

Zeolit Alam Cikancra Tasikmalaya : Media Penyimpan Ion Amonium dari Pupuk Amonium Sulfat

Lenny M.E

Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI

ABSTRAK: Pupuk nitrogen adalah salah satu jenis pupuk yang dibutuhkan untuk kesuburan tanah dan penting bagi tanaman, jenis pupuk ini mudah larut dan ion-ionnya tidak diikat oleh kompleks tanah liat, sehingga mudah mengalami pencucian (air hujan), menguap ke udara atau berubah ke bentuk lain yang tidak dapat digunakan tanaman. Untuk meningkatkan efisiensi pupuk N, kehilangan N harus ditekan seminimal mungkin. Di lain pihak diketahui bahwa mineral zeolit alam mempunyai kemampuan sebagai penyerap dan penukar kation diantaranya ion amonium. Untuk hal-hal tersebut telah dilakukan penelitian untuk melihat sejauh mana zeolit alam asal Cikancra, Tasikmalaya dapat menyimpan ion amonium dari pupuk amonium sulfat. Sehingga dapat diketahui berapa banyak zeolit yang harus ditambahkan pada tanaman bila akan dilakukan pemupukan oleh amonium sulfat. Zeolit alam yang akan dipakai sebelumnya dipilih yang mempunyai nilai KTK yang tertinggi baik dari ukuran besar butir maupun dari beberapa cara aktifasi. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil bahwa KTK zeolit yang tertinggi didapat melalui aktifasi fisis dengan pemanasan 105° C sebesar 150,92 mek/100gr pada ukuran zeolit -20 + 48 mesh. Kapasitas tukar kation optimum dari zeolit alam terhadap pupuk amonium sulfat sebesar 146.11 mek/100g pada konsentrasi larutan (NH₄)₂SO₄ 0.2 N, sehingga banyaknya pupuk amonium sulfat (ZA) yang dapat disimpan dalam 100 gr zeolit diketahui sebanyak 19.306 gr.

PENDAHULUAN

Merosotnya kualitas kesuburan tanah, beralihnya fungsi lahan dari pertanian ke non pertanian, dan terus meningkatnya jumlah penduduk merupakan masalah serius yang dihadapi bangsa Indonesia dalam kaitan penyediaan pangan, ditambah dengan semakin meningkatnya harga pupuk sehingga tidak terjangkau pembeliannya. Salah satu kunci untuk mengatasi masalah tersebut adalah peningkatan produksi pangan melalui teknologi pupuk.

Salah satu jenis pupuk yang dibutuhkan untuk kesuburan tanah dan penting bagi tanaman adalah pupuk Nitrogen dalam bentuk nitrat dan amonium. Unsur ini menjadi kunci untuk keberhasilan dalam produksi pangan. Jenis pupuk ini mudah larut, sehingga mudah mengalami pencucian oleh air hujan, mudah menguap ke udara atau berubah ke bentuk lain yang tidak dapat digunakan tanaman.

Untuk meningkatkan efisiensi pupuk N, kehilangan pupuk harus ditekan seminimal mungkin.

Zeolit merupakan mineral dari golongan alumina silikat yang mempunyai struktur kerangka dengan rongga di dalamnya terisi oleh ion-ion logam alkali atau alkali tanah yang dapat dipertukarkan. Tingginya kapasitas tukar kation serta selektifitas adsorpsi terhadap ion amonium oleh zeolit, diharapkan mineral ini mampu mengikat dan menyimpan ion amonium serta mengatur pelepasan ion tersebut secara lebih lambat dan bertahap, sehingga kehilangan N dapat ditekan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kemampuan mineral zeolit alam dari Cikancra, Tasikmalaya dalam kapasitasnya sebagai penukar ion dapat menyimpan ion amonium dari pupuk amonium sulfat, sehingga diketahui berapa banyak zeolit alam yang akan ditambahkan

pada tanah untuk pemupukan yang menggunakan pupuk amonium sulfat.

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan mineraloginya, zeolit termasuk senyawa tektosilikat, berbentuk kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung muatan positif dari ion-ion logam alkali dan alkali tanah dalam kerangka kristal tiga dimensi. Zeolit mempunyai kerangka sangat terbuka yang dicirikan oleh jaringan rongga-rongga atau pori yang terdapat dalam celah-celah kristalnya. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

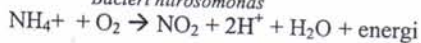
Sifat dari adsorpsi dan penukar kation dari zeolit banyak dipergunakan dalam bidang pertanian.

Pemanfaatan zeolit berdasarkan kapasitas pertukaran kation dan retensivitas terhadap air yang tinggi, zeolit sekarang ini telah banyak digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, terutama tanah yang mengandung pasir (kandungan lempung sedikit) dan tanah podzolik dimana fungsi zeolit disini adalah sebagai bahan pemantap tanah (*soil conditioner*), sebagai pembawa pupuk (*fertilizer carrier*), pengontrol pelepasan ion NH_4^+ dan K^+ (*Slow release fertilizer*), dan sebagai pengontrol cadangan air.

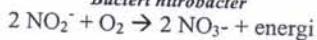
Dalam penggunaan zeolit sebagai pemantap tanah, masalah penting yang harus diketahui adalah jenis kation dominan yang terkandung dalam zeolit. Zeolit dengan kandungan ion Na^+ yang tidak lebih tinggi daripada kation yang dapat dipertukarkan akan memberikan hasil (panen) yang baik. Namun bila ion Na^+ berlebihan akan menyebabkan banyak ion ini masuk ke dalam tanah, sehingga dapat menimbulkan keracunan dan hambatan dalam proses osmosa pada tanaman. Sebaliknya zeolit dengan kandungan ion K^+ yang tinggi akan mempersulit terjadinya proses pertukaran kation dan NH_4^+ , sehingga zeolit jenis ini tidak cocok untuk pertanian. Oleh karena itu, zeolit jenis klinoptilolit lebih umum digunakan karena kandungan ion Na^+ lebih tinggi dibandingkan ion K^+ .

Penahanan ion NH_4^+ , dalam struktur kristal zeolit dapat mencegah proses oksidasi ion NH_4^+ menjadi ion NO_3^- oleh *nutrifrying bacteria* yang dinamakan proses nitrifikasi, dimana ion amonium (NH_4^+) dalam tanah dioksidasi menjadi ion nitrit (NO_2^-) oleh *bacteri nitrosomonas* kemudian diubah menjadi ion nitrat (NO_3^-) dengan reaksi sebagai berikut :

Bacteri nitrosomonas



Bacteri nitrobacter



Selain itu keadaan ini dapat juga mengontrol pemakaian pupuk jenis ammonium secara berlebihan dan meningkatkan efisiensi pemakaian unsure Na, karena dapat mengurangi penguapan dan pencucian (leaching) oleh air hujan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Zeolit alam yang dipergunakan diambil dari desa Cikanra, Tasikmalaya. Pupuk N yang dipergunakan adalah pupuk amonium sulfat.

Prosedur Penelitian

Preparasi zeolit

Zeolit alam yang akan dipergunakan di preparasi terlebih dahulu dengan pengecilan ukuran melalui beberapa tingkatan, yaitu mulai dari peremukan (*crushing*), penggerusan (*grinding*), sampai dengan pengayakan (*sieving*). Tujuan dari tahapan ini adalah untuk memperoleh ukuran besar butir zeolit yang diperlukan -7 + 10 mesh dan -20 + 48 mesh.

Karakterisasi zeolit

Untuk mengetahui mutu zeolit alam perlu dilakukan karakterisasi yang meliputi analisa XRD (X-Ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy), analisis komposisi kimia dan analisis kapasitas tukar kation (KTK).

Aktifasi

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat beberapa cara untuk mengaktifasi zeolit antara lain dengan pemanasan, penambahan asam sulfat dan natrium hidroksida. Akibat dari perlakuan tersebut diperkirakan dapat merubah besarnya kapasitas tukar kation zeolit.

Aktivasi fisis zeolit melalui pemanasan pada suhu 105°C , sebanyak 50 gr zeolit dengan ukuran -7 + 10 mesh dan -20 + 48 mesh dipanaskan pada temperatur 105°C selama 6 jam. Kemudian ditentukan nilai kapasitas tukar kationnya.

Aktifasi kimia zeolit dengan penambahan asam sulfat 0.3 N, sebanyak 50 gr zeolit dengan ukuran -7 + 10 mesh dan -20 + 48 mesh masing-masing dimasukkan ke dalam beaker glass 1000 ml, ditambahkan asam sulfat 0.3 N 500 ml. Kemudian dikocok pada kecepatan 350 rpm, selama 4 jam menggunakan magnetik stirer, selama 4 jam menggunakan magnetik stirer. Kemudian disaring dan dicuci sampai bebas sulfat dan dikeringkan pada temperatur 105°C . Kemudian ditentukan nilai kapasitas tukar kationnya.

Aktifasi kimia zeolit dengan penambahan natrium hidroksida 0.5 N, sebanyak 50 gr zeolit dengan

ukuran -7 +10 mesh dan -20 +48 mesh masing-masing dimasukkan ke dalam beaker glass 1000 ml, ditambahkan asam sulfat 0.5 N 500 ml. Kemudian dikocok pada kecepatan 350 rpm, selama 4 jam menggunakan magnetik stirer. Kemudian disaring dan dicuci sampai bebas basa dan dikeringkan pada temperatur 105°C. Kemudian ditentukan nilai kapasitas tukar kationnya.

Penentuan kapasitas tukar kation zeolit terhadap pupuk amonium sulfat (ZA)

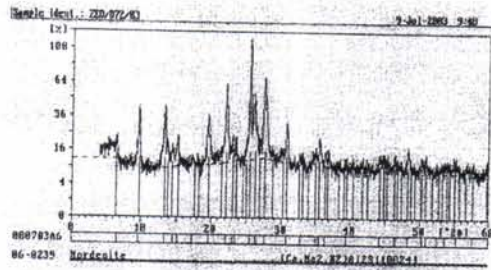
Kolom penukar ion diisi dengan zeolit (hasil aktivasi optimum yaitu dengan pemanasan pada temperatur 105°C) sebanyak 0.5 gr. Pembuatan larutan amonium sulfat dari konsentrasi minimal (nilai KTK) kemudian konsentrasi dinaikkan secara bertahap yaitu 0.15, 0.20, 0.30 N, untuk mengetahui nilai KTK zeolit tersebut terhadap pupuk amonium sulfat. Sebanyak 100 ml larutan tersebut masing-masing dialirkan ke dalam kolom, kemudian dilakukan pencucian dengan alkohol. Selanjutnya dialirkan sebanyak 100 ml larutan kalium klorida 10%. Jumlah amonium yang tertampung ditentukan secara spektrofotometri sinar tampak setelah diwarnai oleh reagen Nessler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi mineral zeolit diidentifikasi dengan X-Ray Diffraction (XRD), dapat dilihat pada Gambar 1. Disini terlihat ada dua buah grup puncak yang berbeda memperlihatkan bahwa contoh tersebut terdiri dari mordenit dan klinoptilolit sedangkan kwarsa dan montmorilonit sebagai impuritis. Mordenit dan klinoptilolit adalah jenis zeolit terbesar yang ditentukan di Indonesia sampai saat ini.

Analisis mineral zeolit dengan mineral dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) dimaksudkan untuk mengetahui lebih jelas identitas mineral zeolit, sehingga dengan cara ini dapat dilihat jenis, ukuran dan bentuk sistem kristalnya untuk menentukan jenis mineral. Berdasarkan hasil analisis SEM (Gambar 2), terlihat bahwa zeolit tersebut terdiri mordenit dan klinoptilolit, hal ini sesuai dengan hasil analisis XRD. Mineral mordenit dan klinoptilolit dapat dibedakan dari bentuk dan sistem kristal, ukuran kristal, tekstur dan struktur mikro yang memberikan gambaran yang berbeda, mordenit berbentuk serabut sedangkan klinoptilolit berbentuk balok.

Berdasarkan hasil penentuan komposisi kimia zeolit menggunakan analisis kuantitatif dengan AAS, gravimetri dan volumetri, dapat terlihat bahwa alumina (Al₂O₃) dan silikat (SiO₂) merupakan



Gambar 1. Diffraktogram Zeolit Cikancra, Tasikmalaya

komponen utama pembentuk mineral zeolit Cikancra, Tasikmalaya.

Dari hasil analisis terhadap zeolit tersebut menunjukkan terdapat kandungan silika yang sangat tinggi mencapai rata-rata 71.48%, sedangkan kandungan alumina menunjukkan jumlah presentasi rata-rata 10.60% sehingga perbandingannya mencapai 6.74. Perbandingan Si/Al ini dalam zeolit menentukan kerapatan muatan di dalam kristal. Jika perbandingan Si/Al besar maka struktur zeolit ini mempunyai kerapatan muatan yang tinggi, kestabilan terhadap panas relatif tinggi (800-1000°C), molekulnya polar, kemampuan untuk mengikat molekul besar dengan kata lain zeolit yang memiliki perbandingan Si/Al nya tinggi akan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi.



Gambar 2. Foto SEM Zeolit Alam

Tabel 1. Hasil Analisis Komposisi Kimia Zeolit Alam

NO.	KOMPOSISI	KADAR (%)
1.	SiO ₂	71.48
2.	Al ₂ O ₃	10.60
3.	Fe ₂ O ₃	0.982
4.	MnO	0.003
5.	TiO ₂	0.178
6.	P ₂ O ₅	0.095
7.	CaO	0.139

8.	MgO	0.154
9.	Na ₂ O	1.510
10.	K ₂ O	1.118
11.	LOI	14.80
12.	H ₂ O-	3.893
13.	H ₂ O+	6.337

Kandungan unsur lainnya yang penting adalah unsur natrium oksida dimana dari hasil analisis kimia menunjukkan kandungan yang sangat tinggi mencapai rata-rata 1.51 % dibandingkan kalium oksida yang mempunyai nilai rata-rata 0.139 % dan 1.118 %.

Berdasarkan hasil analisis diatas, kation yang paling dominan adalah natrium, hal ini mengindikasikan bahwa mineral zeolit tersebut termasuk ke dalam jenis mineral mordenit dan klinoptilolit, melihat harga Na yang cenderung lebih tinggi serta kandungan K yang lebih besar dan mendominasi dibandingkan dengan kalium oksida maka mordenit diperkirakan lebih dominan penyebarannya.

Tabel 2. Hasil Penentuan KTK Zeolit Sebelum dan Sesudah Aktivasi

No.	Aktivasi Zeolit	Kapasitas Tukar Kation (mek/100 g)	
		-7 +10 mesh	-20 +48 mesh
1.	Zeolit sebelum aktivasi	138.18	142.32
2.	Pemanasan pada suhu 105°C	144.96	150.92
3.	Penambahan H ₂ SO ₄ 0.3 N	142.29	144.03
4.	Penambahan NaOH 0.5 N	139.51	144.83

Pemanasan pada suhu 105 °C akan menyebabkan air yang terkandung dalam zeolit menguap, karena molekul-molekul air yang terdapat dalam pori zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Dehidrasi molekul-molekul ini akan membentuk rongga-rongga dan saluran yang siap mengadsorpsi pada permukaan dari ruang yang telah terhidrasi, karena terjadinya dehidrasi mengakibatkan membukanya pori-pori atau saluran pada kristal, sehingga mempertinggi aktivitas zeolit. Hal ini mengakibatkan kapasitas tukar kation menjadi lebih tinggi, yaitu sebesar 145.33 mek/100 gr pada ukuran butir -7 +10 mesh dan 150 mek/100 gr pada ukuran butir -20 +48 mesh jika dibandingkan zeolit tanpa pemanasan.

Aktifasi zeolit dengan asam, dalam hal ini yaitu H₂SO₄ maupun basa bertujuan untuk melarutkan unsur-unsur pengotor yang ada pada zeolit sehingga permukaan pori-pori zeolit menjadi bersih. Proses pengaktifan ini akan melarutkan beberapa logam

seperti Na⁺, Mg²⁺ yang menutupi sebagian rongga pori dan menggantikannya dengan H⁺ dalam ruang intramellar, sehingga menjadikan zeolit lebih porous dan permukaannya lebih aktif.

Aktifasi dengan penambahan basa natrium hidroksida, akan mengakibatkan kandungan Na⁺ dari zeolit menjadi lebih besar karena logam-logam alkali atau alkali tanah yang terdapat dalam zeolit tertukar oleh ion Na⁺.

Berdasarkan penentuan aktivasi zeolit melalui pengujian aktivasi fisis dengan pemanasan pada suhu 105 °C maupun aktivasi kimia dengan penambahan asam sulfat 0.3 N juga natrium hidroksida 0.5 N, diperoleh kapasitas tukar kation zeolit secara optimum dengan pemanasan 105°C sebesar 150.92 mek/100gr,

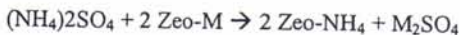
Tabel 3. Hasil Analisis KTK Zeolit Terhadap Amonium dari Pupuk Amonium Sulfat (ZA)

Konsentrasi (NH ₄) ₂ SO ₄ (N)	Kapasitas Tukar Kation (mek/100gr)
0.15	122.33
0.20	146.11
0.20	146.11

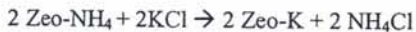
Berdasarkan hasil penentuan kapasitas tukar kation zeolit terhadap pupuk amonium sulfat, dapat terlihat bahwa kapasitas tukar kation optimum terdapat tercapai pada harga 146.11 mek/100gr, sedangkan pada konsentrasi 0.20 N mengalami kenaikan sebesar 146.11 mek/100gr dan hal yang sama terjadi pada konsentrasi amonium sulfat 0.30 N, sehingga terlihat bahwa kapasitas tukar kation maksimal pupuk amonium dicapai pada konsentrasi 0.20 N, yang mengalami titik jenuh dengan harga konstan pada konsentrasi berikutnya yaitu 0.30 N. Hal ini disebabkan karena zeolit sudah berada dalam keadaan jenuh, yang menyebabkan zeolit sudah tidak dapat mempertukarkan ataupun mengadsorpsi suatu ion. Dimana pertukaran ion terjadi akibat ketidakseimbangan muatan listrik dalam zeolit. Pertukaran ion akan berhenti jika daya dorong potensial kimia di bulk larutan dan di dalam pori telah mencapai harga yang sama.

Dalam analisis ini, dilakukan pengukuran kapasitas tukar kation mineral zeolit terhadap ion amonium, dimana pengukuran kapasitas tukar kation ini meliputi jumlah maksimal kation yang dapat dipertukarkan dalam satuan berat ekuivalen per satuan berat zeolit. Proses pertukaran ion ini dilakukan dengan menggunakan larutan amonium sulfat, dimana akan terjadi reaksi pertukaran antara kation-kation yang terdapat dalam mineral zeolit dengan kation-kation dari larutan elektrolit itu sendiri, dalam hal ini ion NH₄⁺ ini menggantikan ion-ion logam yang terikat dalam zeolit. Reaksi yang terjadi antara kation-kation yang terdapat dalam zeolit

dengan ion NH_4^+ yang terdapat dalam larutan dapat diilustrasikan dengan persamaan berikut :



Selanjutnya, dilakukan penambahan larutan kalium klorida 10 % dengan reaksi yang terjadi selama proses ini, yaitu :



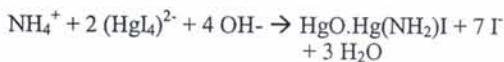
Berdasarkan reaksi diatas, terjadi pergantian ion NH_4^+ yang terikat pada zeolit oleh ion K^+ . Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan interaksi antara kation-kation yang dipertukarkan, yang akan menyebabkan suatu kompetisi antar kation tersebut. Ion K^+ hampir dengan sempurna dapat dipertukarkan dengan ion NH_4^+ , dimana menurut deret selektivitas pertukaran ion yang dinyatakan oleh Breck dan Ames, adalah :



Dimana, urutan keselektifan ini berlangsung pada jenis zeolit dan jenis kation yang diserap. Jenis zeolit berpengaruh karena perbedaan struktur dan ukuran pori (rongga) yang terbentuk. Penentuan keselektifan jenis kation berdasarkan pendekatan daya elektrostatik menyatakan bahwa kemampuan teradsorpsinya suatu kation akan meningkat dengan penurunan jari-jari atom atau ion tersebut.

Ditinjau dari ukuran, maka ion K^+ yang memiliki ukuran 1.33 Å memegang peranan untuk distorsi pada kisi kristal zeolit dengan energi kisi yang lebih kecil dibandingkan ion NH_4^+ yang memiliki ukuran 1.43 Å. Dimana mordenit ini memiliki rongga 2.9 Å sehingga K^+ yang memiliki ukuran lebih kecil akan terperangkap masuk ke dalam zeolit untuk mengisi rongga-rongga zeolit.

Terjadinya pergantian ion NH_4^+ yang terikat pada zeolit oleh ion K^+ menunjukkan jumlah amonium yang tertampung, yang akan ditentukan secara spektrofotometri sinar tampak setelah diwarnai reagen Nessler yang memberikan warna kuning kecoklatan (dihasilkan sesuai dengan jumlah ion amonium yang terikat dalam zeolit) dengan reaksi sebagai berikut :



Dengan kemampuan tukar kation zeolit terhadap pupuk amonium sulfat sebesar 146.11 mek/100 gr akan memberikan manfaat dalam meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk, sehingga dapat mengontrol pelepasan ion amonium yang diperlukan dalam tanaman. Nilai KTK sebesar 146.11 berarti

banyaknya pupuk amonium sulfat yang diserap yaitu 19.306 gr per 100 gr zeolit.

Dengan hal ini tersebut diatas kita dapat mengetahui berapa banyak jumlah zeolit yang akan diberikan kedalam tanah, bila akan dilakukan suatu pemupukkan dengan amonium sulfat

KESIMPULAN

Zeolit alam Cikancra, Tasikmalaya mengandung jenis mineral mordenit dan klinoptilolit dengan kandungan mordenit yang lebih dominan. Komponen utama berupa silika dan alumina dengan perbandingan sebesar 6.74 dan termasuk ke dalam golongan Si sedang. Kapasitas tukar kation (KTK) optimum zeolit sebesar 150.92 mek/100gr pada ukuran -20 + 48 mesh dicapai melalui aktivasi fisis dengan pemanasan pada suhu 105°C. Kapasitas tukar kation (KTK) optimum zeolit terhadap ion amonium dari pupuk amonium sulfat sebesar 146.11 mek/100 gr pada konsentrasi larutan amonium sulfat 0.2 N. Kapasitas tukar kation (KTK) zeolit terhadap ion amonium dari pupuk amonium sulfat yang dapat diserap yaitu 19.306 gram/ 100 gr zeolit.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrer, R.M. 1978. *Zeolit and Clay Mineral as Sorbent and Molecular Sieves*. London : Academic Press.
- Breck, D.W. 1974. *Zeolite Molecular Sieves*, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Clifton, R.A. 1980. *Natural and Synthetic Zeolites*. United States Department of The Interior.
- Harun, M.S. 1999. *Genesa Zeolit Daerah Cikancra, Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat*. Bandung : Departemen Pertambangan dan Energi Direktorat Jendral Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Teknologi Mineral.
- Lingga, P., Marsono. 2000. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*, Jakarta : Penerbit Swadaya.
- Ribeoro, R., A.E and Naccache. 1980. *Zeolite : Science and Technology*. NATO ASI Series.
- Rosmarkam, A., Yuwono, N.W. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*, Yogyakarta : Penerbit Kanisius.