

Pengaruh Jenis Kapur terhadap pH, Al Dapat Dipertukarkan, Kelarutan Fe, Ketersediaan Fosfor dan Kapasitas Tukar Kation di Lahan Pasang Surut

Rada Febriani*, Fadly Hairannoor Yusran, Ratna

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

* Email penulis korespondensi: radafebriani16@gmail.com

Informasi Artikel

Received 05 Juni 2024
Accepted 17 Juli 2024
Published 18 Juli 2024
Online 18 Juli 2024

Keywords:

Lime; Phosphorus; Rangas Hambuku river; Tidal swamp land

Abstract

Tidal land has low P availability due to soil acidity (pH) and the high fixation of Al and Fe into complex compounds. This study aims to determine the effect of dolomitic lime, calcite, and *tohor* (quicklime) on the soil pH, exchangeable Al, soluble Fe, available P and cation exchange capacity (CEC) in tidal land. The research method used was a one-factor Completely Randomized Design (CRD). The factors tested were the type of lime with three different doses (10 treatments) including control, 1.6, 2.7, and 3.9 t dolomite ha⁻¹, 3.0, 5.0, and 7.0 t calcite ha⁻¹, and 1.9, 3.2, and 4.5 t quicklime ha⁻¹. The results showed that the application of various types of lime had a significant effect on pH, exchangeable Al, soluble Fe, available P, and CEC. The quicklime application at 4.5 t ha⁻¹ increased the soil pH, solubility of P, CEC significantly and decreased exchangeable Al and available Fe compared to dolomite and calcite.

1. Pendahuluan

Peran lahan rawa pasang surut di Kalimantan Selatan dalam pembangunan pertanian menjadi semakin penting, terutama dalam mendukung budidaya padi, selain memberikan peluang program untuk diversifikasi produksi pertanian, juga meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani (Rachmawati et al., 2017). Dari data Badan Pusat Statistik 2014 lahan rawa di Kalimantan Selatan memiliki luas 110.894 ha dari 4.969.824 ha luas lahan potensial di Kalimantan Selatan, sehingga menjadi alternatif lokasi untuk budidaya padi. Adapun kendala pengembangan lahan rawa yaitu terdapatnya tanah sulfat masam (Nurlaila et al., 2021). Selain itu dalam pengembangan lahan rawa sulfat masam memiliki kendala lainnya seperti sedikitnya sumber daya manusia dalam pengelolaan, kebijakan pemerintah masih berubah-ubah, sarana pendukung pertanian serta kelembagaan desa yang masih sangat terbatas. Kebijakan pemerintah dalam pengembangan lahan rawa pasang surut dengan upaya penyuluhan dalam olah tanah, pemberian subsidi pupuk dan benih, penggunaan amelioran tanah dan pemeliharaan jaringan tata air (Suriadikarta, 2005).

Menurut Nazemi et al. (2012) sifat-sifat lahan yang menimbulkan masalah pada lahan pasang surut, yaitu adanya lahan sulfat masam yang air dan tanahnya memiliki keasaman yang tinggi. Adanya keasaman tanah yang relatif tinggi berpengaruh pada ketersediaan unsur hara termasuk fosfat dan keseimbangan reaksi kimia dalam tanah. Tingkat kesuburan alami yang rendah di lahan sulfat masam berkaitan erat dengan karakteristik lahannya. Pada umumnya ketersediaan P yang rendah akibat terfiksasi menjadi senyawa kompleks oleh Al dan Fe menjadi ciri dari lahan sulfat masam.

Ada beberapa upaya untuk memperbaiki kesuburan tanah dan sifat kimia di lahan tersebut salah satunya dengan aplikasi amelioran seperti bahan organik dan kapur yang dapat menurunkan keasaman tanah (Banaty et al., 2013). Penerapan bahan kapur yang berbeda merupakan salah satu upaya dalam peningkatan produktivitas tanah dengan ketentuan dosis, cara, waktu dan kondisi yang tepat. Pada kondisi tanah yang berbeda dengan nilai pH yang sama akan memberikan respons yang berbeda terhadap jenis kapur dengan jumlah bahan kapur yang sama seperti dolomit (CaMg(CO₃)₂), kalsit (CaCO₃), dan tohor (CaO). Kemasaman tanah berpengaruh pada ketersediaan kelarutan dan nutrisi. Rendahnya pH tanah akan memberikan dampak terhadap tingkat ketersediaan P dan sifat kimia lainnya tidak mencukupi (Maulana et al., 2020). Penelitian memiliki tujuan untuk mengetahui

pengaruh kapur (dolomit, kalsit, dan tohor) terhadap pH, Al dapat dipertukarkan, kelarutan Fe, ketersediaan P dan kapasitas tukar kation di lahan pasang surut.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di lahan pasang surut Desa Sungai Rangas Hambuku, Kecamatan Martapura Barat, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. Analisa tanah di lakukan di Laboratorium kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal terdiri dari 10 perlakuan dan ulangan sebanyak 3 kali sehingga terdapat 30 satuan percobaan. Perlakuan dalam penelitian ini terdiri dari K_0 = Kontrol (tanpa kapur), 0 t ha^{-1} ; Kd_1 = Kapur dolomit $1,6 \text{ t ha}^{-1}$; Kd_2 = Kapur dolomit $2,7 \text{ t ha}^{-1}$; Kd_3 = Kapur dolomit $3,9 \text{ t ha}^{-1}$; Kk_1 = Kapur kalsit $3,0 \text{ t ha}^{-1}$; Kk_2 = Kapur kalsit $5,0 \text{ t ha}^{-1}$; Kk_3 = Kapur kalsit $7,0 \text{ t ha}^{-1}$; Kt_1 = Kapur tohor $1,9 \text{ t ha}^{-1}$; Kt_2 = Kapur tohor $3,2 \text{ t ha}^{-1}$ dan Kt_3 = Kapur tohor $4,5 \text{ t ha}^{-1}$.

2.2. Pelaksanaan Penelitian

Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm dalam kondisi lapangan (basah) dan disimpan menggunakan kantong plastik sesuai keperluan. Tanah dikering udarkan untuk keperluan analisis pendahuluan, yaitu pH H_2O , Fe-larut, Al-dd, P-tersedia dan KTK. Untuk tanah yang diberi perlakuan disimpan dalam bak dan digenangi dan digenangi air yang berasal dari lahan pasang surut setinggi cm. Kapur dolomit, kalsit, dan tohor dianalisis terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mengetahui pH H_2O , kandungan Ca dan Mg (pada kapur dolomit) sedangkan untuk kalsit dan tohor dianalisis kandungan Ca.

Pada pelaksanaan inkubasi, contoh tanah ditimbang sebanyak 250 g tanah (kondisi lembab). Tanah di masukan kedalam pot percobaan dengan ukuran diameter pot 10 cm dan tinggi 10 cm serta digenangi air setinggi 1 cm di atas permukaan tanah. Masing-masing pot diberikan kapur yang telah ditentukan di aduk merata.

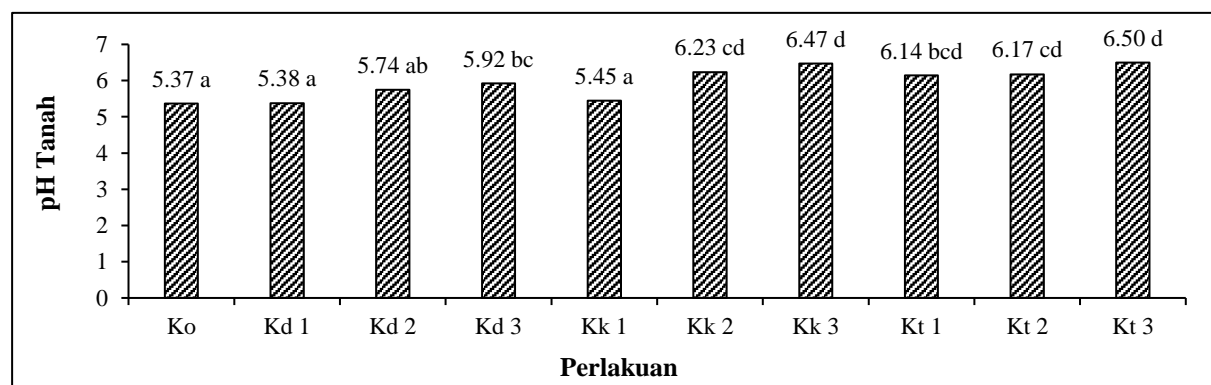
Jumlah bahan kapur yang diberikan per pot setara dengan dosis masing-masing perlakuan adalah $0,200 \text{ g pot}^{-1}$; $0,338 \text{ g pot}^{-1}$; $0,488 \text{ g pot}^{-1}$; kalsit $0,375 \text{ g pot}^{-1}$; $0,625 \text{ g pot}^{-1}$; $0,875 \text{ g pot}^{-1}$ dan tohor $0,238 \text{ g pot}^{-1}$; $0,400 \text{ g pot}^{-1}$; $0,563 \text{ g pot}^{-1}$. Inkubasi dilaksanakan selama dua minggu dan digenangi dengan air aquades setinggi 1 cm di atas permukaan tanah.

Setelah masa inkubasi selesai, dilakukan pengamatan terhadap pH tanah dengan metode elektroda glass (H_2O 1:5), Al-dd dengan metode Titrasi KCl 1 N, Fe-larut ekstraksi dengan NH_4OAc 1 N pH 4,8, P tersedia metode Bray I, kapasitas tukar kation (KTK) ekstrak NH_4OAc 1N, pH 7,0.

3. Hasil dan Pembahasan

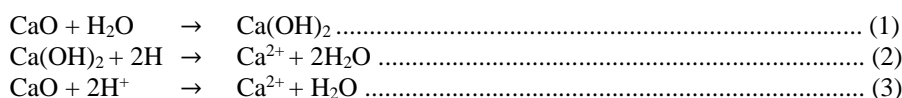
3.1. pH Tanah

Hasil pengujian nilai tengah dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) terhadap perubahan nilai pH tanah ditunjukkan pada Gambar 1. Perlakuan K_0 dengan Kd_3 , Kk_2 , Kk_3 , Kt_1 , Kt_2 , dan Kt_3 berpengaruh nyata, sedangkan antara perlakuan Kd_1 , Kd_2 dan Kk_1 tidak berpengaruh nyata. Kemasaman tanah mengalami peningkatan pada tanah yang diberi kapur tohor (Kt_3 = Kapur tohor $4,5 \text{ t ha}^{-1}$) hingga mencapai 6,50. Sebaliknya, tidak berbeda nyata pada pemberian dolomit (Kd_1 = Kapur dolomit $1,6 \text{ t ha}^{-1}$; Kd_2 = Kapur dolomit $2,7 \text{ t ha}^{-1}$) dan kalsit (Kk_1 = Kapur kalsit $3,0 \text{ t ha}^{-1}$).



Gambar 1. Hasil rerata pengaruh pemberian jenis kapur terhadap pH tanah. K_0 = tanpa kapur; Kd_1 , Kd_2 , Kd_3 = dolomit 1,6; 2,7; 3,9 t ha^{-1} ; Kk_1 , Kk_2 , Kk_3 = kalsit 3,0; 5,0; 7,0 t ha^{-1} ; Kt_1 , Kt_2 , Kt_3 = tohor 1,9; 3,2; 4,5 t ha^{-1} . Angka di atas bar dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

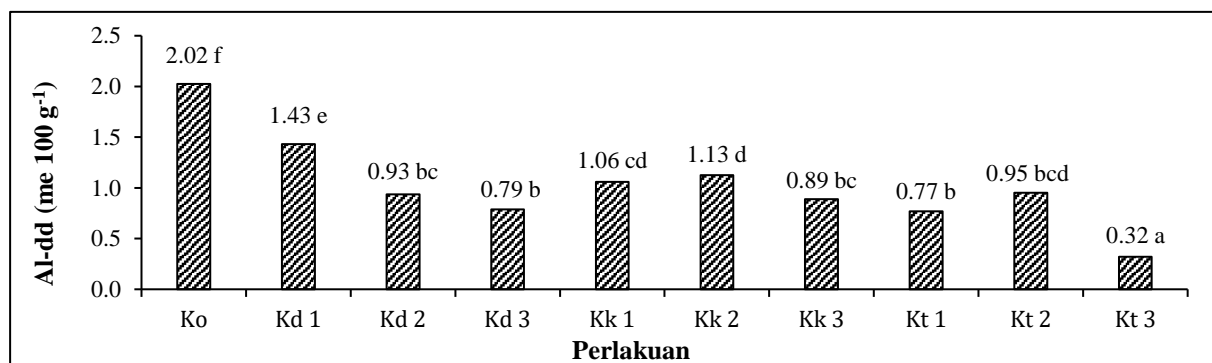
Hasil penelitian nilai pH tanah mengalami peningkatan tertinggi mencapai rerata pH 6,50 yaitu pada dosis kapur tohor 4,5 t ha⁻¹. Sedangkan pada dolomit pH meningkat tertinggi pada dosis 3,9 t ha⁻¹ dan kalsit pH meningkat tertinggi pada dosis 4,5 t ha⁻¹. Dari ketiga kapur, kapur tohor dengan rentang tiga dosis dapat meningkatkan pH tanah dibandingkan dolomit dan kalsit. Amsya et al. (2021) menjelaskan bahwa kapur tohor berfungsi untuk mengikat logam berat di alam, maka dari itu banyak dimanfaatkan sebagai pengelolaan air asam tambang. Kapur ini memiliki sifat menetralkan tanah, akan tetapi pada tanah yang memiliki sumber keasaman besi sulfida (FeS₂) kapur dapat meningkatkan pH tanah dari kategori masam (pH 4,5-5,5) atau agak masam (pH 5,5-6,5). Hal ini sesuai dengan pernyataan Haras et al. (2017) bahwa bahan penting dalam reaksi penetralan keasaman oleh kapur adalah ion CO₃ dan OH⁻. Dalam penetralan keasaman tanah CaO memiliki reaksi dengan air pada persamaan (1), (2), dan (3).



Reaksi kapur bila diperlukan untuk peningkatan pH lebih cepat karena memiliki stabilitas yang tinggi dibandingkan CaCO₃ yang bereaksi lebih lambat (Nurisman et al., 2012). Selain itu, pemberian kapur akan meningkatkan pH tanah, dengan peningkatan dosis kapur akan menjadikan pH tanah menjadi alkalis (Saswita et al., 2018), dapat ditunjukkan pada hasil yang didapat yaitu pada dosis kapur tohor 4,5 t ha⁻¹. Koesrini et al. (2015), menambahkan bahwa pemberian kapur dalam kenaikan pH karena adanya proses dekarboksilase anion asam-asam organik berasal dari bahan organik yang terombak sehingga mengambil ion H⁺ serta menghasilkan CO₂.

3.2. Aluminium dapat dipertukarkan (Al-dd)

Penurunan kadar Al-dd sangat terlihat pada pemberian dosis kapur tohor dengan dosis 4,5 t ha⁻¹ mencapai 0,32 me 100 g⁻¹. Menurut (Koesrini et al. 2015) keasaman tanah yang tinggi menyebabkan tingginya kelarutan Al³⁺. Dengan adanya pengaplikasian kapur dengan kandungan Ca yang tinggi dapat menurunkan kadar Al-dd pada tanah. Penurunan kadar Al-dd disebabkan bahan kapur yang diberikan adalah bahan penting dalam menetralkan keasaman tanah, yaitu dihasilkannya OH⁻. Dapat diketahui bahwa hubungan antara pH dan Al-dd erat dengan nilai korelasi -0,67. Hubungan nilai korelasi tersebut bersifat negatif yang berarti bahwa semakin naiknya pH tanah maka kadar Al-dd akan mengalami penurunan ataupun sebaliknya.



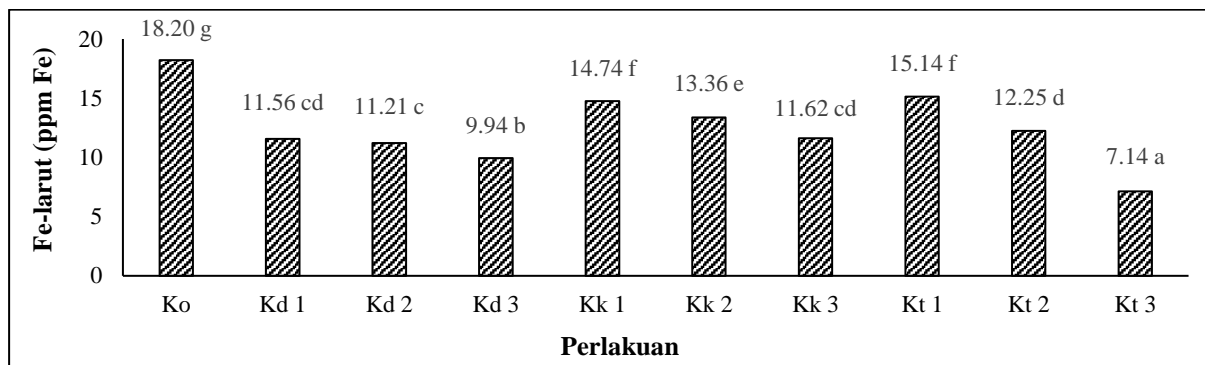
Gambar 2. Hasil rerata pengaruh pemberian jenis kapur terhadap Al-dd. K₀ = tanpa kapur; Kd₁, Kd₂, Kd₃ = dolomit 1,6; 2,7; 3,9 t ha⁻¹; Kk₁, Kk₂, Kk₃ = kalsit 3,0; 5,0; 7,0 t ha⁻¹; Kt₁, Kt₂, Kt₃ = tohor 1,9; 3,2; 4,5 t ha⁻¹. Angka di atas bar dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Ion OH⁻ mempunyai kemampuan untuk mengganti Al³⁺ dari kompleks jerapan. Ion Al³⁺ bersenyawa dengan ion OH⁻ membentuk Al(OH)₃ yang bersifat tidak larut atau mengendap. Adanya pengaruh semakin rendah Al-dd akan semakin kecil P yang terikat oleh Al. Adapun reaksi pengikatan tersebut dapat dilihat pada persamaan reaksi (4).



3.3. Kelarutan Besi (Fe)

Hasil uji beda nilai tengah DMRT menunjukkan bahwa antara perlakuan K₀ dengan Kd₁, Kd₂, Kd₃, Kk₁, Kk₂, Kk₃, Kt₁, Kt₂ dan Kt₃ mempunyai pengaruh sangat berbeda nyata terhadap Fe larut (Gambar 3). Sebaliknya, perlakuan antara Kk₁ dan Kt₁ tidak berbeda nyata. Kadar Fe-larut dalam tanah tertinggi terdapat pada perlakuan K₀ (tanpa kapur) yakni sebesar 18,20 ppm Fe. Sementara itu kadar Fe-larut dalam tanah terendah terdapat pada perlakuan Kt₃ (Kapur tohor 4,5 t ha⁻¹), yakni terukur sebesar 7,14 ppm Fe.



Gambar 3. Hasil rerata pengaruh pemberian jenis kapur terhadap Fe-larut. K₀ = tanpa kapur; Kd₁, Kd₂, Kd₃ = dolomit 1,6; 2,7; 3,9 t ha⁻¹; Kk₁, Kk₂, Kk₃ = kalsit 3,0; 5,0; 7,0 t ha⁻¹; Kt₁, Kt₂, Kt₃ = tohor 1,9; 3,2; 4,5 t ha⁻¹. Angka di atas bar dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

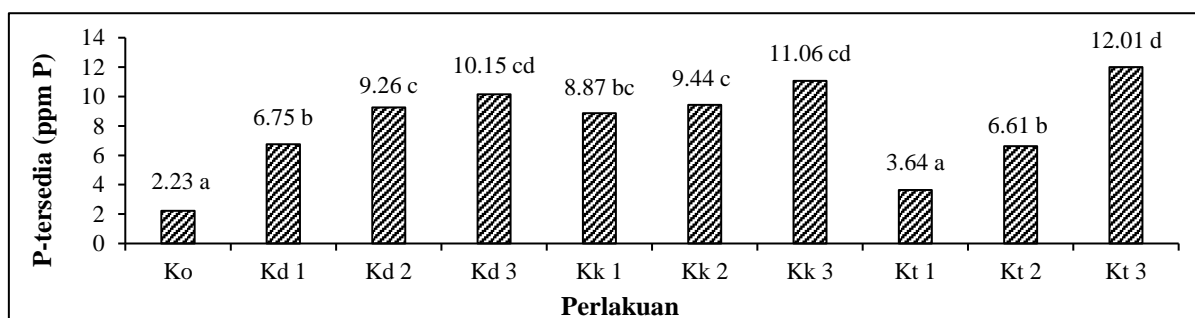
Bahan kapur yang digunakan pada tanah sebagai elektron donor yang menyumbang reaksi reduksi logam-logam pada tanah pH rendah. Kenaikan pH pada penelitian ini diduga akibat pH dari kapur yang diberikan yaitu kapur dolomit (pH 9,68), kapur kalsit (pH 9,41) dan kapur tohor (pH 12,59) yang termasuk kategori basa. Berdasarkan hasil yang didapat pengaruh bahan kapur terhadap Fe-larut pada tanah sangat nyata. Pada pemberian dosis tertinggi di setiap jenis kapur semakin menurunkan kadar Fe-larut pada tanah, yaitu pada Kd₃ = 9,94 ppm Fe, Kk₃ = 11,62 ppm Fe dan Kt₃ = 7,14 ppm Fe.

Kapur tohor mampu mengikat ion bervalensi +2 seperti Fe²⁺ sehingga menurunkan kadar Fe larut. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian (Saswita et al., 2018) menunjukkan bahwa semakin banyak massa kapur tohor yang terkoagulasi maka reduksi Fe semakin besar, karena semakin banyak partikel koloid yang menggumpal dan mengendapkan zat kimia maka semakin banyak Fe yang mengendap.

Selain itu, meningkatnya pH tanah dari pemberian kapur akan berpengaruh pada kelarutan Fe yang aktif di larutan tanah karena adanya hubungan antara pH dengan kelarutan Fe cukup erat dengan nilai korelasi -0,49. Hubungan nilai korelasi tersebut bersifat negatif sehingga dapat diartikan ketika pH tanah meningkat maka kelarutan Fe pada tanah akan menurun atau sebaliknya. Konsentrasi tinggi Fe²⁺ di dalam larutan tanah dapat dijumpai pada pH yang rendah sehubungan dengan pembentukan oksida dan hidroksida besi. Toksisitas Fe²⁺ sering terjadi pada pH dan Eh yang rendah dan sebaliknya akan terdefisiensi pada pH dan Eh yang tinggi. Pada keadaan lingkungan alami, besi berpengaruh secara erat pada karakteristik Eh-pH.

3.4. Ketersediaan Fosfor

Kelarutan P pada pemberian 3 jenis kapur, masing-masing dapat meningkatkan kelarutan P secara signifikan. Ketersediaan P tertinggi yaitu 12,01 ppm P pada perlakuan kapur tohor 4,5 t ha⁻¹, namun pada pemberian kapur yang sama dengan dosis 1,9 t ha⁻¹ tidak berpengaruh nyata pada kelarutan P (Gambar 4). Tinggi rendahnya ketersediaan P dipengaruhi oleh jumlah bahan organik yang terurai dalam bentuk asam-asam organik. Asam organik mengikat logam seperti Al dan Fe, sehingga ion P akan terbebas dan tersedia di dalam tanah.



Gambar 4. Hasil rerata pengaruh pemberian jenis kapur terhadap P-tersedia. K₀ = tanpa kapur; Kd₁, Kd₂, Kd₃ = dolomit 1,6; 2,7; 3,9 t ha⁻¹; Kk₁, Kk₂, Kk₃ = kalsit 3,0; 5,0; 7,0 t ha⁻¹; Kt₁, Kt₂, Kt₃ = tohor 1,9; 3,2; 4,5 t ha⁻¹. Angka di atas bar dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

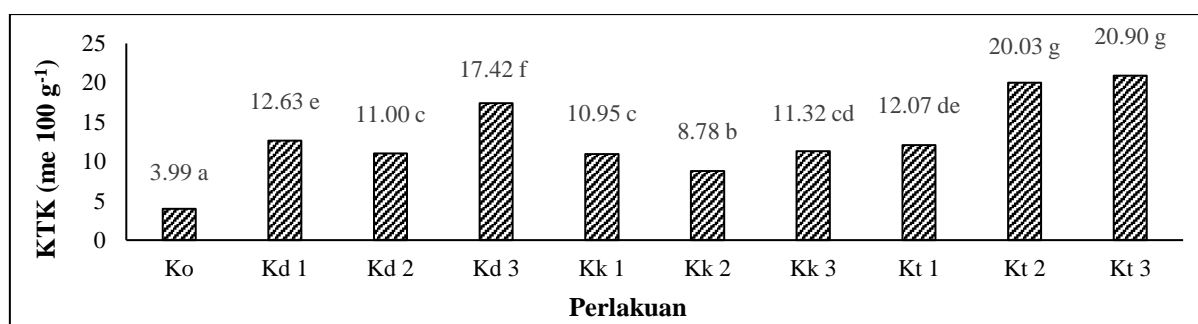
Menurut Supriyadi et al. (2003) peningkatan ketersediaan P di dalam tanah dapat dipengaruhi oleh kapur karena adanya sumber Ca yang bersifat kuadrat pada tanah sampai pada tingkat tertentu. Setelah mencapai titik

maksimum, penambahan kapur yang berlebihan akan menurunkan ketersediaan P karena terbentuk ikatan Ca-P yang relatif tidak larut. Menurut Maulana et al. (2020) adanya disosiasi terjadi di permukaan P yang diserap bersama dengan Ca pada permukaan oksida dan liat. Kompleks tersebut dapat melibatkan ion Ca yang terikat pada dua ion P yang berdekatan dan bermuatan negatif. Hal itu terjadi karena penambahan kapur terhadap tanah masam pada tingkat kation dalam ekstrak air. Hasil penelitian Banaty et al. (2013) pemberian kapur dolomit di lahan pasang surut kelarutan Al dan nilai pH berpengaruh nyata, sedangkan pada kelarutan Fe dan ketersediaan P, Ca, Mg tidak berpengaruh nyata.

Penurunan ketersediaan Al dan kelarutan Fe menyebabkan P tersedia mengalami peningkatan, dapat ditunjukkan dengan pelepasan P yang disebabkan oleh peningkatan pH. Namun penyerapan P secara khusus di permukaan hidro-oksida dan dapat diserap ketika pH di larutan tanah meningkat dan didukung adanya peningkatan konsentrasi larutan Ca, sehingga terjadi adsorpsi P yang mengurangi perpindahan P oleh ion hidroksil. Adanya hubungan antara pH dengan ketersediaan P cukup erat dengan nilai korelasi 0,45 yang bersifat positif, dapat diartikan dengan adanya kenaikan pH tanah maka akan meningkatkan ketersediaan P ataupun sebaliknya.

3.5. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Gambar 5. menunjukkan bahwa pemberian kapur dolomit, kalsit dan tohor dapat meningkatkan KTK tanah. Hasil analisis uji beda nilai tengah menunjukkan bahwa nilai KTK tanah tertinggi dengan rerata 20,90 me 100 g⁻¹ pada pemberian kapur tohor 4,5 t ha⁻¹. Sedangkan pada kapur dolomit peningkatan KTK berada pada dosis 3,9 t ha⁻¹ dan kapur kalsit pada dosis 7,0 t ha⁻¹. Meningkatnya kapasitas tukar kation (KTK) adalah kemampuan tanah untuk penyerapan dan pelepasan kation sehingga disebut sebagai jumlah kation yang dapat dipertukarkan. Brady dan Weil (2002) menyatakan adanya gugus OH dan COOH dalam penambahan muatan negatif tanah dapat menyebabkan peningkatan KTK. Koesrini et al., (2015) juga menyatakan meningkatnya KTK sejalan dengan peningkatan pH dan terjadinya netralisasi ion Al yang teradsorpsi kuat dan digantikan dengan jumlah yang setara dari ion Ca yang kurang teradsorpsi.



Gambar 5. Hasil rerata pengaruh pemberian jenis kapur terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK). K₀ = tanpa kapur; Kd₁, Kd₂, Kd₃ = dolomit 1,6; 2,7; 3,9 t ha⁻¹; Kk₁, Kk₂, Kk₃ = kalsit 3,0; 5,0; 7,0 t ha⁻¹; Kt₁, Kt₂, Kt₃ = tohor 1,9; 3,2; 4,5 t ha⁻¹. Angka di atas bar dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Hubungan antara pH dengan KTK yang cukup erat dengan nilai korelasi 0,48 yang bersifat positif. Dapat diartikan ketika kenaikan pH akan diiringi dengan kapasitas tukar kation yang semakin tinggi. Tingkat KTK yang tinggi mempengaruhi pertukaran kation basa, dimana saat adanya pertukaran ion H⁺ pada OH dan COOH di koloid tanah bertukar dengan ion Ca²⁺ dan K⁺. Dalam proses tersebut terjadi adanya pengaruh kenaikan pH tanah yang bersifat basa, sehingga diindikasikan memiliki Ca dan K yang cukup.

4. Kesimpulan

Pemberian berbagai jenis kapur meliputi kapur dolomit, kapur kalsit, dan kapur tohor berpengaruh nyata terhadap pH, Al-dd, Fe-larut, P-tersedia dan KTK di lahan pasang surut. Pemberian dari tiga jenis kapur di lahan pasang surut, kapur tohor dengan dosis 4,5 t ha⁻¹ mempunyai kemampuan dalam meningkatkan kelarutan P di lahan pasang surut jika dibandingkan dengan kapur dolomit dan kapur kalsit.

Daftar Pustaka

Amsya, R.M., Zakri, R.S., Fikri, M.R. 2021. Analisis pengaruh penggunaan fly ash dan kapur tohor pada penetralan ph air asam tambang di PT. Mandiangin Bara Prima. Jurnal Sains dan Teknologi 21(1), 109-116. <http://dx.doi.org/10.36275/stsp.v21i1.368>

- Banaty, O., Yenny, Endarto, O., Dasilva, H. 2013. Pengaruh pemberian amelioran pada dua tipe budidaya jeruk siam banjar di lahan pasang surut terhadap perubahan sifat kimia tanah. Balai besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Prosiding Seminar Nasional: Mewujudkan Kedaulatan Pangan pada Lahan Sub Optimal Melalui Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi. 12-13 Oktober, Ambon.
- Brady, N.C., Weil, R.R. 2002. *The Nature and Properties of Soils*, 13th edition, Macmillan.
- Haras, M., Turangan, A.E., Legrans, R.R.I. 2017. Pengaruh penambahan kapur terhadap kuat geser tanah lempung. *Jurnal Tekno* 15(67), 77-86. <https://doi.org/10.35793/jts.v15i67.15750>
- Koesrini, Anwar, K., Berlian, E. 2015. Penggunaan kapur dan varietas adaptif untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan sulfat masam aktual. *Berita Biologi* 14(2), 155-161.
- Maulana, A., Herviyanti, H., Prasetyo, T.B. 2020. Pengaruh berbagai jenis kapur dalam aplikasi pengapuran untuk memperbaiki sifat kimia Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 7(2), 209–214. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.2.04>
- Nazemi, D., Hairani, A., Nurita. 2012. Optimalisasi pemanfaatan lahan rawa pasang surut melalui pengelolaan lahan dan komoditas. *Agrovigor* 5(1), 52–57.
- Nurisman, E., Chyadi, R., Hadriansyah, I. 2012. Studi terhadap dosis penggunaan kapur tohor (CaO) pada proses pengolahan air asam tambang pada kolam pengendap lumpur tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 5.
- Nurlaila, N., Aziz, A.F., Heiriyani, T., Sari, N.N. 2021. Aplikasi amelioran di tanah sulfat masam terhadap dinamika amonium dan nitrat pada beberapa stadia umur padi. *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian* 6(2), 81. <https://doi.org/10.35329/agrovital.v6i2.2374>
- Rachmawati, A.Y., Wardiyati, T. 2017. Pengaruh pH tanah dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan warna bunga hortensia (*Hydrangea macrophylla*). *Plantropica* 2(1), 23–29.
- Saswita, N., Sulistiyani, Setiani, O. 2018. Penggunaan kapur tohor (CaO) dalam penurunan kadar logam Fe dan Mn pada limbah cair pewarnaan ulang jeans Kabupaten Magelang tahun 2017. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 6(1), 662-669.
- Supriyadi, Utomo, S. 2003. Kajian volume pemberian air dan dosis pengapuran terhadap ketersediaan P pada tanaman jagung bayi (*Zea mays* L.) di tanah Alfisol. *Carakatani* 18(3), 13-24.
- Suriadikarta, D.A. 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1), 36–45.