

PERBEDAAN TEKNIK DAN DOSIS APLIKASI PUPUK CAMPURAN ORGANIK DAN ANORGANIK TERHADAP RESPIRASI TANAH PADA PERTANAMAN NANAS DI TANAH ULTISOL LAMPUNG TENGAH

The Differences of Technical and Dosage Organic and Inorganic Mixed Fertilizer Application on Soil Respiration in Pineapple Plantations in Ultisol Soil Central Lampung

Ambar Arum Kaloka, Sri Yusnaini*, Septi Nurul Aini, M. A. Syamsul Arif, Dermiyanti dan Winih Sekarintyas Ramadhani

Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia
*Corresponding Author. E-mail address: sri.yusnaini@fp.unila.ac.id

INFO ARTIKEL:

Diterima: 10-12-2025
Disetujui: 06-01-2026

ABSTRAK

Permasalahan pada lahan kering masam yaitu kesuburan hara yang rendah, produktivitas tanah menurun, stabilitas agregat tanah yang rendah sehingga tanah mudah mengalami pemadatan, permeabilitas dan daya mengikat air yang rendah. Upaya untuk mengatasinya dilakukan dengan pemberian pupuk NPK agar kematapan agregat tanah meningkat dan produksi jagung meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pupuk NPK terhadap kematapan agregat tanah dan produksi tanaman jagung. Penelitian ini dilaksanakan di Campang Raya, Kota Bandar Lampung pada bulan Februari – Agustus 2024 dan analisis dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Universitas Lampung menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 8 perlakuan dan 4 ulangan yaitu, A = Kontrol, B = Standar, C = $\frac{1}{4}$ Pupuk Tunggal N,P,K+ $\frac{1}{4}$ Pupuk NPK Cair, D = $\frac{1}{2}$ Pupuk Tunggal N,P,K+ $\frac{1}{2}$ Pupuk NPK Cair, E = $\frac{3}{4}$ Pupuk Tunggal N,P,K+ $\frac{3}{4}$ Pupuk NPK Cair, F = 1 Pupuk Tunggal N,P,K+ 1 Pupuk NPK Cair, G = $1\frac{1}{4}$ Pupuk Tunggal N,P,K+ $1\frac{1}{4}$ Pupuk NPK Cair, H = $1\frac{1}{2}$ Pupuk Tunggal N,P,K+ $1\frac{1}{2}$ Pupuk NPK Cair. Analisis data dilakukan dengan secara diskret dan dengan uji BNT dengan taraf 5 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk NPK belum mampu meningkatkan kematapan agregat tanah dibuktikan dengan kelas seluruh perlakuan termasuk dalam tidak mantap. Tetapi pupuk NPK mampu meningkatkan produksi tanaman jagung, hal ini dibuktikan dengan hasil produksi tanaman jagung pada perlakuan H ($1\frac{1}{2}$ Pupuk NPK + $1\frac{1}{2}$ NPK Cair) sebesar 2,12 ton/ha sedangkan pada perlakuan A (Kontrol) sebesar 1,36 ton/ha.

KATA KUNCI:

Dosis Aplikasi, Pupuk Campuran Organik dan Anorganik, Respirasi Tanah, Teknik Aplikasi

ABSTRACT

Soil respiration is one of indicator of soil fertility which influenced by use of fertilizer in soil. In this research fertilizer which used is fertilizer production from PT. GGP in the form of organic and inorganic mixed fertilizer in pellet form containing macro and micro nutrients needed by the soil and plant so that is expected to be able increase of soil respiration. The purpose of this research was to study the effect of organic and inorganic mixed fertilizer techniques application, dosages application, and the interaction between organic and inorganic mixed fertilizer techniques and dosages application to soil respiration in pineapple plantations of Ultisol soil, as well as to study the correlation between C-organics, soil pH, soil water content, and soil temperature with soil respiration. This reaserch was conducted in PT. GGP and soil analysis were carried out at the Soil Science Biology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung with split plot design consisting of 9 treatments and 4 replications. Data were analyzed using analysis of variance and Tukey test followed by LSD test at 5% level. The results of the broadcast and tugal techniques showed that soil respiration was higher than the strip technique at 15 MAP and only the tugal technique was the highest at 16 MAP The application dose of 1.5 tons ha^{-1} showed a higher soil respiration compared to the application doses of 3 tons ha^{-1} and 4.5 tons ha^{-1} at observations of 16 MAP. The results of the interaction of the broadcast technique treatment with a dose of 1.5 tons ha^{-1} showed a higher soil respiration value compared to the tugal technique treatment with doses (3 tons ha^{-1} and 4.5 tons ha^{-1}) at observations of 15 MAP. The results of the correlation test showed a positive correlation between soil pH and soil respiration.

KEYWORDS:

Application Dose, Organic and Inorganic Mixed Fertilizers, Soil Respiration, Application Technique

PENDAHULUAN

Ultisol adalah tanah yang mendominasi di Provinsi Lampung. Tanah ini termasuk ke dalam salah satu lahan kering marginal dengan sifat produktivitas yang rendah, seperti sifat fisik dan kimia tanahnya (Natalie *et al.*, 2022). Menurut penelitian Prasetyo dan Suriadikarta (2006), bahwa tanah ini memiliki pH yang masam, kejenuhan Al yang tinggi, dan kandungan hara rendah.

Rendahnya tingkat produktivitas pada ultisol menandakan tanah tersebut mengalami degradasi lahan. Menurut Wahyunto dan Dariah (2014), dalam sektor pertanian lahan terdegradasi diartikan sebagai lahan pertanian yang kondisi lahan terutama pada tanah permukaannya (*top soil*) telah memburuk sehingga mengakibatkan produktivitas tanahnya menurun. Tanah perkebunan nanas PT. GGP telah mengalami degradasi yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas tanah baik pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Hal ini disebabkan sejak tahun 1979 hingga 2015 (\pm 30 tahun), PT. GGP telah mengolah dan memanfaatkan tanahnya secara intensif (Sanjaya *et al.*, 2016).

Selain olah tanah intensif, penurunan produktivitas tanah juga diakibatkan oleh penggunaan pupuk kimia secara intensif. Menurut Herdiyanto dan Setiawan (2015), penggunaan pupuk anorganik dalam jumlah melebihi dosis penggunaan yang dianjurkan akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti kandungan bahan organik tanah menurun, tanah mudah tererosi, permeabilitas tanah menurun, populasi mikroba menurun, dan lainnya.

Dengan adanya permasalahan tersebut, cara untuk mendapatkan produktivitas tinggi dan berkelanjutan pada tanah yang terdegradasi adalah dengan cara meningkatkan kandungan bahan organik (Sujana dan Pura, 2015). Upaya yang perlu dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanah ultisol yang terdegradasi yaitu dengan cara menambahkan campuran pupuk organik dan anorganik. Bahan organik yang digunakan adalah kompos kotoran sapi.

Pengaplikasian pupuk campuran organik dan anorganik juga perlu diperhatikan seperti ketepatan teknik dan dosis agar efektif dan efisien dalam mengoptimalkan kesuburan tanah sehingga menghasilkan produksi tanaman yang optimal pula. Tanah yang subur dapat diindikasikan dengan aktifnya mikroorganisme dalam tanah. Ketika aktivitas mikroorganisme di dalam tanah meningkat maka hasil CO₂ yang dilepaskan dari aktivitas mikroorganisme pada tanah tersebut meningkat juga sehingga hasil respirasi pun meningkat. Menurut Purba *et al.* (2021) bahwa pemberian pupuk yang berimbang sesuai anjuran dari 5 persayatan (tepat waktu, tepat jenis, tepat dosis, tepat cara, dan tepat lokasi) maka produksi akan meningkat.

Maka pada penelitian ini penambahan pupuk campuran organik dan anorganik dengan teknik dan dosis terbaik diharapkan mampu meningkatkan sumber energi dan makanan bagi mikro dan meso fauna tanah. Sehingga aktivitas mikroorganisme tanah akan meningkat juga. Dengan meningkatnya aktivitas organisme maka respirasi tanah juga meningkat karena produksi CO₂ dalam tanah meningkat.

METODE

Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2021 hingga Juli 2022. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di PT. Great Giant Pinapple (GGP) dan analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas beaker, botol film, toples, erlenmeyer, buret, pipet tetes, timbangan analitik, plastik kiloan, spidol, label, termometer tanah, bor tanah. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah, pupuk organik dan anorganik, 0,2 N KOH, 0,1 N HCl, penolptalin, *metyl orange*, dan aquades.

Pupuk yang diaplikasikan yaitu campuran pupuk organik dan pupuk anorganik berbentuk pelet. Pupuk organik berasal dari kompos kotoran sapi sedangkan pupuk anorganik mengandung unsur makro dan mikro yang diantaranya adalah Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Sulfur (S), Besi (Fe), Seng (Zn), dan pembenah tanah berupa zeolit.

Metode

Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak 4 kali yaitu pada waktu setelah *forcing* (perangsangan pembungaan) saat bulan 13, 14, 15, dan 16 setelah tanam (Desember 2021 – Maret 2022). Sampel tanah di lapang diambil pada pukul 07.00 – 12.00 WIB diambil menggunakan sekop sebanyak kurang lebih 500 g secara komposit sebanyak 5 titik pada tiap petak percobaan pada kedalaman tanah 0 – 10 cm. Sampel tanah yang telah dikompositkan kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label. Variabel pendukung yang diamati adalah suhu tanah dengan termometer tanah, pH tanah dengan alat pH meter, C-organik dengan metode Walkey and Black, dan kadar air tanah dengan gravimetri.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Perbedaan Teknik dan Dosis Aplikasi Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Respirasi Tanah pada Pertanaman Nanas Tanah Ultisol di Lampung Tengah

Teknik aplikasi	Dosis Pupuk Campuran Organik dan Anorganik		
	1,5 ton ha ⁻¹ (B ₁)	3 ton ha ⁻¹ (B ₂)	4,5 ton ha ⁻¹ (B ₃)
Broadcast (A ₁)	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃
Larikan (A ₂)	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
Tugal (A ₃)	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃

Keterangan: A₁ = Broadcast (21 hari sebelum tanam); A₂ = Larikan (1 hari sebelum tanam); A₃ = Tugal (pada saat tanam); B₁ = 1,5 ton ha⁻¹; B₂ = 3 ton ha⁻¹; B₃ = 4,5 ton ha⁻¹.

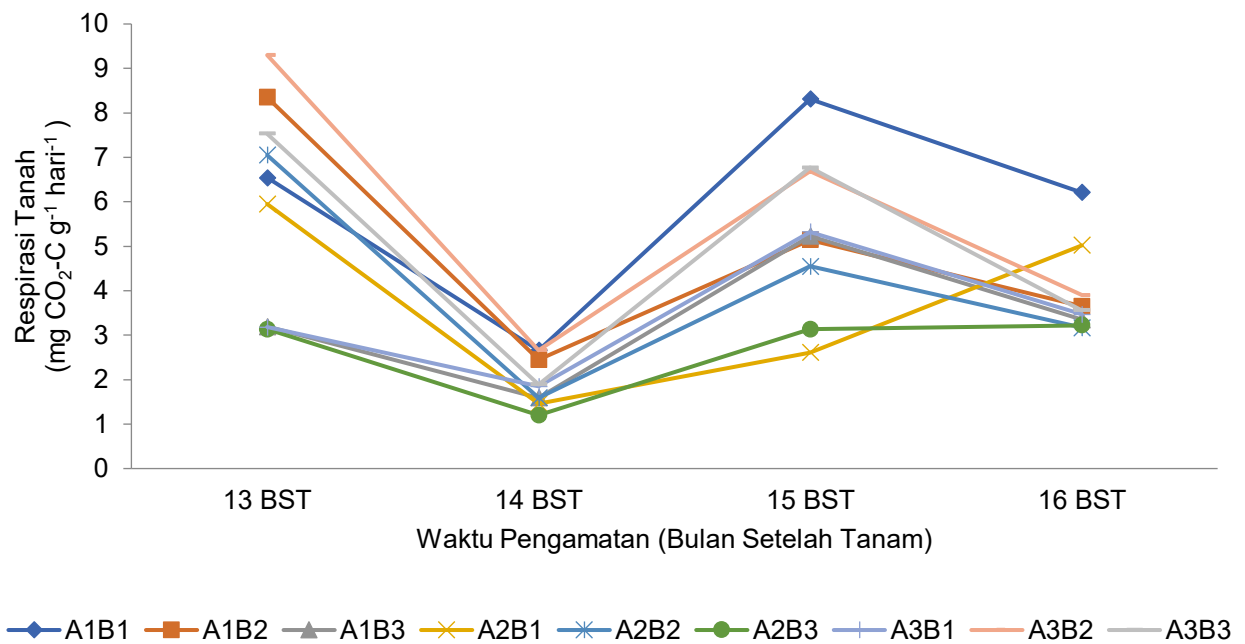
Penelitian ini disusun secara split plot yang terdiri dari 9 perlakuan dengan 4 ulangan sehingga terdapat 36 satuan percobaan terdapat pada Tabel 1. Petak utama adalah perlakuan teknik aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik (A) yaitu A₁ = Broadcast (3 minggu sebelum tanam), A₂ = Larikan (1 hari sebelum tanam), dan A₃ = Tugal (Saat tanam). Sebagai anak petak adalah dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik (B) yaitu B₁ = 1,5 ton ha⁻¹, B₂ = 3 ton ha⁻¹, dan B₃ = 4,5 ton ha⁻¹.

Data yang didapatkan kemudian diuji homogenitas ragamnya dengan Uji Bartlett dan additivitasnya dengan Uji Tukey. Setelah asumsi dipenuhi maka dilanjutkan dengan analisis ragam pada taraf 5% dan 1%. Selanjutnya untuk membedakan nilai tengah perlakuan dengan uji BNT pada taraf 5%. Kemudian dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara C-organik, pH tanah, suhu tanah, dan kadar air tanah dengan respirasi tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respirasi Tanah setelah Pemberian Campuran Pupuk Organik dan Anorganik dengan Perbedaan Teknik dan Dosis Aplikasi

Pada Gambar 1 terlihat bahwa data mengalami fluktuasi yang dimulai pada bulan pengamatan 13 BST. Pada bulan pengamatan 14 BST terjadi penurunan pada semua perlakuan. Pada bulan pengamatan 15 BST naik kembali pada semua perlakuan dan pada bulan pengamatan 16 BST kembali menurun tetapi pada perlakuan A₂B₁ menunjukkan kenaikan. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 nilai tertinggi terdapat pada perlakuan A₃B₂ pengamatan 13 BST yaitu pada teknik aplikasi tugal (saat tanam) dengan dosis aplikasi 3 ton ha⁻¹.



Gambar 1. Dinamika respirasi tanah pada pertanaman nanas tanah Ultisol di Lampung Tengah setelah pemberian pupuk campuran organik dan anorganik dengan perbedaan teknik dan dosis aplikasi pada pengamatan 13 BST, 14 BST, 15 BST, 16 BST BST = Bulan setelah tanam; A₁ = *Broadcast* (3 minggu sebelum tanam); A₂ = *Larikan* (1 hari sebelum tanam); A₃ = *Tugas* (saat tanam); B₁ = 1,5 ton ha⁻¹; B₂ = 3 ton ha⁻¹; B₃ = 4,5 ton ha⁻¹.

Penurunan dan kenaikan pada respirasi tanah ini terjadi diduga karena adanya faktor perubahan curah hujan. Dimana curah hujan dapat mempengaruhi kehidupan organisme di dalam tanah. Menurut Sutarman (2019), bahwa dinamika kehidupan dan keberagaman mikroba dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik seperti topografi, bahan induk tanah, tipe tanah, kelembaban tanah, pH tanah, status CO₂ dan O₂ tanah, bulk density, riwayat vegetasi, bahan organik, variasi dan cakupan suhu, juga termasuk jumlah serta distribusi curah hujan,.

Menurut penelitian Jaya *et al.* (2024) bahwa kelembaban tanah yang optimal akan menyediakan air dan nutrisi bagi organisme tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme yang meningkat akan meningkatkan respirasi tanah. Namun, pada tanah yang tergenang ataupun tanah yang kering akan membatasi aktivitas organisme tanah. Tanah yang tergenang akan menghambat ketersediaan oksigen sehingga respirasi aerobik terhambat dan membuat mikroorganisme menghasilkan energi yang kecil karena berubah ke respirasi anaerobik. Sedangkan pada tanah yang kering mikroorganisme kesulitan dalam mendapatkan air dan nutrisi sehingga aktivitas metabolismenya menurun dan menurunkan respirasinya juga.

Berdasarkan hasil analisis ragam pada (Tabel 2) menunjukkan bahwa teknik aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik (A) berbeda nyata terhadap laju respirasi pada pengamatan 15 BST dan 16 BST dan tidak berbeda nyata pada pengamatan 13 BST dan 14 BST. Selanjutnya, pada dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik (B) berbeda nyata terhadap laju respirasi pada pengamatan 16 BST dan tidak berbeda nyata pada pengamatan 13 BST, 14 BST, dan 15 BST. Serta adanya perbedaan nyata pada interaksi antara teknik aplikasi (A) dan dosis aplikasi (B) terhadap laju respirasi pada pengamatan 15 BST dan tidak berbeda nyata pada pengamatan 13 BST, 14 BST, dan 16 BST.

Tabel 2. Ringkasan Analisis Ragam Pengaruh Perbedaan Teknik dan Dosis Aplikasi Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Respirasi Tanah pada Pertanaman Nanas Tanah Ultisol di Lampung Tengah

Perlakuan	13 BST	14 BST	15 BST	16 BST
mg CO ₂ -C g ⁻¹ hari ⁻¹			
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi			
A	0,54 ^{tn}	3,42 ^{tn}	7,66*	7,09*
B	1,61 ^{tn}	1,14 ^{tn}	0,26 ^{tn}	5,15*
A x B	0,69 ^{tn}	-0,93 ^{tn}	3,98*	1,96 ^{tn}

Keterangan : BST = Bulan setelah tanam; A₁ = *Broadcast* (3 minggu sebelum tanam); A₂ = Larikan (1 hari sebelum tanam); A₃ = Tugal (saat tanam); B₁ = 1,5 ton ha⁻¹; B₂ = 3 ton ha⁻¹; B₃ = 4,5 ton ha⁻¹; A = teknik aplikasi pupuk; B = dosis aplikasi pupuk; AxB = interaksi antara teknik aplikasi dan dosis aplikasi pupuk; tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%; * = berbeda nyata pada taraf 5%.

Hal ini disebabkan karena pada pengamatan 15 BST dan 16 BST tanaman telah memasuki masa panen yang di mana akar tanaman semakin luas dan bercabang. Hal ini menyebabkan CO₂ yang dihasilkan dari hasil respirasi akar cukup besar dan menunjang tingginya respirasi tanah. Pemanenan nanas dilakukan dengan cara memotong 2-3 cm dari dasar buah (Sobir *et al.*, 2020). Sehingga akar tanaman yang semakin banyak ini tetap terus melakukan respirasi dan menyumbang CO₂ dalam tanah. Menurut Hadi *et al.* (2016), proses dari respirasi akar yaitu menyerap O₂ dan menghasilkan CO₂. Sehingga tanah mengandung CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan atmosfer bebas.

Pengaruh nyata pada pengaplikasian pupuk campuran organik dan anorganik terhadap respirasi tanah ini dapat disebabkan karena peranan dari bahan organik itu sendiri yang memiliki fungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Penambahan pupuk organik ke dalam tanah dapat memacu pertumbuhan mikroorganisme dalam tanah. Mikroorganisme melakukan proses dekomposisi lanjut tanpa mengganggu pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroorganisme tersebut menghasilkan gas C (Karbon) yang digunakan oleh proses fotosintesis tanaman sehingga memicu pertumbuhan tanaman lebih cepat (Puspitorini dan Pradhipta, 2024).

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (Tabel 3) respirasi tanah pada perlakuan teknik aplikasi A₃ (Tugal saat tanam) menunjukkan respirasi tanah yang lebih tinggi dibandingkan teknik aplikasi A₁ (*Broadcast* 3 minggu sebelum tanam) dan A₂ (Larikan 1 hari sebelum tanam) pada pengamatan 16 BST.

Tabel 3. Pengaruh Teknik Aplikasi (A) Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Laju Respirasi Tanah pada 16 BST

Perlakuan	Waktu Pengamatan
	16 BST
A ₁ (<i>Broadcast</i> 3 minggu sebelum tanam)	3,64 a
A ₂ (Larikan satu hari sebelum tanam)	3,80 a
A ₃ (Tugal saat tanam)	4,40 b
BNT 5%	0,52

Keterangan : A = Teknik aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik; A₁ = *Broadcast* (3 minggu sebelum tanam); A₂ = Larikan (1 hari sebelum tanam); A₃ = Tugal (saat tanam); nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama memiliki arti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%.

Hal ini dapat disebabkan karena pengaplikasian pupuk campuran organik dan anorganik dengan teknik tugal memudahkan akar tanaman menyerap unsur hara yang dirilis dari pupuk yang berada dekat dengan akar tanaman. Aplikasi pupuk yang diletakkan dekat dengan perakaran dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah karena keberadaan mikroorganisme banyak yang hidup di dekat area perakaran. Semakin tinggi aktivitas mikroorganisme maka hasil CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas tersebut semakin tinggi yang membuat nilai respirasi tanah juga tinggi. Menurut Purba et al. (2021) bahwa kelebihan dari aplikasi pupuk dengan teknik tugal (*spot placement*) adalah tidak mudah menguap dan dekat dengan perakaran tanaman. Menurut Puspitorini dan Pradhipta (2024) bahwa biasanya mikroba yang hidup di rhizosfer (area perakaran) tidak berbeda dengan mikroba yang hidup di tanah. Hanya saja mikroba yang hidup di rhizosfer populasinya jauh lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya eksudat akar, eksudat akar memiliki peran sebagai sumber karbon dan energi bagi mikroorganisme (Permana et al., 2023).

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (Tabel 4) menunjukkan bahwa pengaruh dosis aplikasi B₁ (1,5 ton ha⁻¹) pupuk campuran organik dan anorganik memiliki respirasi tanah yang lebih tinggi dibandingkan dosis aplikasi B₂ (3 ton ha⁻¹) dan B₃ (4,5 ton ha⁻¹).

Tabel 4. Pengaruh Dosis Aplikasi (B) Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Respirasi Tanah pada 16 BST

Perlakuan	Respirasi Tanah
mg CO ₂ -C g ⁻¹ hari ⁻¹
B ₁ (1,5 ton ha ⁻¹)	4,90 b
B ₂ (3 ton ha ⁻¹)	3,57 a
B ₃ (4,5 ton ha ⁻¹)	3,37 a
BNT 5 %	1,09

Keterangan : B = Dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik B₁ = 1,5 ton ha⁻¹; B₂ = 3 ton ha⁻¹; B₃ = 4,5 ton ha⁻¹; nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama memiliki arti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%.

Menurut Kusumawati (2021) pengaplikasian waktu pupuk dapat dilakukan berdasarkan oleh 2 hal yaitu fase pertumbuhan/umur tanaman atau cepat, sedang, lambatnya perilsan unsur hara pada pupuk yang digunakan. Pupuk yang perilsan unsur haranya lambat (*slow release*) karena membutuhkan waktu perilsan yang cukup lama dianjurkan pengaplikasian pada waktu sebelum tanam. Berdasarkan hasil penelitian Fauzan et al. (2024) menyatakan bahwa pemberian dosis pupuk yang semakin tinggi belum tentu memberikan hasil pertumbuhan yang baik. Terlihat bahwa pada perlakuan dosis pupuk kandang sapi 2 kg tanaman⁻¹ pada umur 1,2,5,9 BSP (Bulan Setelah Perlakuan) menunjukkan pengaruh terbaik terhadap jumlah daun secang TBM (Tanaman Belum Menghasilkan) dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu pada perlakuan A dengan dosis pupuk kandang sapi 1 kg tanaman⁻¹ dan perlakuan C dengan dosis pupuk kandang sapi 3 kg tanaman⁻¹.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% adanya interaksi antara teknik dan dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik terhadap respirasi tanah pada pengamatan 15 BST Tabel 5. A₁ teknik *broadcast* dengan dosis B₂ 3 ton ha⁻¹ dan A₁ teknik *broadcast* dengan dosis B₃ 4,5 ton ha⁻¹. Hal ini dapat disebabkan karena pengaplikasiannya yang dilakukan saat 3 minggu sebelum tanam. Sehingga memberikan waktu pada pupuk untuk merilis unsur hara bagi tanah dan tanaman dengan optimal yang dapat dijadikan nutrisi oleh mikroorganisme tanah sebagai sumber makanan. Pupuk campuran organik dan anorganik yang digunakan adalah pupuk berbentuk

pelet. Pupuk ini termasuk ke dalam jenis pupuk organik padat. Menurut Widowati *et al.* (2022), jenis pupuk organik padat terdapat berbagai macam bentuk yang diantaranya yaitu curah, granul, dan pelet. Pupuk organik padat merupakan pupuk pelepasan lambat, di mana unsur hara akan lepas dan tersedia untuk tanah secara bertahap dalam periode waktu tertentu (Suntari *et al.*, 2021).

Tabel 5. Interaksi antara Teknik dan Dosis Aplikasi Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Respirasi Tanah pada Pengamatan 15 BST

Perlakuan	B ₁ (1,5 ton ha ⁻¹)	B ₂ (3 ton ha ⁻¹)	B ₃ (4,5 ton ha ⁻¹)
 mg CO ₂ -C g ⁻¹ hari ¹		
A ₁ (<i>Broadcast</i>)	8,31 b	5,14 a	5,23 a
	C	A	B
A ₂ (Larikan)	2,61 a	4,55 b	3,13 a
	A	A	A
A ₃ (Tugal)	5,32 a	6,69 b	6,77 b
	B	B	C
BNT 5%	1,33		

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama memiliki arti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%. A₁ = *Broadcast* (3 minggu sebelum tanam); A₂ = Larikan (1 hari sebelum tanam); A₃ = Tugal (saat tanam); huruf kecil dibaca secara horizontal dan huruf kapital dibaca secara vertikal.

Pada A₂ teknik larikan dengan B₂ dosis 3 ton ha⁻¹ menunjukkan hasil data respirasi yang tinggi dibandingkan A₂ teknik larikan dengan B₁ dosis 1,5 ton ha⁻¹ dan A₂ teknik larikan dengan B₃ dosis 4,5 ton ha⁻¹. Hal ini disebabkan karena pengaplikasian teknik larikan diaplikasikan membentuk garis lurus di antara larikan tanaman lalu ditutup kembali dengan tanah (Purba *et al.*, 2021). Hal tersebut yang menyebabkan jika diaplikasikan dengan dosis rendah maka kurang optimal dalam penyerapan unsur hara karena ada area yang tidak terpusat pada akar tanaman di mana banyak terdapat mikroorganisme.

Sedangkan pada A₃ teknik tugal dengan B₂ dosis 3 ton ha⁻¹ dan B₃ dosis 4,5 ton ha⁻¹ sama menunjukkan hasil respirasi tanah yang tinggi. Hal ini disebabkan karena teknik tugal yang pengaplikasiannya dimasukkan ke dalam lubang kurang lebih sedalam 5-10 cm yang kemudian ditutup kembali dengan tanah (Purba *et al.*, 2021). Sehingga dosis tinggi akan meningkatkan nutrisi yang tersedia pada zona perakaran yang di mana banyak terdapat mikroorganisme. Teknik ini cocok untuk diaplikasikan pada tanaman nanas karena sesuai dengan sistem perakaran tanaman nanas. Menurut Alfina dan Asman (2023), pemupukan yang praktis dan sempurna dapat dilakukan dengan memperhatikan sifat-sifat dan aktivitas akar. Menurut Rakhmat A dan Handayani (2007), akar tanaman nenas dibedakan menjadi akar tanah dan akar samping yang memiliki sistem perakaran dangkal dan terbatas.

Pada perlakuan B₁ dosis 1,5 ton ha⁻¹ dengan A₁ teknik *broadcast* atau sebar menunjukkan nilai respirasi paling tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena dosis yang diaplikasikan dalam jumlah yang sedikit sehingga mempercepat waktu perilisasi unsur hara. Pupuk pelet termasuk ke dalam pupuk yang lambat rilis maka jika diaplikasikan dalam dosis tinggi akan membutuhkan waktu yang lebih lama lagi. Namun pada perlakuan B₂ dosis 3 ton ha⁻¹ dengan A₃ teknik tugal dan B₃ dosis 4,5 ton ha⁻¹ dengan A₃ teknik tugal juga menunjukkan nilai respirasi yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena pada teknik tugal dipalikasiikan dekat dengan perakaran tanaman di mana zona perakaran adalah tempat hidup mikroorganisme. Sehingga dosis yang tinggi lebih efektif dalam memberikan unsur hara sebagai nutrisi bagi mikroorganisme dan meningkatkan

aktivitasnya sehingga respirasi tanah pun meningkat. Menurut penelitian Meriati (2018), berdasarkan trend data menunjukkan bahwa adanya kecenderungan aplikasi dosis pupuk kandang sapi yang semakin tinggi maka jumlah anakan per rumpun tanaman bawang juga akan semakin tinggi.

Pengaruh Perbedaan antara Teknik dan Dosis Aplikasi Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Variabel Pendukung

Pada Tabel 6 menunjukkan adanya pengaruh teknik aplikasi (A) pupuk campuran organik dan anorganik terhadap pH tanah pada 14 BST dan 15 BST. Berdasarkan hasil uji BNT 5% didapatkan (Tabel 6) yang di mana pH tanah pada pengamatan 14 BST menunjukkan bahwa teknik aplikasi A₃ (Tugal saat tanam) lebih tinggi dibandingkan dengan teknik A₂ (Larikan 1 hari sebelum tanam). Tetapi, tidak berbeda nyata dengan teknik aplikasi A₁ (Broadcast 3 minggu sebelum tanam). Namun, pada pengamatan 15 BST menunjukkan bahwa teknik aplikasi A₃ (Tugal saat tanam) lebih tinggi dibandingkan dengan teknik A₁ (Broadcast 3 minggu sebelum tanam) tetapi berbeda nyata dengan teknik A₂ (Larikan 1 hari sebelum tanam).

Tabel 6. Pengaruh Teknik Aplikasi Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap pH tanah pada Pengamatan 14 BST dan 15 BST

Perlakuan	pH Tanah	
	14 BST	15 BST
A ₁ (<i>Broadcast</i> 3 minggu sebelum tanam)	4,12 ab	4,03 a
A ₂ (Larikan satu hari sebelum tanam)	4,04 a	4,08 ab
A ₃ (Tugal saat tanam)	4,16 b	4,13 b
BNT 5 % :	0,10	0,06

Keterangan : A = Teknik aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik; A₁ = *Broadcast* (3 minggu sebelum tanam); A₂ = Larikan (1 hari sebelum tanam); A₃ = Tugal (saat tanam); nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama memiliki arti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%.

Hal ini dapat disebabkan karena perlakuan A₃ (Tugal saat tanam) memiliki keunggulan dari perlakuan A₁ (*Broadcast* 3 minggu sebelum tanam) dan A₂ (Larikan 1 hari sebelum tanam) yaitu aplikasi dengan teknik tugal tidak mudah menguap dan pupuk berada dekat dengan perakaran tanaman (Krisnawati dan Adirianto, 2019). Sehingga pemberian pupuk organik dan anorganik dengan cara tugal lebih efektif dalam meningkatkan pH tanah. Walaupun terlihat pada (Tabel 7) secara statistika adanya nilai pH tertinggi namun secara kategori semua nilai pH masih termasuk ke dalam kategori sangat masam hingga masam. Menurut Sutarman dan Miftahurrohmat (2019) bahwa kategori pH dengan nilai <4,5 = sangat masam, 4,5-5,5 = masam, 5,5-6,5 = agak masam, 6,5-7,5 = netral, 7,5-8,5 = agak alkalin, dan >8,5 = alkalin.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% adanya interaksi antara teknik dan dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik terhadap kadar air tanah pada pengamatan 16 BST Tabel 7. A₁ teknik broadcast atau sebar dengan B₁ dosis 1,5 ton ha⁻¹ dan A₂ teknik larikan dengan B₁ dosis 1,5 ton ha⁻¹ menunjukkan hasil respirasi tanah yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena teknik broadcast atau sebar diaplikasikan saat 3 minggu sebelum tanam sehingga pupuk organik berupa pelet yang digunakan pada penelitian ini mempunyai waktu lebih lama untuk merilis unsur hara hingga tersedia bagi tanah dan tanaman. Sehingga kandungan bahan organik yang ada pada pupuk campuran ini mampu meningkatkan kadar air tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian Hadija dan Dalya (2017) bahwa semakin tingginya bahan organik maka semakin tinggi juga kadar air tanahnya. Bahan organik dapat menyerap air yang tinggi sehingga tingginya kandungan bahan organik pada tanah dapat membuat tanah menyimpan air yang tinggi juga.

Tabel 7. Interaksi antara Teknik dan Dosis Aplikasi Pupuk Campuran Organik dan Anorganik terhadap Kadar Air Tanah pada Pengamatan 16 BST

Perlakuan	B ₁ (1,5 ton ha ⁻¹)	B ₂ (3 ton ha ⁻¹)	B ₃ (4,5 ton ha ⁻¹)
%......		
A ₁ (<i>Broadcast</i>)	34,36 b B	28,43 a B	21,77 a A
A ₂ (<i>Larikan</i>)	42,28 c B	14,16 a A	29,47 b A
A ₃ (<i>Tugal</i>)	17,18 a A	32,91 b B	27,61 b B
BNT 5%	10,41		

Keterangan : Nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama memiliki arti tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%. A₁ = *Broadcast* (3 minggu sebelum tanam); A₂ = *Larikan* (1 hari sebelum tanam); A₃ = *Tugal* (saat tanam); huruf kecil dibaca secara horizontal dan huruf kapital dibaca secara vertikal.

A₂ teknik *larikan* dengan B₃ dosis 4,5 ton ha⁻¹ juga menunjukkan kadar air tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan A₂ teknik *larikan* dengan B₂ dosis 3 ton ha⁻¹. Hal ini disebabkan karena pada teknik *larikan* memiliki kelebihan yaitu tanaman lebih mudah mengambil hara pupuk dan hara pupuk yang menghilang dapat dikurangi (Krisnawati dan Adirianto, 2019).

Sedangkan pada A₃ teknik *tugal* dengan B₂ dosis 3 ton ha⁻¹ dan 4,5 ton ha⁻¹ juga menunjukkan kadar air tanah yang sama tinggi. Karena pada teknik *tugal* yang diaplikasikan dekat dengan perakaran lebih efektif dengan dosis yang lebih besar terlebih pada zona perakaran banyak terdapat mikroorganisme. Menurut Salam (2020) bahwa teknik *tugal* mengonsentrasikan pupuk pada titik-titik yang berada dekat dengan akar tanaman. Pengaplikasian pupuk yang diletakkan pada kedalaman dan jarak tertentu dari lubang tanam, hal ini memudahkan unsur hara bergerak cepat ke perakaran tanaman.

Pada B₁ dosis 1,5 ton ha⁻¹ dengan A₁ teknik *broadcast* atau sebar menunjukkan nilai respirasi tanah yang sama tinggi dengan perlakuan B₁ dosis 1,5 ton ha⁻¹ dengan A₂ teknik *larikan*. Pada B₂ dosis 3 ton ha⁻¹ dengan A₁ teknik *broadcast* juga menunjukkan nilai yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah dosis pupuk akan semakin cepat terilis sehingga semakin efektif dalam meningkatkan kadar air tanah.

Pada B₂ dosis 3 ton ha⁻¹ dengan A₃ teknik *tugal* juga menunjukkan nilai yang sama tinggi serta pada B₃ dosis 4,5 ton ha⁻¹ dengan A₃ teknik *tugal* juga menunjukkan nilai respirasi tanah tertinggi. Hal ini dapat disebabkan karena dosis yang tinggi lebih efektif pada teknik *tugal* yang dekat dengan zona perakaran di mana banyak terdapat mikroorganisme. Dosis pupuk yang semakin meningkat juga dapat meningkatkan kadar air tanah. Menurut penelitian Pohan *et al.* (2021) walaupun kotoran sapi tidak memiliki kandungan nutrisi yang terlalu tinggi tapi beberapa manfaatnya dapat memperbaiki porositas, permeabilitas, struktur tanah, dan pengikatan air serta kation dalam tanah.

Hubungan antara C-organik, pH tanah, Kadar Air Tanah, dan Suhu Tanah dengan Laju Respirasi Tanah

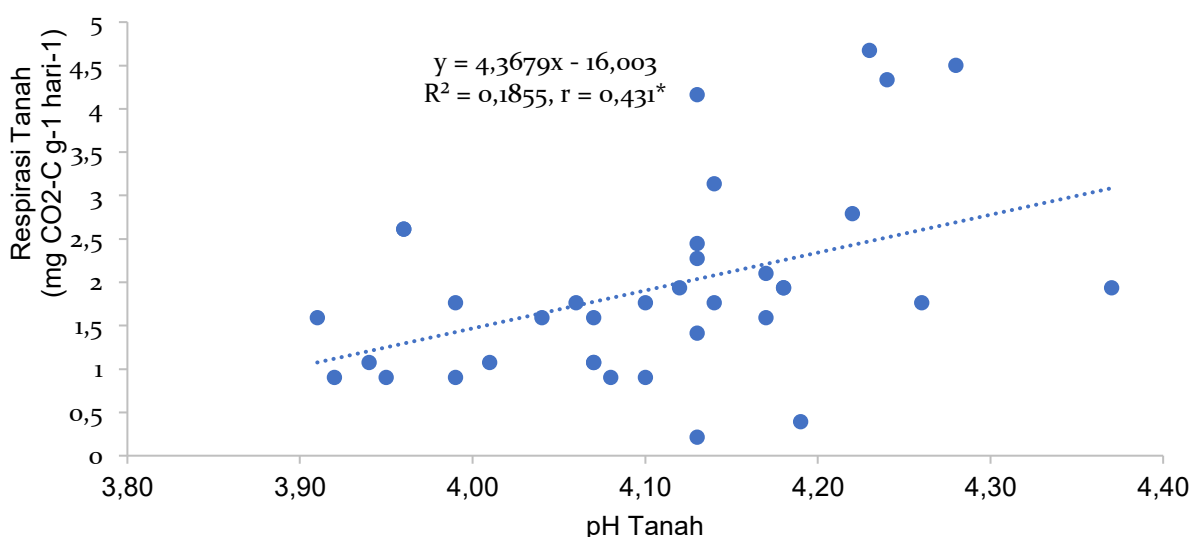
Berdasarkan uji korelasi antara C-organik, pH tanah, kadar air tanah, dan suhu tanah sebagai variabel pendukung dengan laju respirasi tanah (Tabel 8) menunjukkan bahwa pH tanah pada pengamatan 14 BST memiliki korelasi dengan laju respirasi tanah. Sedangkan variabel pendukung lainnya yaitu C-organik, kadar air tanah, dan suhu tanah tidak berkorelasi dengan laju respirasi tanah di setiap bulan pengamatan.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Korelasi antara C-organik, pH Tanah, Kadar Air Tanah, dan Suhu Tanah dengan Respirasi Tanah pada Pengamatan 13 BST, 14 BST, 15 BST, dan 16 BST

Variabel	Respirasi Tanah (mg CO ₂ -C g ⁻¹ hari ⁻¹)			
	13 BST	14 BST	15 BST	16 BST
	Koefisien Korelasi (r)			
C-organik (%)	0,258 ^{tn}	0,176 ^{tn}	0,077 ^{tn}	0,086 ^{tn}
pH	0,001 ^{tn}	0,431*	0,047 ^{tn}	0,164 ^{tn}
Kadar Air (%)	0,029 ^{tn}	0,213 ^{tn}	0,201 ^{tn}	0,086 ^{tn}
Suhu (°C)	0,010 ^{tn}	0,123 ^{tn}	0,227 ^{tn}	0,083 ^{tn}

Keterangan : BST = Bulan setelah tanam, tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5%; * = berbeda nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan Grafik 2 terlihat bahwa pH tanah pada pengamatan 14 BST menunjukkan korelasi positif dengan nilai r sebesar 0,431. Hal ini menandakan bahwa semakin meningkatnya pH tanah maka respirasi tanah juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena pH tanah memiliki peranan penting dalam kehidupan mikroorganisme tanah karena mikroorganisme tanah hidup optimal di kondisi pH tertentu.



Gambar 2. Grafik korelasi antara pH tanah dengan laju respirasi tanah pada pengamatan 14 BST.

Kondisi tanah yang memiliki pH tanah terlalu masam ataupun basa dapat menghambat aktivitas mikroorganisme (Purba et al., 2021). Dengan demikian, kondisi pH tanah dapat mempengaruhi tinggi rendahnya aktivitas mikroorganisme tanah yang akhirnya akan mempengaruhi tinggi rendahnya laju respirasi tanah pula. Hal ini sesuai dengan penelitian Jaya et al. (2024) yang menunjukkan bahwa pH tanah berkorelasi positif dengan respirasi tanah, hal ini menandakan pH tanah yang meningkat akan memicu pada peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah. Hasil uji korelasi C-organik yang tidak berkorelasi dengan respirasi tanah dapat disebabkan karena kandungan C-organik yang ada dalam tanah belum mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah sehingga tidak meningkatkan respirasi tanah. Hal ini serupa dengan penelitian Pauza et al. (2016) bahwa C-organik tidak memberikan pengaruh pada aktivitas mikroorganisme diakibatkan karena rendahnya kandungan c-organik yang ada di dalam tanah.

Selain itu, suhu yang tidak berkorelasi dengan respirasi tanah dapat disebabkan karena suhu yang ada tidak menunjang kehidupan mikroorganisme dengan optimal. Berdasarkan penelitian Pauza *et al.* (2016) juga menyatakan bahwa pertumbuhan mikroorganisme tanah dipengaruhi oleh suhu yang optimal. Kadar air tanah yang tidak berkorelasi dengan respirasi tanah dapat disebabkan karena kondisi tanah yang kurang optimum. Tak hanya suhu tanah, kadar air juga mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini serupa dengan penelitian (Giri *et al.*, 2020) bahwa pertumbuhan mikroorganisme membutuhkan kadar air yang baik yaitu berkisar antara 40 – 60%.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah teknik aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik dengan teknik aplikasi *broadcast* dan teknik tugal menunjukkan respirasi tanah lebih tinggi dibandingkan teknik larikan pada pengamatan 15 BST dan hanya teknik aplikasi tugal yang menunjukkan respirasi tanah tertinggi pada pengamatan 16 BST. Dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik dengan dosis aplikasi 1,5 ton ha⁻¹ menunjukkan respirasi tanah lebih tinggi dibandingkan dosis aplikasi 3 ton ha⁻¹ dan 4,5 ton ha⁻¹ pada pengamatan 16 BST. Hasil interaksi menunjukkan adanya interaksi antara teknik dan dosis aplikasi pupuk campuran organik dan anorganik terhadap respirasi tanah yaitu pada perlakuan teknik *broadcast* dengan dosis 1,5 ton ha⁻¹ dengan nilai rata-rata respirasi tanah yang lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan lainnya. Hasil uji korelasi menunjukkan korelasi positif antara pH tanah dengan respirasi tanah pada pengamatan 14 BST.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada seluruh pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. (2004). *Kimia tanah*. Direktorat Jendral Pendidikan. Depertemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Fauzan, M. R., Rosniawaty, S., Maxiselly, Y., & Arianti, M. (2024). Respons pertumbuhan tanaman secang (*Caesalpinia sappan* L.) terhadap dosis pupuk kandang sapi. *COMPOSITE: Jurnal Ilmu Pertanian*. 6(2): 120-126.
- Giri, I. G. A. I., Yumnaini, S., Lumbanraja, J., & Buchari, H. (2020). Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi herbisida terhadap mikroorganisme tanah (C-mik) pada pertanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-5 di Gedong Meneng. *Jurnal Agrotek Tropika*. 8(1): 1-10.
- Hadija, & Dalya, N. (2017). Manajemen peningkatan kadar air tanah dengan residu jerami padi pada sawah tadah hujan. *Jurnal Agrotan*. 3(2): 31-41.
- Handayani, S., Karnilawati, & Meizalisna. (2022). Sifat fisik ultisol setelah lima tahun di lahan kering Gle Gapui Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie. *Jurnal Agroristek*. 5(1): 1-7.
- Herdiyanto, D., & Setiawan, A. (2015). Upaya peningkatan kualitas tanah melalui sosialisasi pupuk hayati, pupuk organik, dan olah tanah konservasi di Desa Sukamanah dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*. 4(1): 47-53.
- Jaya, G. I., Avianto, Y., Handru, A., & Novyanto, A. (2024). Hubungan antara respirasi tanah dengan sifat tanah dibawah kondisi tegakan vegetasi yang berbeda di Ungaran, Jawa Tengah. *Agroista: Jurnal Agroteknologi*. 8(1): 11-19.
- Meriaty. (2018). Aplikasi beberapa dosis pupuk kandang sapi dalam peningkatan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L). *Jurnal Menara Ilmu*. 12(5): 94-101.
- Pauza, N. M., Niswati, A., Dermiyati, & Yumnaini, S. (2020). Pengaruh sistem olah tanah dan aplikasi mulsa bagas terhadap biomassa karbon mikroorganisme tanah (C-Mik) pada

- lahan pertanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) tahun ke-5. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(2): 158-163.
- Pohan, S.D., Amrizal., & Puspitasari, W.D. (2021). The effect of organic fertilizers on growth and yield of water spinach (*Ipomoea reptans* Poir). *JERAMI Indonesian Journal of Crop Science*. 3(2): 37-44.
- Prasetyo, B.H., & Suriadikarta, D.A. (2006). Karakteristik, potensi dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(2): 39-47.
- Prasetyo, R. (2014). Pemanfaatan berbagai sumber pupuk kandang sebagai sumber N dalam budidaya cabai merah (*Capsicum annum* L.) di Tanah Berpasir. *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 2(2): 125-132.
- Sanjaya, J.H., Afandi, Afrianti, N.A., & Novpriansyah, H. (2016). Pengaruh *effluent* sapi terhadap beberapa sifat fisik dan kimia tanah pada lahan ultisol di PT Great Giant Pineapple Lampung Tengah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(1): 105-110.
- Sujana, I.P., & Pura, I.N.L.S. (2015). Pengelolaan tanah ultisol dengan pemberian pembenah organik biochar menuju pertanian berkelanjutan. *Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*. 5(9): 1-9.
- Wahyunto & Dariah, A. (2014). Degradasi lahan di Indonesia: Kondisi existing, karakteristik dan penyeragaman definisi mendukung gerakan menuju satu peta. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 8(2): 81-93.
- Alfina, R., & Asman, A. (2023). *Kesuburan tanah dan pemupukan*. Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Sumatera Barat. 46 hlm.
- Djuarnani, N., Kristian, & Setiawan, B.S. (2005). *Cara cepat membuat kompos*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 19 hlm.
- Hadi, A., Nur, H.S., & Imaningsih, W. (2016). *Biologi tanah basah tropika*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin. 18 hlm.
- Krisnawati, E., & Adirianto, B. (2019). *Teknologi pemupukan ramah lingkungan*. Pusat Pendidikan Pertanian Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta Selatan. 22-23 hlm.
- Kusumawati, A. (2021). *Buku ajar kesuburan tanah & pemupukan*. Poltek LPP Press. Yogyakarta. 23-63 hlm.
- Permana, I., Anggoro, O., Carsidi, D., Alam, S., Sihalo, N.K., Killa, Y.M., Wida, W.O.A., Putra, R., Mutiara, C., Masnang, A., Wirda, Z., & Elizabeth, R. (2023). *Kesuburan tanah dan pemupukan*. Get Press Indonesia. Padang. 104-107 hlm.
- Purba, T., Situmeang, R., Rohman, H.F., Mahyati, Arsi, Firgiyanto, R., Junaedi, A.S., Saadah, T. T., Junairiah, Herawati, J., & Suhastyo, A.A., (2021). *Pupuk dan teknologi pemupukan*. Yayasan Kita Menulis. Medan. 62-110 hlm.
- Purba, T., Ningsih, H., Junaedi, P.A.S., Junairiah, B.G., Firgiyanto, R., & Arsi. (2021). *Tanah dan nutrisi tanaman*. Yayasan Kita Menulis. Medan. 30-82 hlm.
- Puspitorini, P & Pradhipta, G. I. (2024). *Dasar-dasar ilmu tanah*. Penerbit Mitra Cendekia Media. Sijunjung. 28-57 hlm.
- Rakhmat A, F., & Handayani, F. (2007). *Budidaya dan pasca panen nanas*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Samarinda. 3 hlm.
- Salam, A. K. (2020). Ilmu tanah. Global Madani Press. Bandar Lampung. 183-275 hlm.
- Sobir, Sabernard, Fajarsari, I.M., Yuliasuti, E.R., Apriyadi, T.E., Dewi, E.K., Sudiaz, R., Baroroh, R.A., Kustaryati, A., Saptayanti, N., Rifan, & Nuraida, E.R. (2020). *Buku pedoman budidaya nenas ananas comosus*. Direktorat Buah dan Florikultura. Jakarta. 38 hlm.
- Suntari, R., Nugroho, G.A., Fitria, A.D., Nuklis, A., & Albarki, G.K. (2021). *Teknologi pupuk dan pemupukan ramah lingkungan*. UB Press. Malang. 12 hlm.
- Sutarman & Miftakhurrohmat, A. (2019). *Kesuburan tanah*. UMSIDA Press. Sidoarjo. 45-66 hlm.
- Sutarman, (2019). *Mikrobiologi tanah*. UMSIDA Press. Sidoarjo. 6-12 hlm.
- Widowati, L.R., Hartatik, W., Setyorini, D., & Trisnawati, Y. (2022). *Pupuk organik dibuatnya mudah, hasil tanam melimpah*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Bogor. 20-26 hlm.