabah padi dengan cara memaksimalkan efektifitas pemupukan Penggunaan zeolite-urea-tablet pada tanaman padi pada beberapa daerah di Jawa Barat meningkatkan hasil gabah padi dan efisiensi pupuk nitrogen. Disamping itu, aplikasi 150 – 250 kg zeolite alam/ha untuk padi sawah di Subang, Karawang, dan Sumedang memperbaiki tekstur tanah dan meningkatkan pH tanah, ketersediaan hara N, P, K, Ca, Mg, KTK, sehingga mengakibatkan peningkatan tinggi tanaman, jumlah anakan, hasil gabah padi varietas IR 64 (Bachrein *et al.*, 1997).

3. Pupuk lepas lambat (*slow release fertilizer*)

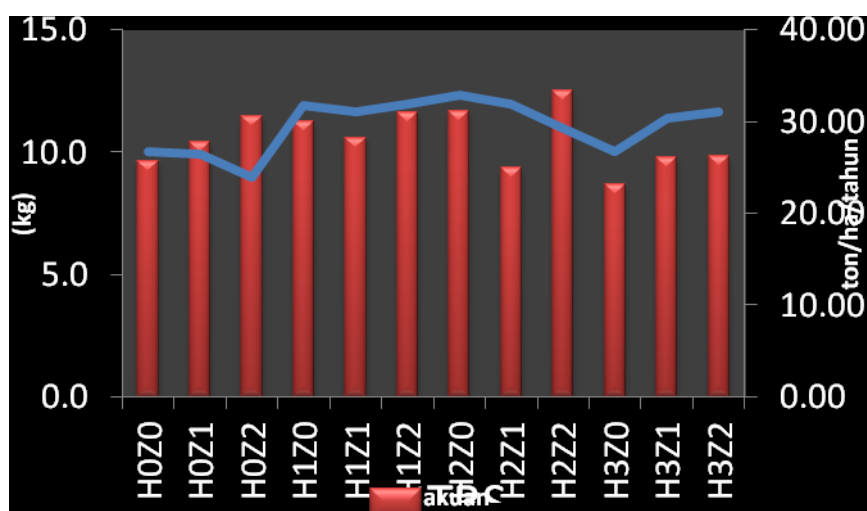
Hasil penelitian pupuk lepas lambat campuran zeolite dengan pupuk Urea sudah didokumentasikan, tapi pemerintah tidak pernah membuat kebijakan untuk mengaplikasikannya. Zeolite klinoptilolite memiliki sifat sebagai pelepas lambat pupuk (*slow realease fertilizer*), sehingga nutrient seperti nitrogen dan kalium yang dijerap sementara pada dinding ruang pori yang bermuatan negatif dari struktur klinoptilolit akan dilepaskan secara bertahap sesuai kebutuhan akar tanaman, sehingga efisiensi pemakaian pupuk ditingkatkan. Dengan demikian dosis pupuk anorganik (Urea, KCl) dapat dikurangi sampai 50%. Pemberian zeolite alam yang dicampur dengan pupuk Urea dan kompos jerami dalam bentuk pupuk lepas lambat terbukti meningkatkan hasil tanaman pangan (Al-Jabri *et al.*, 2013; Gambar 1).



Gambar 1. Rata-rata bobot gabah kering panen dari formulasi pupuk N lepas lambat dari tiga tingkat pupuk urea

Pupuk lepas lambat campuran zeolite dan pupuk Urea sebagai sumber nitrogen (N), dan pada formulasi-1 lebih baik disbanding formulasi-2, formulasi-3, dan formulasi-4. Pupuk N lepas lambat formulasi-1 ditambah kompos jerami sebagai sumber kalium (K^+). Pemberian kompos jerami padi sebagai pupuk organik dan sumber hara K^+ , sehingga kita tidak harus impor pupuk KCl yang harganya mahal. Sedangkan pupuk lepas lambat formulasi-2 dan formulasi-3 zeolit diganti arang biasa dan arang aktif. Sedangkan pupuk N lepas lambat pada formulasi-4 zeolite ditambah asam humus. Pupuk Urea yang dicampur dengan mineral zeolite secara proporsional dapat mengurangi dosis pupuk Urea dan sekaligus menghemat dana karena hara N yang hilang tercuci dan yang menguap ditekan seminimal mungkin yang nilainya diprediksi satu sampai triliun setiap tahunnya.

Zeolite alam tidak hanya digunakan dibidang pertanian, tetapi juga dibidang perkebunan. Suwardi *et al.* (2013) melaporkan bahwa zeolite alam dapat digunakan sebagai carrier asam humus yang terbukti dapat meningkatkan produksi tandan buah segar (TBS) tanaman kelapa sawit sebesar 10 – 30% dibandingkan perlakuan kontrol (Gambar 2).



Gambar 2. Pemberian 200 kg zeolite alam/ha sebagai carrier asam humus dengan dosis 10 liter/ha meningkatkan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit terhadap perlakuan kontrol

4. Media pengolahan air limbah (*waste water treatment media*)

Zeolite berfungsi untuk menurunkan limbah beracun yang sangat berbahaya terhadap lingkungan, sehingga air buangan lebih jernih dan aman untuk dilepaskan pada perairan bebas. Zeolite alam dapat menyerap logam-logam berat seperti Cd, Cu, Pb, dan Zn. Unsur-unsur tersebut dalam tanah dapat meracuni tanaman (Yateman *et al.*, 2013).

5. Bahan penyerap ammonia bebas kotoran hewan

Zeolite alam memiliki kemampuan dalam menyerap ammonia bebas, sehingga bau kotoran yang menyengat pada kandang sapi dan ternak lainnya berkurang. (Yateman *et al.*, 2013).

6. Media penyaring kolam renang (*pool filtration media*)

Sebagai media penyaring air kolam renang, zeolit alam menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan media penyaring pasir dan karbon aktif, sebab dapat

memberikan air yang lebih jernih sehingga biaya pemeliharaan relative lebih murah. Zeolite dengan struktur porinya yang tinggi dapat menangkap kontaminan berbentuk partikel sampai ukuran 4 mikron (Yateman *et al.*, 2013).

7. Perikanan (*aquacultural uses*)

Dalam bidang perikanan, penggunaan zeolite alam dapat menurunkan kandungan ammonium dan hydrogen sulfide dalam kolam ikan/udang yang umumnya berasal dari kotoran ikan/udang dan sisa-sisa makanan yang telah membusuk yang dapat mematikan ikan/udang pada konsentrasi di atas 0.2 ppm (Gambar 3) (Suwardi, 2013). Pemberian zeolite alam di bidang perikanan mengakibatkan laju pertumbuhan dan kepadatan populasi ikan/udang meningkat. Kendala lingkungan lainnya yang tidak kalah pentingnya dalam bidang perikanan adalah berjangkitnya virus myo pada tambak udang. Virus myo pada tambak udang dapat diatasi dengan pemberian acclinop (Soegianto, 2011).



Gambar 3. Budidaya ikan dan udang

8. Media pengolahan air bersih

Sebagai media pengolahan air bersih, zeolite alam dapat menurunkan kandungan ion-ion logam berat (Fe, Mn, Cr, Cu) yang bersifat toksik (Yateman *et al.*, 2013). Penggunaan zeolite alam dapat menurunkan kandungan logam berat dalam air yang konsentrasinya 4.12 ppm Fe dan 0.07 – 0.17 ppm Mn sampai layak minum dengan menggunakan filter yang berisi zeolite alam. Selain itu, penyaring zeolite alam-klinoptilolite dapat memisahkan fitoplankton dan bakteri yang lebih baik dari pada penyaring kuarsa. Zeolite alam tidak hanya memberikan air yang jernih secara visual, tetapi juga menjaga air tetap jernih secara biologi.

9. Penyerap limbah radio aktif (*radioactive waste treatment*)

Sebagai bahan penyerap radioaktif, zeolite alam memiliki kapasitas tukar kation yang tinggi tidak hanya terhadap logam-logam berat, tetapi juga unsur-unsur radioaktif seperti strontium 90, caesium 137 dan isotop radioaktif lainnya dalam larutan, yang menahan unsur-unsur tersebut dalam kerangka kristal yang berdimensi tiga (Yateman *et al.*, 2013).

10. Pengisi (*fillers*)

Sebagai bahan pengisi, zeolite alam digunakan untuk pengisi kertas, industry cat dan plastik (Yateman *et al.*, 2013).

KESIMPULAN

1. Zeolite berpotensi sebagai mineral multi fungsi untuk meningkatkan hasil komoditas pertanian, peternakan, hortikultura, perikanan yang harus didukung dengan kebijakan kementerian terkait (Pertanian, Energi Sumberdaya Mineral, Perdagangan).
2. Keputusan Kementerian Pertanian No. 7/Kpts/Mentan/Bimas/XI/1998 yang menyatakan bahwa mineral zeolite diklasifikasikan menjadi bahan yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan tidak jelas aplikasinya sampai saat ini.
3. Tidak adanya kejelasan tentang kebijakan dari hasil tambang mineral zeolite, maka pengusaha mengeksplor zeolite terutama ke Malaysia.
4. Namun ijin ekspor zeolite terkendala dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 7 tahun 2012 (ESDM No. 7 tahun 2012) yang menjadi malapetaka usaha zeolite.
5. Enam bulan berikutnya sejak dikeluarkan Kepmen ESDM No. 7 tahun 2012, Kementerian Perdagangan mengeluarkan Keputusan No. 3514/KM.4/2012 – 28 Desember 2012 yang mengatur tentang ijin dan penetapan harga ekspor untuk perhitungan bea keluar yang berdampak negative terhadap bisnis zeolite.
6. Pemerintah secepatnya mengeluarkan kebijakan supaya peranan zeolite dioptimalkan untuk kepentingan ketersediaan pangan nasional yang berkualitas bagi kedaulatan bangsa.
7. Para peneliti, pengambil kebijakan, pengusaha duduk bersama untuk merumuskan roadmap yang terkait dengan masalah zeolite di Indonesia khususnya para petani dapat memiliki kesamaan pandang, gerak dan langkah dalam mewujudkan kemanfaatan zeolite bagi kesejahteraan bersama yaitu kesejahteraan bangsa.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jabri, M. 2010. Penggunaan Mineral Zeolite sebagai Pembenh Tanah Pertanian dalam Hubungan dengan Standardisasinya dan Peningkatan Produksi Tanaman Pangan. *Jurnal Zeolit*. 9 (1):1-12.
- Al-Jabri, M., Dyah Setyorini, Asep Nugraha Ardiwinata, dan Suwardi. 2013. Slow Release Nitrogen Fertilizer Formulation on the Intensification Rice Fields. Presented in 8th Indonesian Zeolite Seminar 4-5 June 2013. Institut Teknologi Bandung.
- Anda Lusia. 2009. Desulfurisasi Minyak Solar dengan Menggunakan Zeolite Alam. *Jurnal Zeolit Indonesia* 8 (1): 1-5.
- Arfan Sani. A., Atiek Rostika, N., Diana Rakhmawaty. 2009. Pembuatan Fotokatalis TiO₂-Zeolite Alam Asal Tasikmalaya untuk Fotodegradai Methylene Blue. *Jurnal Zeolite Indonesia* Vol. 8 (1): 6-14.

- M. Al-Jabri dan R. Soegianto: *Teknologi Zeolite untuk Pengembangan Pertanian yang Sangat Menjanjikan*
- Sastiono, A.. 2004. Pemanfaatan Zeolite di Bidang Pertanian. *Jurnal Zeolite Indonesia* Vol. 3 (1): 36-41.
- Bakrie, A.H. 2008. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Anggrek *Dendrobium* (*Dendrobium* sp.) pada Aplikasi Zeolite sebagai Campuran Media Tanam dan Pupuk Pelengkap Cair. *Jurnal Zeolite Indonesia*. 7 (1): 53-60.
- Bachrein, S., Nina S. Dimiyati, dan A. Dimiyati. 1997. Pengkajian Pupuk dan Mineral Zeolite Zeo Agro G. Super pada Tanaman Padi Sawah Tadah Hujan dan Berpengairan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lembang. Badan Litbang Pertanian.
- Dewi Fatimah. 2009. Modifikasi Zeolite Alam Melalui Penanaman Inhibitor Cu dengan Metode Batch sebagai Bahan Baku Obat Antiseptic. *Jurnal Zeolite Indonesia*. 8 (2): 66-75.
- Dyah Irnawati, Purwanto Agustiono, Endi Hanifah Wardhani. 2010. Pengaruh Konsentrasi Cu dalam Cu-Zeolite terhadap Daya Antibakteri pada *Streptococcus Mutans*. *Jurnal Zeolite Indonesia*. 9 (2): 47-53.
- Husaini. 2007. Karakteristik dan Deposit Pembenh Tanah Zeolite di Indonesia. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara Bandung. Dipresentasikan pada Semiloka Pembenh Tanah Menghemat Pupuk, Mendukung Peningkatan Produksi Beras, Dirjen Pengelolaan Lahan dan Air, Deptan. Bekerjasama dengan konsorsium Pembenh Tanah Indonesia pada 5 April 2007 di Jakarta.
- Khaidir, Dwi Setyaningsih, dan Hery Haerudin. 2009. Modifikasi Zeolite Alam sebagai Material Molukular Sieve pada Proses Dehidrasi Bioethanol. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 8 (2): 97-105.
- Lenny Marilyn Estaty. 2010. Rekayasa Mineral Zeolite dengan Teknik Wet Impregnation Logam Inhibitor sebagai Bahan Dasar Antiseptik dengan Metode Alirian Kontinyu. *Jurnal Zeolite Indonesia*. 9 (2): 61-70.
- Mumpton, F. A. 1984. *Flammae et fumus proximi sunt: The role of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. p. 3-27. In W. G. Pond and F. A. Mumpton (ed.) *Zeo-agriculture. Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Westview Press, Boulder, CO.
- Pollung H. Siagian. 2011. Zeolite (Aclinop) dalam Ransum Ayam Broiler dan Litternya untuk Memperbaiki Performa dan Lingkungan. Departemen Produksi dan Teknologi Peternakan. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor.
- Saryati, Supardi, Supandi, S., Rohmad, S. 2010. Penghilangan Logam Berat dalam Larutan dengan Zeolite Alam. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 9 (1): 33-39.
- Setyobudi, B. dan Wagiyana. 2008. Pemanfaatan Zeolite sebagai Bahan Pembuatan Biopestisida Berbahan Aktif Nematoda *Stenernema* spp. Berbentuk Granuler. *Jurnal Zeolit Indonesia*. 7 (2): 108-112.
- Soegianto. 2011. Aclinop Penumpas Virus Myo di Tambak Udang. Makalah disajikan pada Seminar Ikatan Zeolite Indonesia ke 7, 17-18 Oktober 2011. Institut Teknologi Surabaya.
- Sunardi, Yateman Arryanto, Sutarno. 2009. Adsorption of Gibberellic Acid onto Natural Kaolin from Tatakan, South Kalimantan. *Indonesian Journal of Chemistry*. Vol. 9 (3): 373-379.
- Suwardi. 2009. Application of zeolite as carrier of humic acid for improvement of crop production. *Journal of Indonesian Zeolit*. 8 (1): 1-6.

M. Al-Jabri dan R. Soegianto: Teknologi Zeolite untuk Pengembangan Pertanian yang Sangat Menjanjikan

Suwardi, Denise Furi Pratiwi, Maulana Wijaya, Dyah T. Suryaningtyas, dan Herman Widjaya. 2013. Utilization of Indonesian Natural Zeolite for Carrier of Humic Acid. Presented in 8th Indonesian Zeolite Seminar 4-5 June 2013. ITB.

Torii, K. 1978. Utilization of natural zeolites in Japan. p. 441 – 450. *In* L. B. Sand and F. A. Mumpton (ed) Natural zeolites: Occurrence, properties, use. Pergamon Press Inc., Elmsford. NY.

Yateman Arryanto, Suwardi, Husaini, Toha Affandi, Siti Amini, M. Al-Jabri, Pollung Siagian, Dyah Setyorini, Arif Rahaman, dan Yuni Pujiastuti. 2012. Zeolite dan Masa Depan Bangsa. Road Map “Revitalisasi Peranan Zeolit Alam dalam Ketahanan Pangan dan Kedaulatan Bangsa. Ikatan Zeolit Indonesia (IZI). ISBN 602-98165-6-x.