

Jerapan dan Pengaruh Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} terhadap Ketersediaan K pada Tanah-tanah yang Didominasi Mineral Liat Smektit

Dedi Nursyamsi¹, Komaruddin Idris², Supiandi Sabiham², Djunaedi Abdul Rachim², dan Agus Sofyan³

Makalah diterima 10 April 2008 / disetujui 25 September 2008

ABSTRACT

Sorption and Effect of Na^+ , NH_4^+ , and Fe^{3+} on Soil Available K at Smectitic Soils (D. Nursyamsi, K. Idris, S. Sabiham, D. A. Rachim, and A. Sofyan): Total content of potassium in smectitic soils is commonly high, however its availability for plant growth is frequently problem because it is fixed at interlayer space of 2:1 type of clay mineral. The research was aimed to study the sorption and effect of Na^+ , NH_4^+ , and Fe^{3+} on soil available K at smectitic soils. It was conducted in Laboratory of Research and Soil Test, Indonesian Soil Research Institute by using four of soil samples taken from Bogor (Typic Hapludalfs), Cilacap (Chromic Endoaquerts), Ngawi (Typic Endoaquerts), and Blora (Typic Hapludalfs). Incubation experiment used Randomized Completely Block Design, 4 treatments, and 5 replications. The treatment consisted of without cation, application of Na^+ , NH_4^+ , and Fe^{3+} from NaCl , NH_4Cl , and FeCl_3 respectively at 50% of maximum adsorption level. The results showed that soil sorption, buffering capacity, and maximum sorption of Fe^{3+} were higher than NH_4^+ and Na^+ , while the variables of NH_4^+ were similar with those of Na^+ . Among the treatments, bond energy constant was in order of $\text{Na}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{NH}_4^+$ at Alfisols and it was in order of $\text{Fe}^{3+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+$ at Vertisols. Among the soils, the soil sorption, buffering capacity, and maximum sorption were in order of Vertisols > Alfisols. The application of Na^+ significantly increased soil soluble-K at Chromic Endoaquerts and Typic Endoaquerts; NH_4^+ significantly increased soil exchangeable K at Typic Hapludalfs, Chromic Endoaquerts, and Typic Endoaquerts; while Fe^{3+} significantly increased both variables in all tested soils.

Keywords: Available K, Fe^{3+} , Na^+ , NH_4^+ , smectitic soils, sorption

PENDAHULUAN

Tanah-tanah yang mengandung mineral liat smektit mempunyai prospek yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian tanaman pangan jika dibarengi dengan pengelolaan tanaman dan tanah yang tepat. Tanah yang mengandung mineral liat smektit umumnya terdapat pada order Vertisol dan order lain bersubgrup vertik.

Tanah-tanah tersebut memiliki sifat vertik, yaitu diantaranya mempunyai bidang kilir atau ped berbentuk baji, kadar liat > 30% dalam fraksi tanah halus, dan terdapat rekahan terbuka dan tertutup secara periodik. Tanah dengan mineral liat smektit dominan tetapi berada di bawah iklim yang selalu

lembab (musim kering tidak nyata) tidak selalu menunjukkan sifat vertik tersebut kecuali kadar liat.

Penyebaran tanah-tanah tersebut di Indonesia cukup luas, yaitu diperkirakan lebih dari 2,12 juta ha (Vertisol sekitar 2,12 juta ditambah sebagian Inceptisol dan Alfisol) yang tersebar di wilayah Jawa (Jabar, Jateng, dan Jatim), Sulawesi (Sulsel, Sulteng, dan Gorontalo), dan Nusa Tenggara (Lombok) (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 2000). Tanah ini termasuk tanah pertanian utama di Indonesia dan umumnya dimanfaatkan untuk padi sawah irigasi dan tadah hujan, palawija, kebun campuran, tebu, tembakau, kapas, kelapa dan hortikultura lainnya seperti mangga (Subagyo *et al.*, 2000).

¹Balai Penelitian Tanah, Jl. Ir. H. Juanda 98 Bogor 16123, dd Nursyamsi@telkom.net

²PS Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, komaridris@yahoo.com, darachim@yahoo.com, pertaipb@bogor.indo.net.id

³Ditjen Pengelolaan Lahan dan Air, Deptan, Jl. Margasatwa No. 3, Pasarminggu, Jakarta Selatan, fadhliyafas@gmail.com.

J. Tanah Trop., Vol. 14, No. 1, 2009: 33-40

ISSN 0852-257X

Kadar K potensial tanah ini umumnya tinggi tetapi K aktualnya sering rendah sehingga tanaman mengalami kekahatan. Hal ini disebabkan karena K difiksasi oleh mineral liat tipe 2:1, seperti dari golongan smektit (Borchardt, 1989) yang dominan di tanah tersebut. Ghousikar dan Kendre (1987) mengemukakan bahwa tanah-tanah tersebut mempunyai kapasitas fiksasi K (*K-fixing capacity*) dan daya sangga terhadap K (PBC^{K}) yang sangat tinggi. Dengan demikian maka perlu dilakukan berbagai upaya untuk mengatasi fiksasi K tanah sehingga jumlah bentuk K cepat tersedia meningkat bagi tanaman.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa asam organik dan sejumlah kation (amonium, natrium, dan lain-lain) mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan ketersediaan K tanah. Asam oksalat dan sitrat dapat melepaskan K tidak dapat dipertukarkan (K_{td}) menjadi K dapat dipertukarkan (K_{dd}) dan K larut (K_1) pada tanah-tanah yang berbatu kapur, dimana asam oksalat mempunyai efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam sitrat (Zhu dan Luo, 1993). Sejumlah kation dapat membebaskan K yang terfiksasi pada tanah-tanah yang banyak mengandung mineral liat tipe 2:1. Kation tersebut antara lain: Na^+ (Ismail, 1997), NH_4^+ (Kilic *et al.*, 1999; Evangelou dan Lumbanraja, 2002), dan Fe^{3+} . Kation Fe berpotensi untuk membebaskan K terfiksasi karena berdasarkan deret liotropik kation tersebut mempunyai jerapan yang lebih tinggi daripada kation K (Havlin *et al.*, 1999).

Kemampuan ketiga kation tersebut dalam membebaskan K terfiksasi selain tergantung kemampuan meningkatkan jarak basal smektit juga dipengaruhi oleh kekuatan ketiga kation tersebut mendekati K yang berada di ruang antar lapisan mineral liat. Faktor yang terakhir dipengaruhi oleh konsentrasi kation karena kation yang mempunyai konsentrasi tinggi dapat mendekati kation terjerap yang berkonsentrasi lebih rendah. Selain konsentrasi ion, tingkat jerapan koloid tanah juga berpengaruh terhadap kekuatan kation dalam melepaskan K yang terfiksasi karena kation yang memiliki jerapan tinggi dapat mengusir kation yang jerapannya lebih rendah pada kompleks jerapan koloid tanah.

Untuk memanfaatkan kation dalam meningkatkan ketersediaan K tanah maka perlu dipelajari terlebih dahulu karakteristik jerapan kation tersebut di dalam tanah. Jerapan tanah (jerapan maksimum, konstanta energi ikatan, dan daya sangga) terhadap kation tergantung valensi kation yang

bersangkutan karena semakin tinggi valensi kation semakin tinggi pula jerapannya. Dengan demikian maka Fe^{3+} berpeluang memiliki jerapan yang lebih tinggi dibandingkan K^+ . Untuk kation yang bervalensi sama, seperti Na^+ , NH_4^+ , dan K^+ , maka besarnya jerapan mengikuti deret liotropik (Tan, 1998; Havlin *et al.*, 1999).

Bertitik tolak dari uraian di atas penelitian ini bertujuan untuk mempelajari jerapan Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} dan pengaruh ketiga kation tersebut terhadap ketersediaan K pada tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Uji Tanah, Balai Penelitian Tanah Bogor dengan menggunakan empat contoh tanah bulk yang diambil dari Bogor (Hapludalf Tipik), Cilacap (Endoaquert Kromik), Ngawi (Endoaquert Tipik), dan Blora (Haplustalf Tipik). Pengambilan contoh tanah bulk mempertimbangkan: bahan induk tanah, iklim, kadar K_{dd} dan mineral liat smektit tanah. Hapludalf Tipik, berasal dari bahan induk batu kapur dan zone agroklimat B1, Endoaquert Kromik dari sedimen liat berkapur dan zone agroklimat B1, Endoaquert Tipik dari sedimen liat berkapur dan zone agroklimat C3, dan Haplustalf Tipik dari batu kapur dan zone agroklimat C2. Kadar K_{dd} tanah-tanah tersebut berkisar antara rendah (Hapludalf Tipik) hingga tinggi (Endoaquert Kromik), sedangkan mineral liat yang dominan di keempat tanah tersebut adalah smektit. Karakteristik tanah lebih rinci telah dilaporkan oleh Nursyamsi *et al.* (2007). Selanjutnya penelitian dilaksanakan melalui tiga rangkaian kegiatan yang diuraikan sebagai berikut.

Penetapan Jerapan Kation

Jerapan Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} ditetapkan dengan prosedur Fox dan Kamprath (1970), tapi sistem pengocokannya mengikuti prosedur Widjaja Adhi *et al.* (1990). Prosedur penetapan masing-masing kurva jerapan adalah sebagai berikut:

(1) Dua g masing-masing contoh tanah dimasukkan ke dalam botol plastik, lalu masing-masing ditambahi 20 ml larutan NaCl , NH_4Cl , dan FeCl_3 yang mengandung 0, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350 dan 400 mg kg^{-1} Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} dalam pelarut 0,001 M CaCl_2 . Kemudian 2 tetes toluen ditambahkan untuk menghambat aktivitas mikro organisme yang dapat memanfaatkan unsur hara.

Tabel 1. Takaran kation Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺ pada tiap jenis Tanah.

Kation	Senyawa	Hapludalf	Endoaquert	Endoaquert	Haplustalf
		Tipik	Kromik	Tipik	Tipik
	 mg kg ⁻¹			
Na ⁺	NaCl	59	68	82	60
NH ₄ ⁺	NH ₄ Cl	65	104	96	85
Fe ³⁺	FeCl ₃	5.000	5.000	5.555	5.000

(2) Ekstrak contoh dikocok 2 kali sehari masing-masing 30 menit pagi dan sore hari dengan selang waktu 6 - 8 jam selama 6 hari berturut-turut.

(3) Setelah 12 kali pengocokan (6 hari), suspensi disaring dan konsentrasi masing-masing Na⁺ dan Fe³⁺ dalam filtrat diukur dengan *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS) sedangkan NH₄⁺ dengan spektrofotometer. Selanjutnya kurva yang menghubungkan jumlah kation yang terdapat di dalam larutan dengan jumlah kation yang dijerap dibuat berdasarkan data hasil pengukuran. Hubungan tersebut kemudian dianalisis regresinya dengan menggunakan model persamaan keseimbangan Langmuir yang dilinierkan (Syiers *et al.*, 1973). Model tersebut adalah: $C/(x/m) = 1/(kb) + (1/b)C$, dimana: x/m = jumlah kation yang terjerap per satuan bobot tanah (mg kg⁻¹); k = konstanta Langmuir; b = jerapam maksimum (mg kg⁻¹); dan C = konsentrasi kation dalam larutan dalam keadaan keseimbangan (mg l⁻¹).

Percobaan Inkubasi

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok, empat perlakuan dengan lima ulangan. Perlakuan yang diterapkan adalah penambahan kation, yaitu: tanpa kation, Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺ masing-masing dalam bentuk NaCl, NH₄Cl, dan FeCl₃ dengan takaran 50% jerapan maksimum (Tabel 1).

Bahan tanah dikeringudarkan, ditumbuk, diayak dengan saringan 2 mm, lalu dimasukkan ke dalam pot sebanyak 1 kg pot⁻¹ bobot kering mutlak (BKM). Semua pupuk diberikan dalam bentuk larutan, lalu tanah diaduk hingga homogen. Tanah diinkubasi selama 12 minggu dan kadar air dipertahankan dalam kondisi kapasitas lapang dengan cara menambahkan air bebas ion seminggu 2 kali. Selanjutnya contoh tanah diaduk hingga homogen setiap minggu.

Setelah inkubasi mencapai 12 minggu, contoh tanah diambil sekitar 250 gram, dikeringudarkan,

digerus lalu diayak dengan ayakan 2 mm. Bentuk-bentuk K yang meliputi: K₁, K_{dd}, K_{td}, K_t ditetapkan dengan metode yang diuraikan oleh Helmke dan Sparks (1996); Knudsen *et al.* (1982); dan Wood dan DeTurk (1940).

Penetapan Fraksionasi K

K larut. Lima gram contoh tanah dimasukkan ke dalam botol sentrifius, lalu ditambahkan 20 ml 0,0002 M CaCl₂ dan dikocok selama 1 jam. Ekstrak tanah disentrifius dengan kecepatan 3.500 rpm selama 20 menit dan supernatan ditampung. Selanjutnya kadar K dalam supernatan diukur dengan AAS.

K dapat dipertukarkan. Dua gram contoh tanah dimasukkan ke dalam botol sentrifusi 50 ml, lalu ditambahkan 20 ml NH₄OAc 1 N pH 7 dan dikocok selama 30 menit. Ekstrak tanah disentrifius selama 10 menit dengan kecepatan 2.000 rpm dan supernatannya ditampung. Tahapan tersebut diulang lalu volume supernatan diimpitkan dengan penambahan NH₄OAc 1 N menjadi 50 ml. Selanjutnya kadar K dalam supernatan diukur dengan AAS.

K total. Setengah gram contoh tanah dimasukkan kedalam teflon bom, lalu tambahkan 1 ml aquades dan 10 ml HNO₃ dan HClO₄ pekat. Teflon bomb ditempatkan pada metal container dan dipanaskan pada suhu 383 °K selama 3 jam. Asam borat 2,8 g ditambahkan ke dalam labu ukur plastik 100 ml, kemudian ekstrak tanah dituangkan ke dalam labu. Sisa cairan dalam teflon dicuci dengan air bebas ion dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Labu dikocok dan larutan diimpitkan menjadi 100 ml dengan menambahkan air bebas ion. Selanjutnya kadar K dalam larutan diukur dengan AAS.

K tidak dapat dipertukarkan. K tidak dapat dipertukarkan ditetapkan sebagai K total dikurangi oleh K larut dan K dapat dipertukarkan ($K_{td} = K_t - K_1 - K_{dd}$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

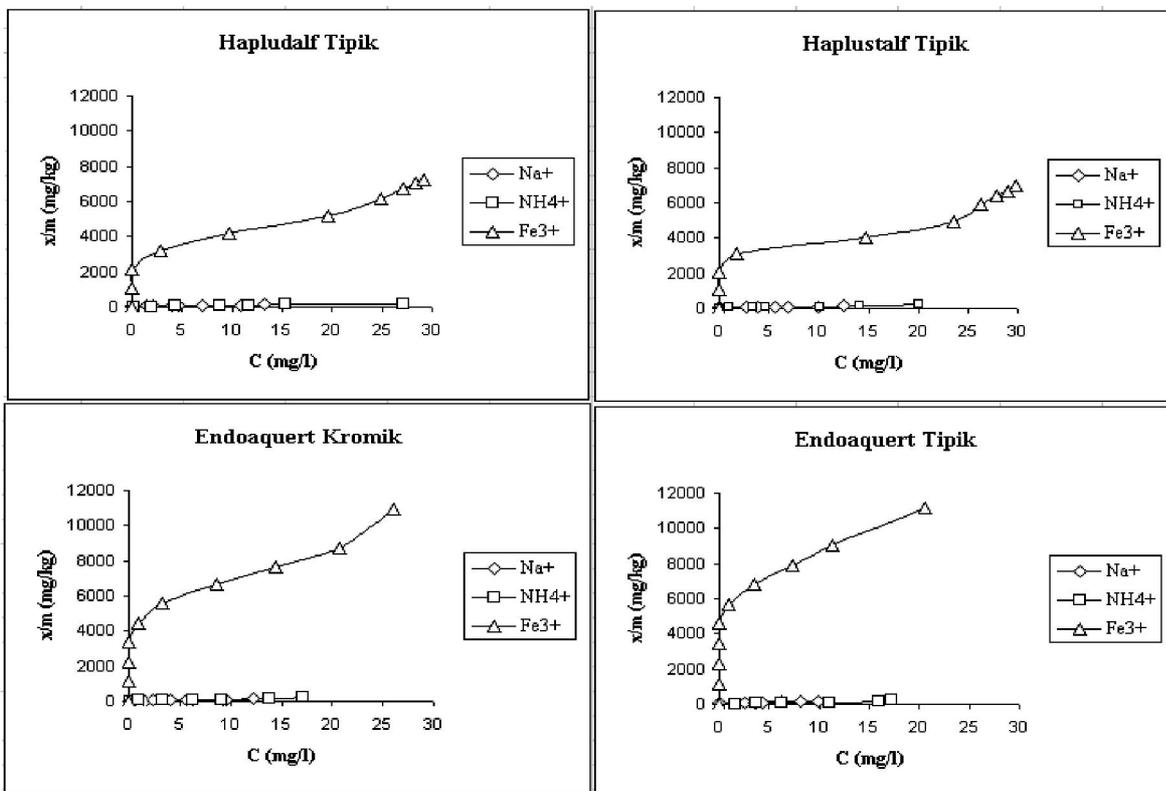
Kurva Jerapan

Jerapan Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} pada tanah Alfisol dan Vertisol disajikan pada Gambar 1. Jerapan Fe^{3+} jauh lebih tinggi dibandingkan Na^+ dan NH_4^+ , sedangkan jerapan Na^+ relatif tidak berbeda dibandingkan NH_4^+ pada empat jenis tanah yang dicoba. Besarnya jerapan kation di empat jenis tanah yang dicoba mempunyai pola yang sama, yaitu dari tinggi ke rendah: $\text{Fe}^{3+} > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$. Besarnya jerapan kation tergantung valensinya dimana kation bervalensi III mempunyai jerapan yang lebih besar daripada kation bervalensi II dan I. Demikian pula kation bervalensi II mempunyai jerapan yang lebih besar dari pada kation bervalensi I. Besarnya jerapan kation mengikuti deret liotropik, yaitu: $\text{Al}^{3+} = (\text{H}^+) > \text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$ (Tan, 1998). Ion Fe^{3+} bervalensi III, sedangkan NH_4^+ dan Na^+ bervalensi I sehingga jerapan Fe^{3+} jauh lebih besar dibandingkan dengan kation NH_4^+ dan Na^+ .

Jerapan kation (terutama Fe^{3+}) pada tanah Vertisol (Endoaquert Kromik dan Endoaquert Tipik) lebih tinggi daripada tanah Alfisol (Hapludalf Tipik dan Haplustalf Tipik). Sementara itu jerapan kation

sesama tanah Vertisol, yaitu Endoaquert Kromik dan Endoaquert Tipik, dan sesama tanah Alfisol, yaitu Hapludalf Tipik dan Haplustalf Tipik memiliki pola yang relatif sama. Kapasitas tukar kation tanah Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan tanah Alfisol, yaitu berturut-turut 56,38 dan 30,83 cmol kg^{-1} sehingga jerapan kation pada Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan Alfisol. Selain itu jerapan kation berkaitan erat pula dengan kadar smektit, dimana kadar smektit tanah Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan Alfisol (Nursyamsi *et al.*, 2007). Mineral liat smektit merupakan sumber muatan permanen dan merupakan sumber muatan negatif utama pada tanah-tanah yang didominasi oleh muatan permanen seperti tanah Vertisol atau tanah-tanah yang memiliki sifat vertik (Borchardt, 1989).

Daya sangga tanah terhadap kation dapat diduga dari kemiringan kurva jerapan kation tersebut pada tanah yang bersangkutan, dimana kurva jerapan yang lebih curam memiliki daya sangga yang lebih tinggi dibandingkan dengan kurva yang lebih landai. Dengan demikian maka daya sangga tanah terhadap Fe^{3+} jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kation NH_4^+ dan Na^+ di empat jenis tanah yang dicoba. Demikian pula daya sangga tanah Vertisol terhadap kation (terutama besi)

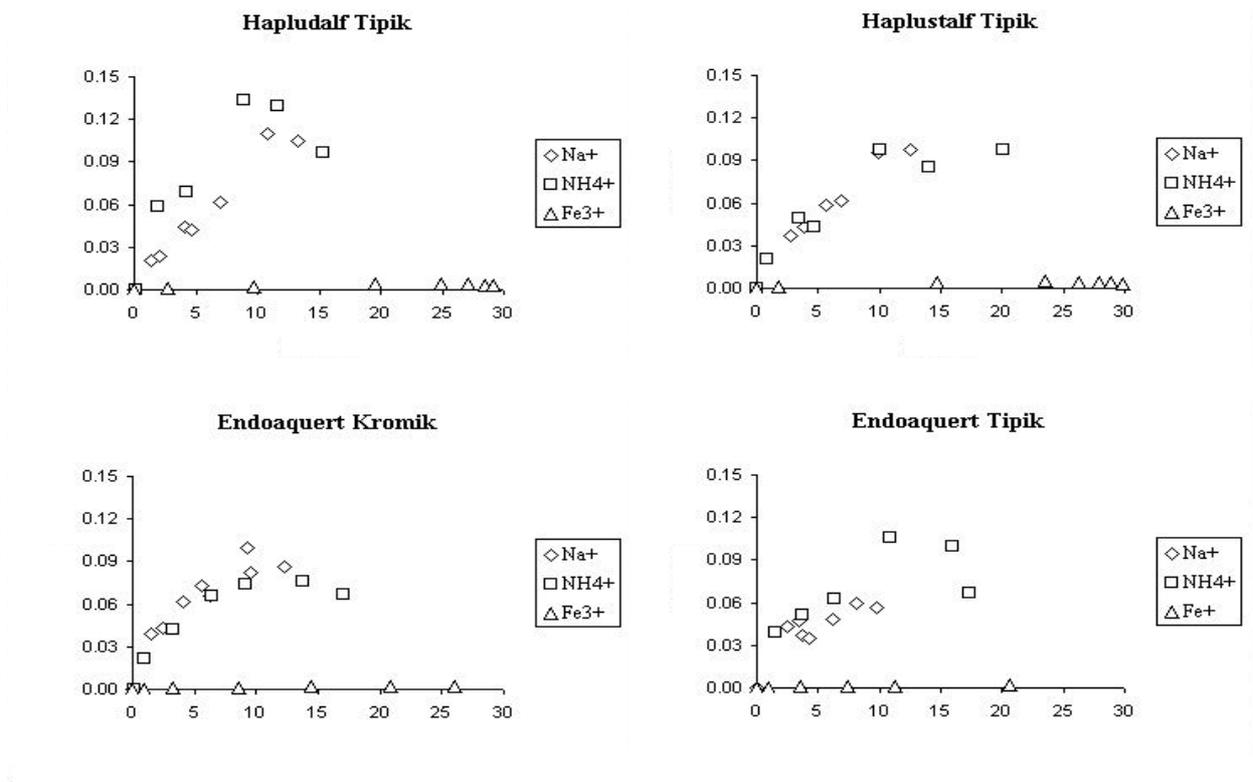


Gambar 1. Kurva jerapan Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} pada tanah Alfisol dan Vertisol

Tabel 2. Jerapan maksimum dan konstanta energi ikatan Na^+ , NH_4^+ dan Fe^{3+} pada tanah Alfisol dan Vertisol.

Tanah	p	q	R ²	b	k
Na^+					
Hapludalf Tipik	0,0038	0,0085	0,978	118	2,237
Haplustalf Tipik	0,0042	0,0084	0,966	119	2,000
Endoaquert Kromik	0,0176	0,0073	0,824	137	0,415
Endoaquert Tipik	0,0092	0,0061	0,790	164	0,663
NH_4^+					
Hapludalf Tipik	0,0381	0,0077	0,791	130	0,202
Haplustalf Tipik	0,0213	0,0059	0,797	169	0,277
Endoaquert Kromik	0,0227	0,0048	0,670	208	0,211
Endoaquert Tipik	0,0285	0,0052	0,607	192	0,182
Fe^{3+}					
Hapludalf Tipik	0,0004	0,0001	0,849	10.000	0,250
Haplustalf Tipik	0,0003	0,0001	0,822	10.000	0,333
Endoaquert Kromik	0,0001	0,0001	0,955	10.000	1,000
Endoaquert Tipik	0,0001	0,0001	0,972	11.111	1,500

$Y = p + qX$ setara dengan $C/(x/m) = 1/kb + C/b$; dimana p = konstanta, q = koefisien arah, C = kation terlarut (mg l^{-1}), x/m = kation terjerap (mg kg^{-1}), b = jerapan kation maksimum (mg kg^{-1}), dan k = konstanta energi ikatan kation



Gambar 2. Kurva hubungan antara C dengan $C/(x/m)$ pada tanah Alfisol dan Vertisol.

lebih tinggi dibandingkan dengan Alfisol (Gambar 1). Bila konsentrasi kation larut turun akibat diserap tanaman atau tercuci maka kemampuan tanah untuk

selalu mensuplai kation Fe^{3+} dari pool Fe terjerap ke dalam Fe larut lebih tinggi dibandingkan dengan kation NH_4^+ dan Na^+ . Demikian pula kemampuan tanah

D. Nursyamsi et al.: Jerapan dan Pengaruh Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺ pada Smektit

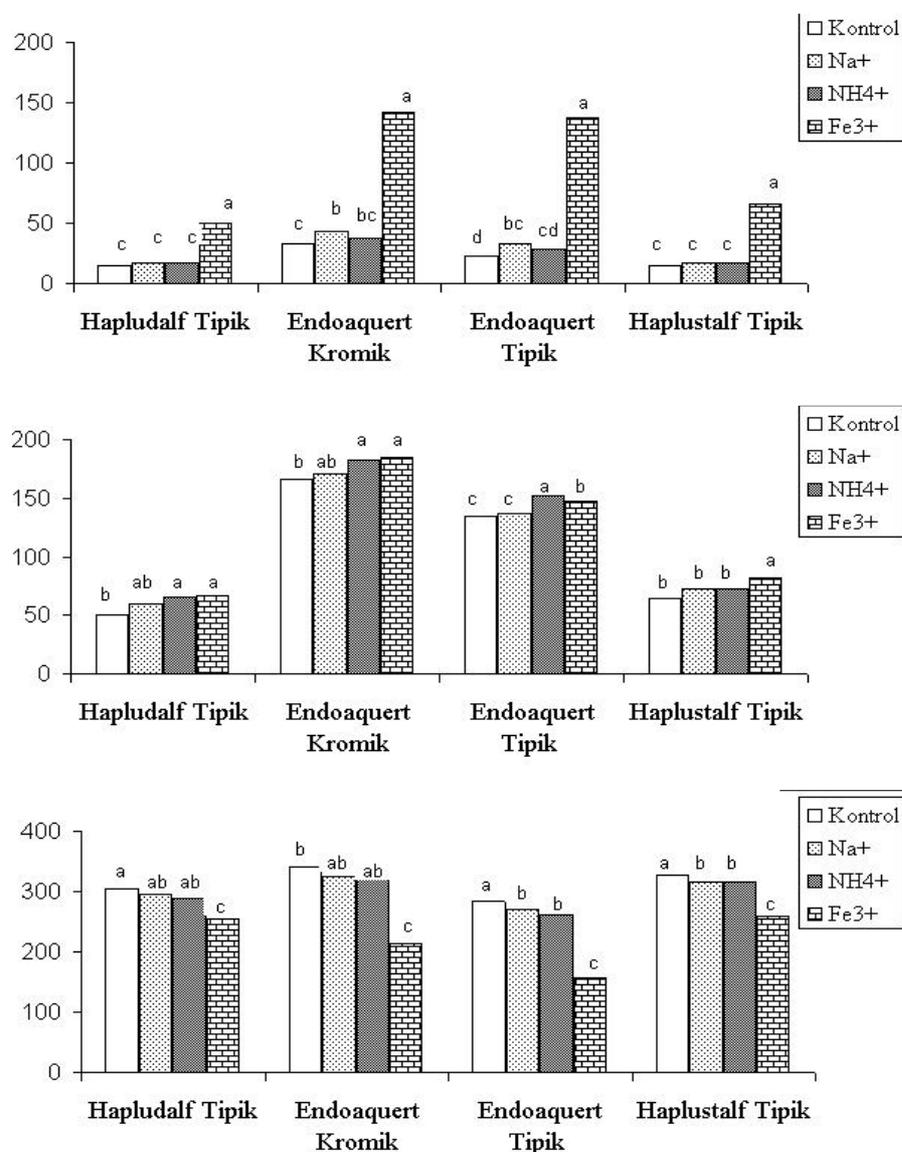
Vertisol untuk selalu menjaga keseimbangan kation terjerap dan kation larut lebih tinggi dibandingkan dengan tanah Alfisol.

Jerapan Maksimum dan Konstanta Energi Ikatan

Berdasarkan kurva hubungan antara kation larut (C) dengan rasio kation larut dan terjerap [C/(x/m)] seperti yang disajikan pada Gambar 2, maka jerapan maksimum dan konstanta energi ikatan Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺ pada setiap jenis tanah dapat dihitung dan hasilnya disajikan pada Tabel 2. Jerapan maksimum Fe³⁺ (10.000-11.111) jauh lebih tinggi dibandingkan NH₄⁺ (130-208) dan Na⁺ (118-164 mg kg⁻¹). Demikian

pula jerapan maksimum kation pada tanah Vertisol (Na⁺ 137-164, NH₄⁺ 192-208, dan Fe³⁺ 10.000-11.111 mg kg⁻¹) lebih tinggi dibandingkan tanah Alfisol (Na⁺ 118-119, NH₄⁺ 130-169, dan Fe³⁺ 10.000 mg kg⁻¹). Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa jerapan maksimum tanah terhadap kation berkaitan erat dengan valensi kation yang bersangkutan. Demikian pula jerapan maksimum kation pada tanah yang berbeda dipengaruhi oleh kapasitas tukar kation dan kadar smektit tanah yang bersangkutan.

Berbeda dengan jerapan maksimum, konstanta energi ikatan Na⁺ paling besar dibandingkan dengan kation lainnya yang dicoba, dimana besarnya konstanta energi ikatan dari tinggi ke rendah adalah



Gambar 3. Pengaruh Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺ terhadap bentuk K₁, K_{dd}, dan K_{idd} pada Hapludalf Tipik, Endoaquert Kromik, Endoaquert Tipik, dan Haplustalf Tipik.

$\text{Na}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{NH}_4^+$. Konstanta energi ikatan Na^+ pada Alfisol lebih tinggi daripada Vertisol; NH_4^+ relatif tidak berbeda pada kedua tanah tersebut; sebaliknya Fe^{3+} pada Vertisol lebih tinggi daripada Alfisol (Tabel 2). Konstanta energi ikatan tanah terhadap kation berkaitan erat dengan radius hidrasi, dimana semakin tinggi radius hidrasi maka konstanta energi ikatan semakin rendah. Ion Fe^{3+} memiliki radius hidrasi 9 Å, lebih tinggi dibandingkan Na^+ yang hanya 7.9 Å (Havlin *et al.*, 1999) sehingga konstanta energi ikatannya lebih rendah.

Ketersediaan K Tanah

Pemberian Na^+ nyata meningkatkan K_1 pada Endoaquert Kromik dan Endoaquert Tipik; NH_4^+ tidak berpengaruh nyata terhadap K_1 ; sedangkan Fe^{3+} nyata meningkatkan peubah tersebut di semua tanah yang diuji. Ion Na^+ tidak berpengaruh nyata terhadap K_{dd} di semua tanah yang diuji, NH_4^+ nyata meningkatkan K_{dd} pada Hapludalf Tipik, Endoaquert Kromik, dan Endoaquert Tipik; sedangkan Fe^{3+} nyata meningkatkan peubah tersebut di semua tanah yang diuji. Akibatnya Na^+ dan NH_4^+ nyata menurunkan K_{idd} pada Endoaquert Tipik dan Haplustalf Tipik, sedangkan Fe^{3+} nyata menurunkan K_{idd} di semua tanah yang diuji (Gambar 3).

Bentuk K_1 dan K_{dd} merupakan bentuk K yang cepat tersedia sehingga sering disebut sebagai K tersedia atau K aktual. Sementara itu bentuk K_{idd} merupakan bentuk K yang lambat tersedia sehingga disebut sebagai K potensial. Kalium tidak dapat dipertukarkan meliputi K terfiksasi dan K struktural (Havlin *et al.*, 1999). Dengan demikian maka ketiga kation yang dicoba dapat meningkatkan K tersedia pada semua tanah yang diuji, dimana K tersedia tersebut berasal dari bentuk K_{idd} .

Di antara tanah yang dicoba, tingkat efektivitas ketiga kation dalam melepaskan K_{idd} menjadi K_{dd} dan K_1 adalah Endoaquert Kromik > Endoaquert Tipik > Haplustalf Tipik > Hapludalf Tipik. Dengan kata lain pengaruh perlakuan terhadap peubah yang diuji lebih kentara pada Vertisol daripada Alfisol (Gambar 3). Hal ini disebabkan antara lain karena kadar K total tanah Vertisol jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Alfisol (Nursyamsi, 2008). Kalium yang lepas dari pool K_{idd} menjadi K_{dd} (pelepasan) dan dari K_{dd} menjadi K_1 (desorpsi) pada Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan Alfisol. Kation yang lepas dari K_{idd} menjadi K_{dd} umumnya K yang berada di posisi-i (*inert*), w (*wedge*), dan c (*crack*), sedangkan K yang lepas dari

K_{dd} menjadi K_1 adalah K yang berada di posisi-p (*planar*) dan e (*edge*) (Kirkman *et al.*, 1994).

Di antara kation yang dicoba ternyata Fe^{3+} paling efektif dalam melepaskan K_{idd} menjadi K_{dd} dan K_1 di semua jenis tanah yang diteliti. Tingkat kekuatan kation dalam melepaskan K tanah dari tinggi ke rendah adalah: $\text{Fe}^{3+} > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$. Berdasarkan jumlah K yang dilepas, maka dapat diduga bahwa Na^+ hanya dapat mengusir K yang berada di posisi-p, sedangkan NH_4^+ selain K di posisi-p juga di posisi-e dan sebagian kecil K yang berada di posisi-i. Sementara itu Fe^{3+} dapat melepas K yang berada di posisi-p dan e dan sejumlah besar K di posisi-i.

KESIMPULAN

Jerapan, daya sangga, dan jerapan maksimum Fe^{3+} lebih tinggi dibandingkan dengan NH_4^+ dan Na^+ , sedangkan NH_4^+ dan Na^+ relatif tidak berbeda. Sementara itu konstanta energi ikatan kation dari tinggi ke rendah adalah $\text{Na}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{NH}_4^+$ pada Alfisol dan $\text{Fe}^{3+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+$ pada Vertisol. Jerapan, daya sangga, dan jerapan maksimum Na^+ , NH_4^+ , dan Fe^{3+} pada Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan Alfisol. Pemberian Na^+ nyata meningkatkan K_1 pada Endoaquert Kromik dan Endoaquert Tipik; NH_4^+ nyata meningkatkan K_{dd} pada Hapludalf Tipik, Endoaquert Kromik, dan Endoaquert Tipik; sedangkan Fe^{3+} nyata meningkatkan kedua peubah tersebut di semua tanah yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- Borchardt, G. 1989. Smectites. In: Minerals in Soil Environments. Second ed. SSSA. Madison, WI. pp. 675-727.
- Evangelou, V.P. and J. Lumbanraja. 2002. Ammonium-potassium-calcium exchange on vermiculite and hydroxy-aluminum vermiculite. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 445-455.
- Fox, R.L and E.J. Kamprath. 1970. Phosphate sorption isotherm for evaluating the phosphate requirement of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 902-907.
- Ghousikar C.P. and D.W. Kendre. 1987. Potassium supplying status of some soils of Vertisol type. Potash Review No. 5/1987. International Potash Institute, Switzerland.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Sixth Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.
- Helmke, P.A. and D.L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. In Methods of Soil

D. Nursyamsi et al.: Jerapan dan Pengaruh Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺ pada Smektit

- Analysis. Part 3 Chemical Methods-SSSA Book Series No. 5.
- Ismail, I. 1997. The role of Na and partial substitution of KCl by NaCl on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) growth and yield, and its effect towards soil chemical properties. Disertasi Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (Tidak Dipublikasikan).
- Kilic, K., M.R. Derici, and K. Saltali. 1999. The ammonium fixation in great soil groups of Tokat Region and some factors affecting the fixation. I. The affect of potassium on ammonium fixation. Tr. J. Agric. For. 23: 673-678.
- Kirkman, J.H., A. Basker, A. Surapaneni, and A.N. Macgregor. 1994. Potassium in the soils of New Zealand- a review. New Zealand J. Agric. Res. Vol. 37: 207-227.
- Knudsen, D., G.A. Paterson dan P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, and potassium. In Page et al (eds) Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy 9: 403-429.
- Nursyamsi, D., K. Idris, S. Sabiham, D.A. Rachim, dan A. Sofyan. 2007. Sifat-sifat tanah dominan yang berpengaruh terhadap K tersedia pada tanah-tanah yang didominasi smektit. J. Tanah Iklim 26: 13-28.
- Nursyamsi, D. 2008. Pelepasan kalium terfiksasi dengan penambahan asam oksalat dan kation untuk meningkatkan kalium tersedia bagi tanaman pada tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit. Disertasi Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (Tidak Dipublikasikan).
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia, Skala 1 : 1.000.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2000. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Hlm. 21-66 *Dalam* Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Tan, K.H. 1998. Principles of Soil Chemistry. Third Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Widjaja-Adhi, I P.G. dan M. Sudjadi. 1987. Status dan kelakuan fosfat tanah-tanah di Indonesia. Hal. 223-242 *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat. Cipanas, 29 Juni-2 Juli 1987. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Wood, L.K. and E.E. DeTurk. 1940. The absorption of potassium in soil in non-exchangeable form. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5: 152-161.
- Zhu Yong-Guan and Luo Jia-Xian. 1993. Release of non-exchangeable soil K by organic acids. Pedosphere 3: 269-276.