

Pengaruh Ukuran Butiran Kapur Pertanian yang Diberikan Berdasarkan Sulfat Larut terhadap Peningkatan pH Tanah Sulfat Masam

Ramzy Nurul Afiat, Muhammad Mahbub*, Zuraida Titin Mariana

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

* Email penulis: mmahbub@ulm.ac.id

Informasi Artikel

Received 17 November 2023

Accepted 08 Februari 2024

Published 09 Februari 2024

Online 09 Februari 2024

Keywords:

Acid Sulfate Soil; $CaCO_3$;

Lime; Soil pH

Abstract

Acid sulfate soils contain pyrite and when pyrite is oxidized it causes the soil pH to decrease. Application of agricultural lime $CaCO_3$ is needed to raise soil pH. The grain size of lime greatly affects the fast, slow, and persistent increase in soil pH. This research method used a completely randomized design (CRD) with a single factor, namely the grain size of agricultural lime (18-35 mesh, 18-70 mesh, <18 mesh, 35-70 mesh, <35 mesh, <70 mesh). The treatment was repeated 4 times. The dose of lime given is based on the value of the bulk density of the soil and the sulfur of the soil solution. Observation of soil pH was carried out after an incubation period of 4 weeks using glass electrodes with various ratios of soil and water (1:2.5; 1:5; 1:7.5; 1:10). The results showed that the grain size of lime affects the increase in pH of acid sulfate soil in the soil-water ratio measurement method of 1:5 and 1:10, except for the measurement method 1:2.5 and 1:7.5. The smaller the lime size, the greater the increase in pH of acid sulfate soil. The largest increase in soil pH in the soil-water ratio measurement method was 1:10, for each grain size from the largest to the smallest: 18 - 35 mesh, 18 - 70 mesh, <18 mesh, 35 - 70 mesh, <35 mesh and <70 mesh, resulting in soil pH successively: pH 4.52; pH 4.58; pH 4.53; pH 4.60 ; pH 4.63 and pH 4.70.

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi sumber daya lahan yang cukup besar sekitar 188,2 juta ha, terdiri atas 144 juta ha lahan kering dan 44,20 juta ha lahan basah termasuk lahan rawa (gambut, pasang surut, lebak) dan lahan yang sudah menjadi sawah permanen (Subagyo et al., 2000). Luas lahan rawa pasang surut diperkirakan seluas 20,11 juta ha, terdiri dari 2,07 juta ha lahan potensial, 6,71 juta ha lahan sulfat masam, 10,89 juta ha lahan gambut dan 0,44 juta ha lahan salin (Sulaiman et al., 2018).

Tanah sulfat masam mengandung pirit yang bila terbuka ke udara mengakibatkan terjadinya reaksi oksidasi membentuk asam sulfat dan oksida besi sehingga tanah tidak dapat digunakan untuk pertanian (Suriadikarta, 2005). Menurut Noor (2004) dan Priatmadi, (2004) bahwa sifat kemasaman tanah yang tinggi (pH <4,5), unsur unsur yang bersifat racun seperti Al, Fe, CO_2 , dan asam organik merupakan faktor penghambat bagi pertumbuhan tanaman di tanah sulfat masam.

Pengapuran dapat meningkatkan pH tanah dan ketersediaan hara dalam tanah, serta dapat menurunkan konsentrasi unsur-unsur yang beracun (Ejigu et al., 2023). Untuk meningkatkan pH tanah dengan efektif, pengapuran dapat di tentukan oleh tingkat kehalusan bahan kapur. Ukuran butiran atau kehalusan kapur yang digunakan dapat memberikan indikasi jumlah bahan yang diharapkan dapat memperbaiki keasaman tanah. Kapur ukuran halus bereaksi lebih cepat, sehingga dengan cepat mengubah keasaman tanah. Efektivitas bahan kapur ini tergantung pada tingkat kehalusannya, kehalusan yang cukup baik adalah butir kapur yang lolos dengan ayakan lebih dari 60 mesh, dan lebih baik dengan ayakan 100 mesh (William, 1960).

Pada lahan sulfat masam di Kalimantan Selatan banyak digunakan sebagai lahan pertanian. Lahan sulfat masam tersebut memiliki kemasaman yang cukup tinggi, sehingga perlu adanya perlakuan khusus untuk memperbaiki kemasaman tanahnya. Penelitian mengenai pengapuran untuk meningkatkan pH tanah dengan ukuran butiran kapur yang berbeda di tanah sulfat masam sangat diperlukan dan dosis kapur yang diberikan disesuaikan dengan sulfat larut pada tanah tersebut.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juni 2021-November 2021. Pelaksanaan penelitian berlokasi di Laboratorium Fisika dan Kimia Jurusan Ilmu Tanah dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

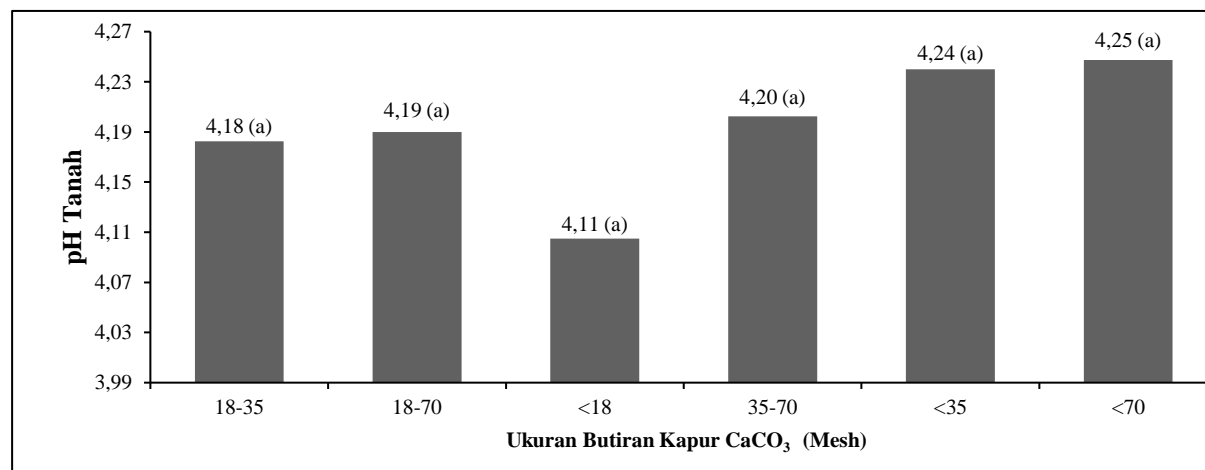
2.2. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan percobaan RAL faktor tunggal yaitu pemberian kapur pertanian CaCO_3 dengan berbagai ukuran butiran. Ukuran butiran yang dicobakan terdiri dari enam ukuran yaitu : Ukuran kapur antara 18–35 mesh (0,5 mm – 1 mm), 18–70 mesh (0,21 mm – 1 mm), < 18 mesh (< 1 mm), 35–70 mesh (0,21 mm – 0,5 mm), < 35 mesh (< 0,5 mm), dan ukuran kapur < 70 mesh (< 0,21 mm). Perlakuan diulang sebanyak empat kali. Analisis data menggunakan program Anova Excel, dan uji beda nilai tengah menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95%.

Tanah yang digunakan dalam penelitian diambil pada 3 (tiga) titik didaerah Kecamatan Sungai Rangsang Kabupaten Banjar dengan kedalaman 0-20 cm. Analisa tanah pendahuluan meliputi pH tanah, sulfat larut, *bulk density* (BD), dan kapasitas lapang. Sebelum dilaksanakan analisa awal, tanah yang telah diambil dikering anginkan terlebih dahulu, kemudian ditumbuk dan disaring dengan saringan 2,0 mm. Tanah dimasukkan kedalam pot percobaan sebanyak 250 g dan diberi perlakuan kapur pertanian sesuai dengan perlakuan ukuran butiran kapur yang dicobakan, serta disusun sesuai dengan denah perlakuan. Inkubasi kapur selama 4 minggu dan pengukuran pH tanah menggunakan metode elektroda glass dengan perbandingan tanah dan air yang berbeda-beda (1:2,5; 1:5; 1:7,5; 1:10).

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian pengaruh ukuran butiran kapur CaCO_3 terhadap perubahan pH H_2O 1:2,5 tanah lahan sulfat masam Kecamatan Sungai Rangsang Kabupaten Banjar. Hasil analisis ragam menunjukkan pemberian kapur CaCO_3 dengan berbagai ukuran butiran tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pH H_2O 1:2,5. Nilai pH tanah sulfat masam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran <18 mesh, <35 mesh, <70 mesh, 18-35 mesh, 35-70 mesh, 18-70 mesh berkisar antara 4,11 - 4,25 (Gambar 1).



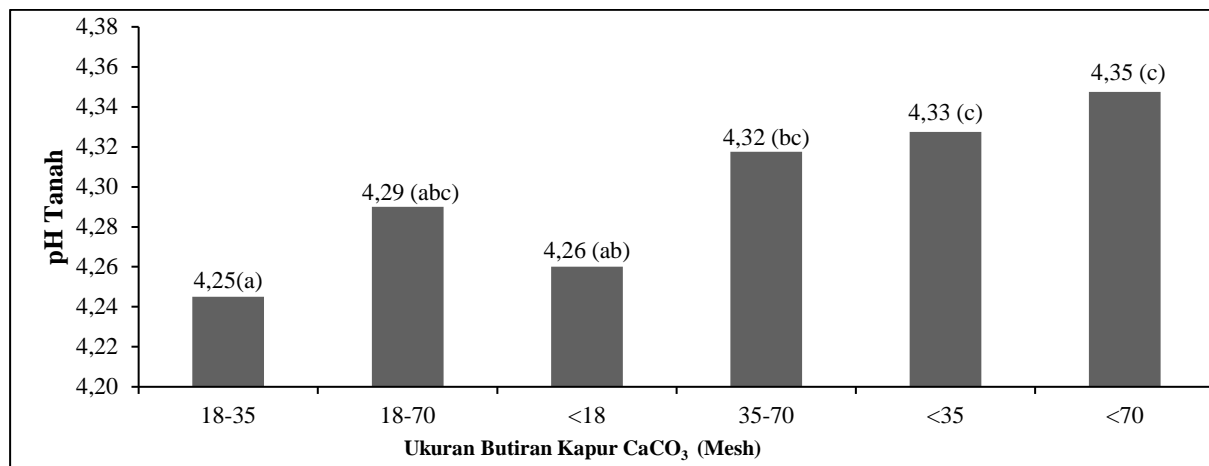
Keterangan : Ukuran kapur <70 = Lolos Ayakan 0,21 mm; <35 = Lolos Ayakan 0,5 mm; <18 = Lolos Ayakan 0,1 mm; 35-70 = Lolos Ayakan 0,5 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-70 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-35 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,5 mm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, bermakna tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Gambar 1. Pengaruh pemberian kapur pertanian pada berbagai ukuran butiran terhadap pH tanah sulfat masam (pH H_2O 1:2,5).

Hasil analisis ragam menunjukkan pemberian kapur CaCO_3 dengan berbagai ukuran butiran berpengaruh nyata terhadap parameter pH H_2O 1:5. Nilai pH tanah sulfat masam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran 18-35 mesh tidak berbeda nyata terhadap ukuran <18 mesh dan 18-70 mesh, namun berbeda nyata dengan ukuran <35 mesh, <70 mesh, dan 35-70 mesh. Pada perlakuan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran <35 mesh dan <70 mesh tidak berbeda nyata dengan ukuran 35-70 mesh, dan 18-70 mesh, tetapi berbeda

nyata dengan ukuran <18 mesh, dimana dengan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran <70 mesh lebih meningkatkan pH H_2O 1:5 pada tanah sulfat masam (Gambar 2).

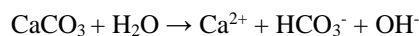
Kemasaman (pH) tanah merupakan gambaran dari jumlah konsentrasi ion H^+ yang ada ditanah, jika jumlah konsentrasi ion H^+ didalam tanah tinggi akan menyebabkan tanah menjadi masam (Hardjowigeno, 1995). Berdasarkan hasil pemberian kapur CaCO_3 terhadap pengamatan pH H_2O 1:5 menunjukkan bahwa ukuran butiran kapur CaCO_3 berpengaruh nyata terhadap pH H_2O 1:5 pada lahan sulfat masam. Semakin kecil ukuran butiran kapur yang diberikan maka semakin meningkatkan pH tanah. Pada penelitian ini ukuran butiran terkecil kapur yg diberikan adalah <70 mesh. Pengaruhnya dalam meningkatkan pH tanah masam hanya sampai pH 4,35. Hal ini disebabkan karena lahan sulfat masam memiliki kandungan besi sulfida FeS_2 yang tinggi, sehingga menyebabkan daya sangga tanah sulfat masam tinggi terhadap kapur CaCO_3 .



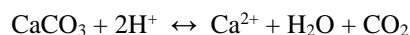
Keterangan : Ukuran kapur <70 = Lolos Ayakan 0,21 mm; <35 = Lolos Ayakan 0,5 mm; <18 = Lolos Ayakan 0,1 mm; 35-70 = Lolos Ayakan 0,5 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-70 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-35 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,5 mm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, bermakna tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Gambar 2. Pengaruh pemberian kapur pertanian pada berbagai ukuran butiran terhadap pH tanah sulfat masam (pH H_2O 1:5)

Kapur memiliki sifat menetralkan tanah, akan tetapi pada tanah yang memiliki sumber kemasaman besi sulfida FeS_2 , kapur belum dapat meningkatkan pH tanah dari kategori masam (pH 4,5-5,5) menjadi agak masam (pH 5,5-6,5). Hal ini disebabkan karena tanah punya kemasaman potensial total yang tinggi. Berdasarkan penelitian Mariana (2011), kemasaman potensial total berkorelasi negatif sangat nyata dengan reaksi tanah (pH). Meningkatnya kemasaman potensial total diikuti dengan menurunnya pH tanah. Pemberian kapur dengan berbagai ukuran butiran memberikan respon yang berbeda terhadap pH tanah. Pada ukuran kapur yang semakin halus untuk terlarutnya akan lebih cepat dibanding dengan ukuran butiran yang lebih besar. Peningkatan pH tanah dikarenakan pemberian kapur CaCO_3 pada tanah menghasilkan ion hidroksida (OH^-) dengan reaksi sebagai berikut:



Larutan bersifat basa (OH^-), sehingga meningkatkan nilai pH. Reaksi Netralisasi CaCO_3 :

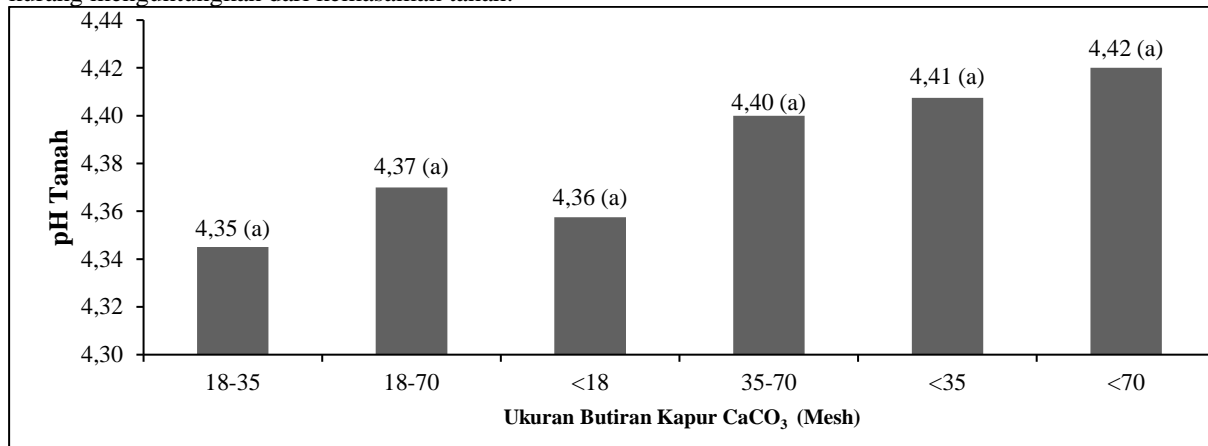


Pendapat tersebut juga didukung oleh Dariah et al. (2015), bahwa pemberian kapur CaCO_3 pada tanah dapat meningkatkan pH. Hasil analisis ragam menunjukkan pemberian kapur CaCO_3 tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pH H_2O 1:7,5. Nilai pH tanah sulfat masam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran <18 mesh, <35 mesh, <70 mesh, 18-35 mesh, 35-70 mesh, 18-70 mesh berkisar antara 4,35 - 4,42 (Gambar 3).

Hasil analisis ragam menunjukkan pemberian kapur CaCO_3 berpengaruh sangat nyata terhadap parameter pH H_2O 1:10. Nilai pH tanah sulfat masam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran 18-35 mesh berbeda nyata terhadap 35-70 mesh, <35 mesh, dan <70 mesh, namun tidak berbeda nyata terhadap <18 mesh dan 18-70 mesh. Pada perlakuan pemberian kapur CaCO_3 dengan ukuran mesh <70 mesh tidak berbeda nyata dengan <35 mesh dan semakin kecil ukuran butiran kapur yang diberikan semakin meningkatkan nilai pH tanah (pH H_2O 1:10).

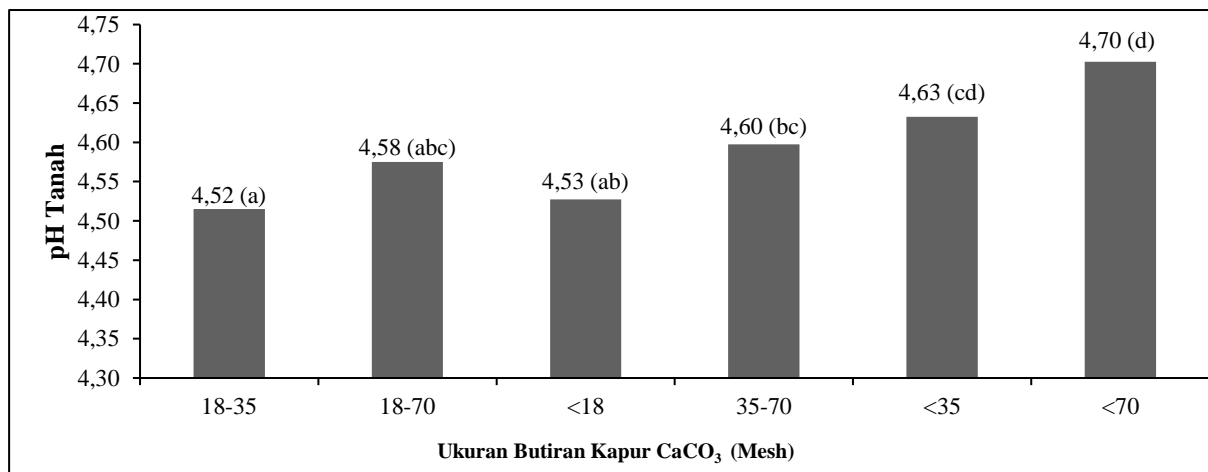
Hasil pemberian kapur CaCO_3 terhadap pengamatan pH H_2O 1:10 menunjukkan antar ukuran butiran kapur CaCO_3 berpengaruh sangat nyata terhadap pH H_2O 1:10 pada lahan sulfat masam, peningkatan nilai pH yang

dihasilkan rata-rata yaitu 4,52–4,70. Hal ini sejalan dengan pernyataan Rosmaiti (2017), bahwa tingkat kehalusan kapur sangat menentukan keefektifan dalam hal menetralkan keasaman tanah, hal tersebut dikarenakan pada tingkat kehalusan kapur yang tinggi, kapur yang diberikan cepat terlarut dan persentuhan kapur dengan partikel - partikel koloid tanah merata, sehingga kapur yang diberikan cepat bereaksi. Hasil penelitian ini menunjukkan interaksi antara tingkat kehalusan kapur dan kemasaman tanah dimana pH tanah mengalami kenaikan yang cukup beragam sesuai dengan ukuran butiran kapur dapat dilihat pada Gambar 4. Hal ini dikukung oleh Burhanuddin et al. (2016), kapur mengandung senyawa Ca^{2+} yang mampu menetralkan pengaruh buruk dari Al dan pengaruh kurang menguntungkan dari kemasaman tanah.



Keterangan : Ukuran kapur <70 = Lolos Ayakan 0,21 mm; <35 = Lolos Ayakan 0,5 mm; <18 = Lolos Ayakan 0,1 mm; 35-70 = Lolos Ayakan 0,5 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-70 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-35 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,5 mm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, bermakna tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Gambar 3. Pengaruh pemberian kapur pertanian pada berbagai ukuran butiran terhadap pH tanah sulfat masam (pH H_2O 1:7,5).

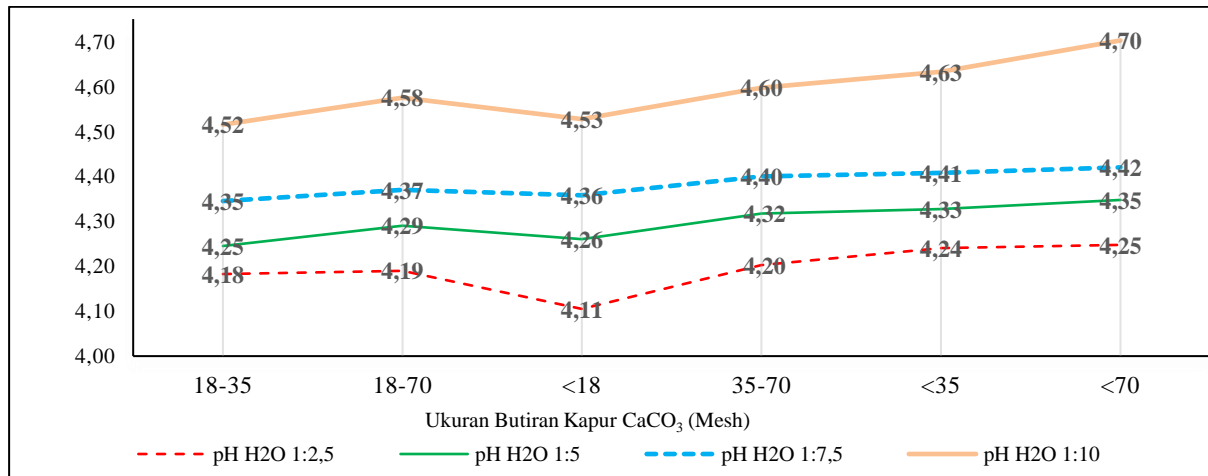


Keterangan : Ukuran kapur <70 = Lolos Ayakan 0,21 mm; <35 = Lolos Ayakan 0,5 mm; <18 = Lolos Ayakan 0,1 mm; 35-70 = Lolos Ayakan 0,5 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-70 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-35 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,5 mm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, bermakna tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Gambar 4. Pengaruh pemberian kapur pertanian pada berbagai ukuran butiran terhadap pH tanah sulfat masam (pH H_2O 1:10).

Pengamatan nilai pH tanah pada berbagai perbandingan konsentrasi antara tanah dan air (perbandingan 1:2,5; 1:5; 1:7,5 dan 1:10) di tanah sulfat masam yang diberi kapur dengan berbagai ukuran butiran dapat dilihat pada Gambar 5. Semakin tinggi perbandingan antara tanah dan air dalam analisa pH tanah menunjukkan semakin tinggi nilai pH tanah sulfat masam. Semakin kecil ukuran butiran yang diaplikasikan ke tanah sulfat masam juga semakin meningkatkan pH tanah.

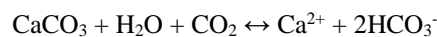
Berdasarkan hasil penelitian setelah dilakukan perlakuan pemberian kapur CaCO_3 mampu meningkatkan nilai pH tetapi pada pengamatan pH H_2O 1:2,5 dan pH H_2O 1:7,5 menunjukkan bahwa antar ukuran butiran kapur CaCO_3 tidak berpengaruh nyata. Pada pengamatan pH H_2O 1:2,5 mengalami peningkatan nilai pH yang dihasilkan rata-rata yaitu 4,11-4,25 dapat dilihat pada Gambar 1 dan pH H_2O 1:7,5 mengalami peningkatan nilai pH yang dihasilkan rata-rata yaitu 4,35 - 4,42 dapat dilihat pada Gambar 3.



Keterangan : Ukuran kapur <70 = Lolos Ayakan 0,21 mm; <35 = Lolos Ayakan 0,5 mm; <18 = Lolos Ayakan 0,1 mm; 35-70 = Lolos Ayakan 0,5 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-70 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,21 mm; 18-35 = Lolos Ayakan 0,1 mm Tetapi Tidak Lolos Ayakan 0,5 mm. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, bermakna tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Gambar 5. Nilai pH tanah pada berbagai perbandingan konsentrasi antara tanah dan H_2O (perbandingan 1:2,5; 1:5; 1:7,5 dan 1:10) di tanah sulfat masam yang diberikan kapur CaCO_3 dengan berbagai ukuran butiran.

Peningkatan nilai pH terjadi dikarenakan adanya penambahan kapur CaCO_3 akan tetapi jumlah kapur yang diberikan tidak mampu mempengaruhi peningkatan pH H_2O 1:2,5 dan pH H_2O 1:7,5 secara signifikan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ejigu et al. (2023), yang menyatakan bahwa air berpengaruh pada nilai pH. Hasibuan et al. (2012), menyatakan bahwa pelepasan ion kalsium dan bikarbonat dari kapur CaCO_3 yang larut dalam tanah berlangsung lambat, sebagaimana yang terlihat pada reaksi kimia berikut:



Berdasarkan Nilai pH tanah pada berbagai perbandingan konsentrasi antara tanah dan H_2O (perbandingan 1:2,5; 1:5; 1:7,5 dan 1:10) pada tanah sulfat masam semakin tinggi perbandingan antara tanah dan air dalam analisa pH tanah menunjukkan semakin tinggi nilai pH pada tanah sulfat masam yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pernyataan ini sesuai dengan Pratomo (2017), semakin kecil ukuran butiran kapur maka semakin besar luas permukaan sehingga semakin cepat reaksi pada tanah dan air.

Nilai pH tanah pada berbagai perbandingan konsentrasi antara tanah dan H_2O (perbandingan 1:2,5; 1:5; 1:7,5 dan 1:10) pada tanah sulfat masam pada ukuran 70 mesh mengalami peningkatan yang terbaik, akan tetapi jangka waktu kenaikan pH tidak akan lebih lama daripada ukuran 18-70 mesh. Hal itu disebabkan karena adanya pencampuran ukuran butiran yang berbeda sehingga menyebabkan kelarutan pada tanah memerlukan waktu sedikit lebih lama.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan aplikasi kebutuhan kapur pertanian CaCO_3 berdasarkan %S sulfat larut dan berbagai ukuran butiran dengan masa inkubasi 4 minggu meningkatkan pH tanah sulfat masam, baik metode pengukuran pH H_2O 1:5 (tanah : air) dan 1:10 (tanah: air), kecuali pada metode pengukuran pH H_2O 1:2,5 dan 1:7,5. Semakin kecil ukuran kapur semakin besar peningkatan pH tanah sulfat masam. Peningkatan pH tanah terbesar terjadi pada metode pengukuran pH H_2O 1:10 (tanah : air), untuk masing – masing ukuran butiran mulai terbesar hingga terkecil: 18-35 mesh (0,1-0,5 mm) ; 18-70 mesh (0,1-0,21 mm) ; <18 mesh (<0,1 mm) ; 35-70 mesh (0,5-0,21 mm) ; <35 mesh (<0,5 mm) dan <70 mesh (<0,21 mm), menghasilkan pH tanah berturut – turut: pH 4,52 ; pH 4,58 ; pH 4,53 ; pH 4,60 ; pH 4,63 dan pH 4,70.

Daftar Pustaka

- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W., Pratiwi, E. 2015. Pembenh tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2), 65-71.
- Balik, J., Vanek, V., Pavlikova, D. 2005. Function of Ca in plant and soil. Proc. 11th Int. Conf. Reasonable use of fertilizers, Czech University of Agriculture in Prague, 14–21.
- Burhanuddin, Yudarfis, Idris, H. 2016. Pengaruh pemberian kapur dan kompos terhadap pertumbuhan dan produksi jahe putih besar pada tanah Podsolik merah kuning. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah* 27(1), 47-53.
- Ejigu, W., Selassie, Y.G., Elias, E., Molla, E. 2023. Effect of lime rates and method of application on soil properties of acidic Luvisols and wheat (*Triticum aestivum*, L.) yields in northwest Ethiopia. *Heliyon* 9(3), e13988.
- Foth, D.H. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Erlangga, Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu Tanah*. Akademika Persindo, Jakarta.
- Hasibuan, S., Syafridiman, Tardilus. 2012. Penggunaan kapur CaCO₃ pada tanah dasar kolam ikan berbeda umur di Desa Koto Mesjid Kabupaten Kampar. *Berkala Perikanan Terubuk* 40(2), 34-46.
- Mariana, Z.T. 2011. Kajian kemasaman potensial total pada tanah rawa di kalimantan selatan. *Jurnal Agroscentiae* 18(2), 70-73.
- Noor, M. 2004. *Lahan Rawa, Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Pratomo, D. 2017. *Studi Variasi Ukuran Butir CaCO₃ Pada Proses Desulfurisasi Kokas Petroleum yang Terkalsinasi Menggunakan Reaktor Rotary Autoclave*. Skripsi. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Priatmadi, B.J. 2004. *Segmentasi Dinamika N dan Fe dan Reklamasi Tanah Sulfat Masam dalam Kaitannya dengan Pertumbuhan Tanaman Padi*. Disertasi. Universitas Brawjaya Malang.
- Rosmaiti., Syukri, Fauzi, A. 2017. Pengaruh kehalusan kapur terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) pada tingkat kemasaman tanah yang berbeda. *AGROSAMUDRA*, 4(1), 23-34.
- Subagyo, H., Suharta, N., Siswanto, A.B. 2000. Tanah-tanah Pertanian di Indonesia. Halaman 21-66 pada Buku *Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sulaiman, A.A., Subagyo, K., Alihamsyah, T., Noor, M., Hermanto, Muharam, A., Subiksa, I.G.M., Suwastika, I.W. 2018. *Membangkitkan Lahan Rawa, Membangun Lumbung Padi Indonesia*. IAARD Press, Bogor.
- Swastika, J. 2001. *Pengamatan Laju Dekomposisi Bahan Organik Pada Proses Pengeringan Tanah Dasar Tambak*. Balai Budidaya Lampung. 227 hal.
- Suriadikarta, D.A. 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian* 24(1), 36-45.
- William, E. G. 1960. Some aspects of phosphate retention and availability in soils. *Int. Congr. of Soil Sci., Trans.* 7th 3, 602-611.