

Pengaruh Pupuk Cair terhadap pH, Fe-larut, dan C-organik di Tanah Sulfat Masam Desa Danda Jaya

Mei Latifika Faridatus Arifa*, Fakhur Razie, Syaifuddin

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

* Email penulis korespondensi: 1610513120009@mhs.ulm.ac.id

Informasi Artikel

Received 28 Maret 2024

Accepted 26 Juli 2024

Published 29 Juli 2024

Online 29 Juli 2024

Keywords:

Agricultural waste; Iron poisoning; Organic fertilizer; Organic matter; Wetlands

Abstract

One of the challenges of acid sulfate soil is the high Fe content in the soil, thus effective processing is needed to address its toxicity. The purpose of this study was to determine the changes in soil pH, Fe solubility, and organic-C from liquid fertilizer in acid sulfate soil in Danda Jaya Village, as well as to determine the relationship between soluble Fe and soil pH, organic-C and soil pH, and soluble-Fe. This research was structured using a descriptive method by comparing the application of liquid fertilizer with a control. The study was conducted in the Chemistry, Physics, and Biology Laboratory of the Soil Department, Faculty of Agriculture, Lambung Mangkurat University. The results of the study showed that the application of liquid fertilizer was able to increase pH and organic-C and decrease Fe solubility. Additionally, there was a correlation between soluble-Fe and pH with a coefficient of -0,95, a correlation between organic-C and pH with a coefficient of 0,91, and a correlation between organic-C and soluble-Fe with a coefficient of -0.89. Furthermore, the equation for the relationships was soil pH = -0.002 soluble-Fe + 5.958, Soil pH = 0.30 organic-C + 4,43, and soluble Fe = -154.92 organic-C + 830.15.

1. Pendahuluan

Luasan lahan rawa di Indonesia adalah sekitar 32,67 juta ha, terdiri dari 12,42 juta ha lahan rawa pasang surut dan 20,26 juta ha lahan rawa lebak. Kalimantan selatan memiliki luas lahan rawa 1,01 juta ha yang terdiri dari rawa pasang surut mineral seluas 392.950 ha dan luas lahan rawa lebak 617.096 ha (BBSDLP, 2020). Kecamatan Rantau Badauh Kabupaten Barito Kuala memiliki luas 26.181 ha yang terdiri dari lahan sawah, lahan basah, lahan perkebunan, hutan, dan peruntukan lahan lainnya (BPS, 2024). Salah satu tipe luapan lahan pasang surut yang digunakan untuk budidaya padi (persawahan) adalah lahan pasang surut tipe luapan C (Amara et al., 2020).

Budidaya tanaman pangan di lahan rawa pasang surut dihadapkan pada keragaman sifat kimia tanah, berupa pH tanah yang rendah yaitu <3,5 (Hutahaean et al, 2015). Koesrini (2017) menyatakan bahwa tanah di lahan rawa pasang surut mengandung zat beracun seperti besi (Fe^{2+}) sebanyak 407,25 ppm. Selain itu, permasalahan yang terjadi di lahan pasang surut antara lain pH tanah rendah, kandungan hara yang rendah, genangan air yang tidak dapat dikendalikan dan kandungan Al serta Fe yang tinggi (Fauzi et al., 2023; Maulidi et al., 2023). Menurut Sipi dan Subiadi (2016) tanaman padi yang mengalami keracunan Fe akan memiliki ciri fisik yaitu daun tidak menguning tapi terlihat pucat dan terdapat bagian seperti berkarat agak kemerahan pada daunnya. Menurut Xiao et al. (2021), bahwa Fe dapat berbentuk Fe^{2+} larut di dalam air, sedangkan bentuk Fe^{3+} mengendap sebagai mineral Fe oksida atau FeS_2 .

Bahan organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produktivitas lahan pertanian dalam perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Sondakh, 2018). Bahan organik pada lahan rawa dapat berfungsi untuk mempertahankan suasana reduksi. Pada kondisi reduksi terjadi perubahan Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} (Abduh dan Annisa, 2016).

Pupuk cair adalah larutan dari hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari kotoran hewan (feses dan urine), dan sisa tanaman yang mengandung unsur hara lebih dari satu (Nisah et al., 2023). Menurut Marian dan Tuhuteru (2019) pupuk cair limbah tahu mengandung unsur hara Nitrogen 1,24 %, P_2O_5 5,54%, K_2O 1,34 % dan C-organik 5,80 % yang merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman. Menurut Norhalimah et al.

(2022) bahwa penggunaan pupuk cair limbah tahu mampu meningkatkan asam-asam organik seperti asam humat dan fulvat yang memegang peranan penting dalam pengikatan Fe maupun Al.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian dilakukan untuk mengetahui perubahan pH tanah, kelarutan Fe, dan C-organik dari pupuk cair di tanah sulfat masam Desa Danda Jaya, serta mengetahui korelasi dan bentuk hubungan antara Fe-larut dengan pH tanah, C-organik dengan pH tanah, dan Fe-larut.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juli 2023. Pengambilan tanah dilakukan di Desa Danda Jaya, Kecamatan Rantau Badauh, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan pada titik koordinat 3°6'10.8" LS 114°40'4.8" BT. Air limbah tahu diambil dari pabrik tahu di Jalan Murai, Loktabat Utara, Kecamatan Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Inkubasi dan analisis kimia dilakukan di Laboratorium Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat.

2.2. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan metode deskriptif dengan membandingkan antara pemberian pupuk cair dengan kontrol. Pengambilan tanah komposit pada kedalaman 0-20 cm dilakukan di Desa Danda Jaya, Kecamatan Rantau Badauh, Kabupaten Barito Kuala yang merupakan lahan pasang surut.

Pupuk cair yang digunakan dari bahan utama air limbah tahu dengan mengaktifkan bahan pengurai seperti EM4 sebanyak 31,20 mL; terasi yang telah dibakar sebanyak 6,20 g dihancurkan dan dilarutkan ke dalam air 62,50 mL, kentang yang telah direbus sebanyak 62,50 g kemudian dihaluskan, gula merah sebanyak 62,50 g dilarutkan ke dalam air 125 mL; air kelapa sebanyak 562,50 mL; dan air cucian beras sebanyak 562,50 mL dengan mencampur dan mengaduk bahan tersebut lalu ditutup rapat selama tiga hari. Setelah itu mencampurkan bahan pengurai dengan bahan seperti kotoran hewan sapi 1,60 kg; urine sapi 0,78 L; air limbah tahu 4,10 L; air kelapa 3,40 L; air cucian beras 0,39 L; dedak 0,47 kg; gula merah 0,16 kg; pengurai 0,31 L; dan air 2,34 L ke dalam satu wadah, dan ditutup rapat selama 21 hari. Pupuk cair dibuka dan diaduk kurang lebih 10 menit setiap satu minggu sekali.

Persiapan media tanam dimulai dengan membersihkan tanah dari akar dan ranting. Tanah diletakan di masing-masing pot dengan diameter atas 25 cm, diameter bawah 19 cm, dan tinggi 23 cm sebanyak 5 kg dan sebagian tanah diambil untuk dilakukan analisis pendahuluan pH, C-organik, dan Fe-larut. Tanah diinkubasi dengan pupuk cair sebanyak 1.321 mL selama dua minggu. Setelah dua minggu tanah di dalam pot diambil untuk analisis di laboratorium untuk mengamati parameter pH tanah, C-organik, dan Fe-larut.

Analisis data menggunakan metode deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi serta hubungan dan bentuk hubungan antara variabel X dan Y. Besarnya hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat dapat ditentukan dengan menghitung nilai koefisien korelasi (r). Nilai koefisien korelasi (r) yang positif menunjukkan hubungan searah antara variabel X dan Y, sedangkan nilai yang negatif menunjukkan arah variabel X dan Y berbanding terbalik. Uji t pada analisis regresi apabila menunjukkan * = Signifikan ($\alpha = 5\%$), ** = Signifikan ($\alpha = 1\%$), dan ns = tidak signifikan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis tanah awal dan pupuk cair limbah tahu

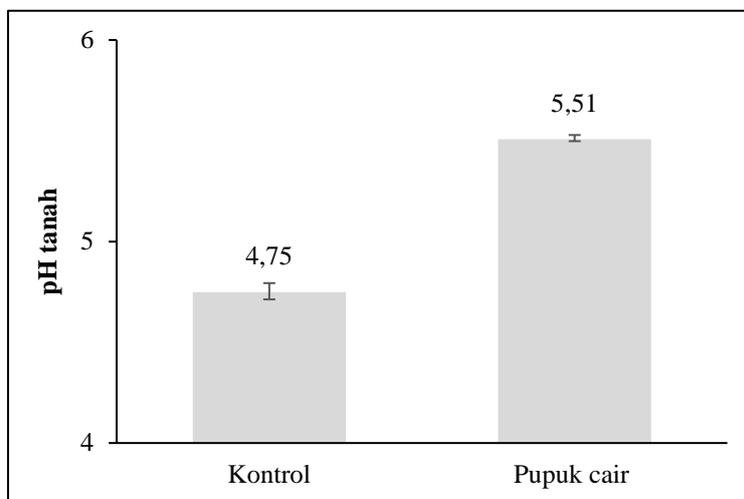
Hasil analisis awal tanah, berdasarkan kriteria dari Eviati et al. (2023) menunjukkan bahwa tanah memiliki pH yang masam (4,65), kandungan C-organik yang rendah (1,49%) dan Fe larut yang tinggi (687,2 ppm). Pada pupuk cair limbah tahu kandungan N pupuk cair, yaitu 0,05% (sedang), sedangkan P sebesar 0,04% (sangat rendah), K sebesar 3,69% (sedang), pH sebesar 5,04 (masam) dan C-organik sebesar 2,61% (sedang). Nilai C/N semakin besar menunjukkan bahwa bahan organik belum terdekomposisi sempurna, begitu juga sebaliknya (Sukmawati et al., 2022).

3.2. Kemasaman tanah (pH)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pupuk cair memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan nilai kemasaman tanah. Nilai pH pada tanah yang diberikan pupuk cair dari bahan limbah tahu adalah 5,51 yang tergolong agak masam sedangkan pada tanah yang tidak diberikan pupuk cair kemasaman tanahnya yaitu 4,75 yang tergolong masam. Hasil penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk cair mampu meningkatkan pH tanah sulfat masam. Pemberian pupuk cair mampu memberikan hasil pH tanah dari 4,75 menjadi 5,51 dengan kategori masam menjadi agak masam. Peningkatan pH tanah pada pemberian pupuk cair terjadi karena pupuk cair mampu melepaskan OH⁻ ke tanah sehingga dapat menetralkan aktivitas ion H⁺. Hal ini sejalan dengan pendapat Aryanti et

al. (2016) bahwa peningkatan pH tanah berarti menurunkan kelarutan H^+ , jumlah H^+ yang dipertukarkan akan berkurang dengan perlahan-lahan, sehingga H^+ terlarut akan menurun. Jumlah H^+ yang terlarut ini dinetralkan oleh ion OH^- yang berasal dari hidrolisis kation-kation basa yang terdapat pada bahan organik dan sebagian H^+ yang dapat dipertukarkan terionisasi untuk mengembalikan keadaan yang seimbang.

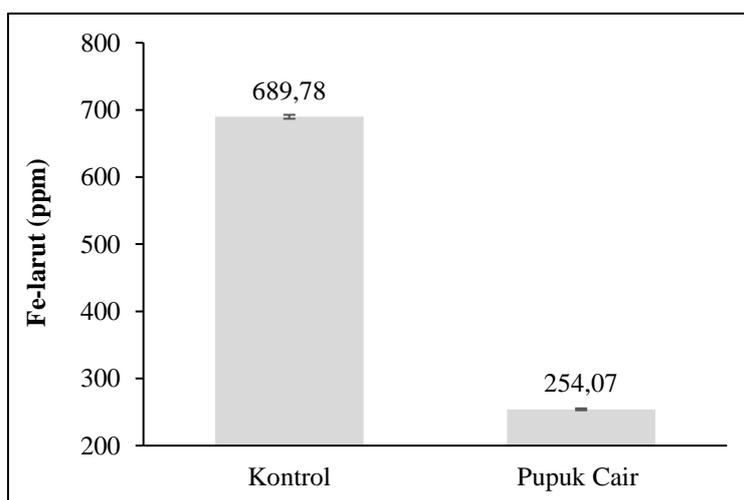


Gambar 1. Pengaruh pemberian pupuk cair terhadap pH tanah

Peningkatan pH tanah terjadi juga karena pemberian pupuk cair yang berkaitan dengan menurunnya kelarutan logam-logam berat seperti Al dan Fe di dalam tanah. Menurut Neina (2019) kemasaman tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan hara di dalam tanah, aktivitas kehidupan jasad renik tanah dan reaksi pupuk yang diberikan ke dalam tanah.

3.3. Fe-larut

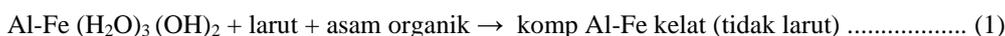
Fe-larut merupakan nilai besi terlarut yang terdapat di dalam tanah. Fe-larut ini dapat meningkatkan kemasaman di dalam tanah. Hasil disajikan pada Gambar 2. Nilai Fe-larut tertinggi ada pada kontrol, yaitu sebesar 689,79 ppm Fe sudah dapat dikatakan meracuni bagi tanaman padi, hal ini diperkuat oleh Nurhasanah et al. (2019) bahwa batas kritis dalam tanaman padi adalah 300 ppm.



Gambar 2. Pengaruh pemberian pupuk cair terhadap Fe-larut tanah

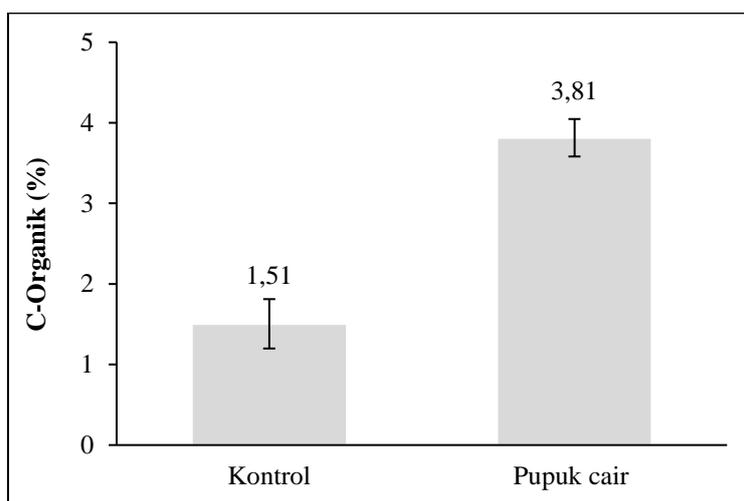
Sedangkan nilai Fe-larut yang diberikan pupuk cair, yaitu sebesar 254,07 ppm Fe, dapat dilihat bahwa dengan pemberian pupuk cair mampu menurunkan kelarutan Fe, hal ini sejalan dengan pendapat Abduh dan Annisa (2016), bahwa penurunan konsentrasi Fe^{2+} pada awal pengamatan disebabkan karena proses pengkelatan Fe^{2+} yang berbanding lurus dengan muatan negatif bahan organik yang terdekomposisi. Bahan organik yang telah terdekomposisi akan menghasilkan ion OH^- yang dapat menetralkan aktivitas ion H^+ . Terbukti dengan penambahan pupuk cair dapat meningkatkan pH sehingga Fe-larut akan berkurang seiring dengan bertambahnya pH tanah. Asam-asam organik juga mengikat Al^{3+} dan Fe^{2+} yang dapat membentuk senyawa kompleks (kelat),

sehingga Al^{3+} dan Fe^{2+} tidak terhidrolisis kembali (Muthmainnah et al., 2021). Proses kelatisasi oleh bahan organik dengan penggambaran reaksi menurut Justi et al. (2022) dapat dilihat pada Persamaan 1 :



3.4. Karbon organik (C-organik) tanah

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada pemberian pupuk cair dapat meningkatkan nilai C-organik di dalam tanah. Nilai C-organik pada kontrol adalah sebesar 1,51% dengan kategori rendah sedangkan pada tanah yang diberikan pupuk cair sebesar 3,82% dengan kategori tinggi. Hasil disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh pemberian pupuk cair terhadap C-organik tanah

Nilai C-organik terendah pada kontrol, yaitu sebesar 1,51% dengan kategori rendah. Pemberian pupuk cair pada tanah sulfat masam meningkatkan nilai C-organik di dalam tanah menjadi 3,82% dengan kategori tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Febrianna et al. (2018), bahwa peningkatan C-organik di dalam tanah disebabkan oleh C yang merupakan penyusun utama dari bahan organik itu sendiri, selain itu juga sejalan dengan Marian dan Tuhuteru (2019) yang menyatakan bahwa pemberian limbah cair tahu dapat meningkatkan bahan organik di dalam tanah karena limbah cair tahu mengandung C-organik sebesar 5,08% yang berperan sebagai bahan organik di dalam tanah.

3.5. Hubungan antara pH tanah, C-organik, dan Fe-larut

Hasil analisis hubungan antara pH, Fe-larut dan C-organik dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis di atas dapat diketahui bahwa nilai koefisien korelasi Fe-larut dengan pH tanah sebesar -0,95 menunjukkan bahwa hubungan antara Fe-larut dan pH tanah memiliki hubungan yang mendekati sempurna. Nilai koefisien korelasi Fe-larut dengan pH tanah menunjukkan nilai yang negatif artinya jika Fe-larut meningkat maka pH tanah akan menurun. Pada C-organik dan Fe-larut memiliki nilai koefisien korelasi yaitu sebesar -0,89 menunjukkan C-organik dan Fe-larut memiliki hubungan yang sangat kuat, sedangkan nilai negatif yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi artinya apabila C-organik meningkat maka Fe-larut akan menurun.

Tabel 1. Koefisien Korelasi (r) hubungan antar variabel pengamatan

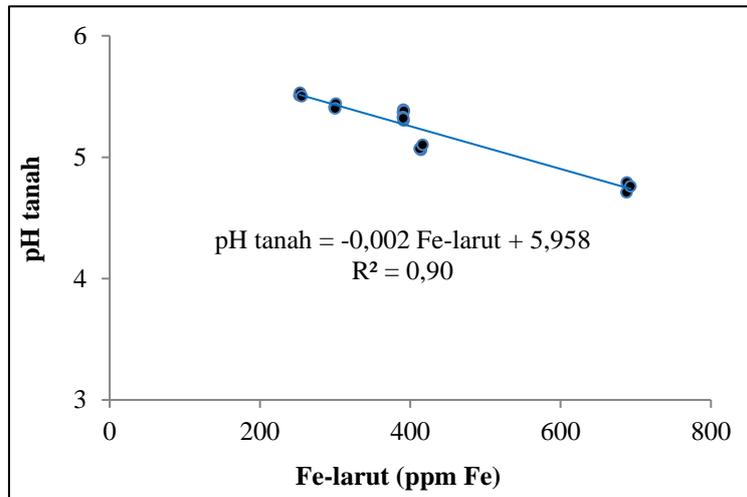
	pH	C-organik	Fe-Larut
pH	–	0,91 **	-0,95**
C-organik	0,91**	–	-0,89**
Fe-Larut	-0,95**	0,89**	–

Keterangan : ** Signifikan (r-tabel = 0,001) r-hitung > r-tabel (Nilai 0,001 = 0,7084).

Nilai koefisien korelasi C-organik dengan pH sebesar 0,91 artinya C-organik dan pH tanah memiliki hubungan yang mendekati sempurna. Nilai positif menunjukkan bahwa apabila C-organik meningkat maka pH tanah juga akan meningkat. Uji t pada analisis regresi menunjukkan perbedaan yang signifikan (**) artinya memiliki hubungan yang erat hal ini terlihat dari nilai probabilitas <0,05 yaitu 0,01.

3.6. Bentuk hubungan antara Fe-larut dengan pH tanah

Hasil analisis bentuk hubungan yang disajikan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa dalam analisis regresi antara Fe-larut dengan pH tanah diketahui memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,90 yang artinya 90% titik berada di garis persamaan, sedangkan 10% titik lepas dari garis persamaan.

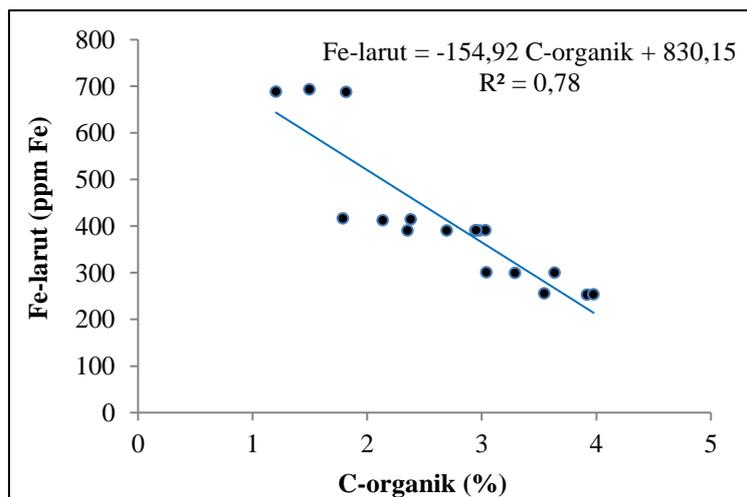


Gambar 4. Persamaan regresi Fe-larut dan pH tanah

Berdasarkan hasil persamaan dapat diketahui bahwa nilai koefisien korelasi negatif artinya penambahan unit Fe-larut mampu menurunkan nilai pH sebesar 0,002. Hasil analisis Fe-larut dengan pH tanah berbanding terbalik yang artinya semakin menurun kelarutan besinya maka akan semakin meningkat juga pH tanahnya begitu pula sebaliknya, hal ini sesuai dengan hasil dari penelitian Alwi et al. (2023) bahwa kelarutan besi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu pH tanah dan kondisi redoks tanah. Hal ini diperkuat oleh Prawiradijaya dan Kurniawan (2021) menyatakan bahwa Fe menurun dikarenakan seiring dengan nilai pH yang tinggi, maka di larutan tanah semakin meningkatkan ion OH^- . Ion-ion hidroksida ini akan berikatan dengan ion Fe (Fe^{3+} dan Fe^{2+}) pada akhirnya menghasilkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang mengendap sehingga ion Fe-larut akan berkurang.

3.7. Bentuk hubungan antara C-organik dengan Fe-larut

Hasil analisis bentuk hubungan yang disajikan pada Gambar 5 menunjukkan bahwa dalam analisis regresi antara C-organik dengan Fe-larut diketahui memiliki koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,78 yang menyatakan bahwa 78% titik berada di garis persamaan, sedangkan 22% titik lepas dari garis persamaan.



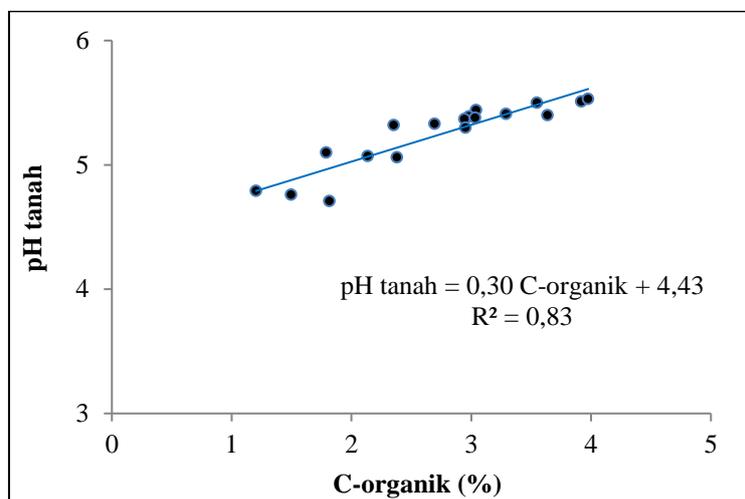
Gambar 5. Persamaan regresi C-organik terhadap Fe larut

Berdasarkan hasil persamaan dapat diketahui bahwa nilai koefisien korelasi negatif yang artinya setiap penambahan satu unit C-organik akan menurunkan Fe-larut sebesar 154,92 ppm Fe. Hasil analisis C-organik terhadap Fe-larut di dalam tanah berbanding terbalik, hal ini sesuai dengan pernyataan Barry et al. (2023) bahwa bentuk atau jenis Fe terlarut dalam air tanah sangat bergantung pada bahan organik, kondisi redoks tanah, pH air,

dan O₂ terlarut. Kadar bahan organik yang tinggi di lahan rawa sangat mempengaruhi bentuk mineral Fe di dalam tanah.

3.8. Bentuk hubungan antara C-organik dengan pH tanah

Hasil analisis bentuk hubungan yang disajikan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa dalam analisis regresi antara C-organik dengan pH tanah diketahui memiliki nilai koefisien determinasi yaitu sebesar 0,83 artinya sebesar 83% titik berada di garis persamaan, sedangkan 17% titik lepas dari garis persamaan.



Gambar 6. Persamaan regresi C-organik terhadap pH tanah

Berdasarkan hasil persamaan dapat diketahui bahwa nilai koefisien korelasi positif artinya setiap penambahan satu unit C-organik akan meningkatkan pH tanah sebesar 0,30. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian dari Afandi et al. (2015) bahwa dengan penambahan bahan organik dapat meningkatkan pH tanah. Peningkatan pH tanah ini sangat berkaitan dengan adanya proses dekomposisi asam-asam organik yang ada pada pupuk cair. Urine sapi, limbah tahu, dedak, kotoran sapi dan kentang merupakan bahan organik yang telah terdekomposisi menjadi asam-asam organik yang berperan dalam mereduksi penyebab kemasaman tanah seperti Al dan Fe di dalam tanah sehingga pH tanah meningkat (Febrianna et al., 2018).

4. Kesimpulan

Pemberian pupuk cair mampu meningkatkan pH dan C-organik serta menurunkan kelarutan Fe pada tanah sulfat masam. Terdapat korelasi antara Fe-larut dan pH, antara C-organik dan pH dan antara C-organik dan Fe-larut. Adapun bentuk persamaan hubungan pH tanah = -0,002 Fe-larut + 5,958, persamaan hubungan pH tanah = 0,30 C-organik + 4,43 dan persamaan hubungan Fe-larut = -154,92 C-organik + 830,15.

Daftar Pustaka

- Abduh, A.M., Annisa, W. 2016. Interaction of paddy varieties and compost with flux of methane in tidal swampland. *Journal of Tropical Soils* 21(3), 179-186. <http://dx.doi.org/10.5400/jts.2016.v21i3.179-186>
- Afandi, F.N., Siswanto, B., Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(2), 237-244.
- Alwi, M.K., Razie, F., Kurnain, A. 2023. Hubungan ketersediaan fosfor dan kelarutan Fe pada tanah sawah sulfat masam. *Acta Solum* 1(2), 61-67. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i2.1839>
- Aryanti, E., Novlina, H., Saragih, R. 2016. Kandungan hara makro tanah gambut pada pemberian kompos *azolla pinata* dengan dosis berbeda dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kangkung (*Ipomea reptans poir*). *Jurnal Agroteknologi* 6(2), 31-38. <http://dx.doi.org/10.24014/ja.v6i2.2238>
- Amara, K.A., Anjardiani, L., Ferrianta, Y. 2020. Analisis efisiensi teknis usahatani padi sawah di lahan rawa pasang surut tipe C Kecamatan Rantau Badauh Kabupaten Barito Kuala. *Frontier Agribisnis* 4(1), 89-94.
- Barry, A., Putri, D.S., Anshari, G.Z., Nusantara, R.W. 2023. Analisis besi (Fe) terlarut dalam air tanah pada lahan gambut dengan sekat kanal. *Jurnal Sains Pertanian Equator* 12(4), 813-823. <http://dx.doi.org/10.26418/jspe.v12i4.66813>

- BBSDLP. 2020. Inovasi Peningkatan Sumberdaya Lahan. Laporan Tahunan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Kecamatan Rantau Badauh Dalam Angka Tahun 2023. Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Barito Kuala. Kalimantan Selatan.
- Eviati, Sulaeman, Herawaty, L., Anggria, L., Usman, Tantika, H.E., Prihatini, R., Wuningrum, P. 2023. Petunjuk Teknis Edisi 3: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, Bogor.
- Fauzi, A., Mahbub, M., Syaifuddin. 2023. Pengaruh ukuran butir kapur berbeda terhadap pH, Fe-larut dan Al-tukar tanah pada lahan pasang surut. Acta Solum 1(2), 95-100. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i2.1810>
- Febrianna, M., Prijono, S., Kusumarini, N. 2018. Pemanfaatan pupuk organik cair untuk meningkatkan serapan nitrogen serta pertumbuhan dan produksi sawi (*Brassica juncea* L.) pada tanah berpasir. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 5(2), 1009-1018.
- Hutahaean, L., Ananto, E., Raharjo, B. 2015. Pengembangan Teknologi Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut Dalam Mendukung Peningkatan Produksi Pangan: Kasus di Sumatera Selatan. IAARD Press, Jakarta.
- Justi, M., Silca, C.A., Rosa, S.D. 2022. Organic acids as complexing agents for iron and their effects on the nutrition and growth of maize and soybean. Archives of Agronomy and Soil Science 68(10), 1369-1384. <https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1893308>
- Norhalimah, A., Jumar, Sari, N.S. 2022. Effect of giving tofu dregs bokashi on phosphate dynamics in Ultisols. Agrotech Journal 7(1), 1-6. <https://doi.org/10.31327/atj.v7i1.1718>
- Koesrini, K. 2017. Adaptasi dan keragaan hasil padi varietas inpara di lahan rawa. Jurnal Agron Indonesia 17(3), 265-272. <http://doi.org/10.14203/beritabiologi.v17i3.2933>
- Marian, E., dan Tuhuteru, S. 2019. Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk organik cair pada pertumbuhan dan hasil tanaman sawi putih (*Brassica pekinensis*). Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian 17(2), 134-144. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v17i2.2663>
- Maulidi, M.Z., Mariana, Z.T., Priatmadi, B.J. 2023. Kemasaman tanah dan sebaran senyawa pirit pada berbagai kedalaman tanah pasang surut. Acta Solum 2(1), 21-24 <https://doi.org/10.20527/actasolum.v2i1.2276>
- Muthmainnah, Padjung, R., Nasaruddin, Asrul, L., Kurniawan, Setiani, U.E. 2021. Effect of compost application on soil fertility parameters and productivity of cocoa (*Theobroma cacao* L.). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 807, 042014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042014>
- Neina, D. 2019. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. Applied and Environmental Soil Science 2019, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Nisah, F.A., Wahyudin, W., Winarsih, N., Febriyani, P. 2023. Effect of vegetable waste and banana stump composition in casabo fertilizer on nitrogen and phosphorus concentration. Jurnal Pijar Mipa 18(4), 620-625. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i4.5273>
- Nurhasanah, Lestari, H.C., Sunaryo, W. 2019. The response of East Kalimantan, Indonesia local rice cultivars against iron stress. Biodiversitas 20(1), 273-282. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200131>
- Prawiradijaya, G.I., Kurniawan, S. 2021. Intensitas kebakaran lahan gambut berdampak pada kemasaman tanah di kebun kelapa sawit, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 8(1), 107-114.
- Sipi, S., Subiadi. 2016. Penyakit tungro dan keracunan Fe pada tanaman padi. Buletin Agro-Infotek 2(1), 13-18.
- Sondakh, T.D., Sumampow, D.M., Poli, M.G. 2018. Perbaikan sifat fisik dan kimia tailing melalui pemberian amelioran berbasis bahan organik. Eugenia 23(3)130-137. <https://doi.org/10.35791/eug.23.3.2017.18965>
- Sukmawati, Razie, F., Haris, A. 2022. Mineralisasi nitrogen pada komposisi bahan gambut dan kotoran ayam. Acta Solum 1(1), 16-20. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i1.1387>
- Xiao, K., Li, Z., Song, J., Bai, Z., Xue, W., Wu, J., Dong, C. 2021. Effect of concentrations of Fe²⁺ and Fe³⁺ on the corrosion behavior of carbon steel in Cl⁻ and SO₄²⁻ aqueous environments. Met. Mater. Int. 27, 2623-2633. <https://doi.org/10.1007/s12540-019-00590-y>