AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture, 19 (1): 50-64 (2026)
URL: https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/Agr/article/view/6953
DOI: https://doi.org/ 10.37478/agr.v19i1.6953

OPTIMASI PERTUMBUHAN AKAR PADI MELALUI AMELIORASI HARDPAN DENGAN APLIKASI PUPUK KANDANG SAPI

OPTIMIZATION OF RICE ROOT GROWTH THROUGH HARDPAN AMELIORATION USING COW MANURE APPLICATION

Isnaniar Rahmatul Azizah*, Lolita Endang Susilowati, Dori Kusuma Jaya, Zaenal Arifin, Intan Lusiana Dewi

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

Jl. Majapahit No. 62, Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

*Email Coresponden: isnaniarra@staff.unram.ac.id

Info Artikel Diterima: 15/09/2025 Direvisi: 20/02/2026 Disetujui: 25/05/2026

ABSTRAK

Kondisi tanah terkompaksi (hardpan) pada lahan sawah menghambat pertumbuhan akar padi, menurunkan efisiensi serapan hara, dan berdampak negatif terhadap produktivitas. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh pupuk kandang terhadap morfologi akar dan perbaikan sifat fisik tanah pada lahan sawah dengan lapisan keras. Penelitian dilakukan di Desa Banyu Urip, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat dosis pupuk kandang (0, 2,5, 5, dan 7,5 ton/ha) dan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi berat volume, berat jenis, porositas, permeabilitas, volume, dan bobot kering akar. Kondisi awal tanah menunjukkan berat volume 1,28 g/cm^3, berat jenis 2,10 g/cm^3, porositas 39%, dan permeabilitas 0,8 cm/jam, mencerminkan tanah padat dan kurang mendukung pertumbuhan akar. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan sistem perakaran dan perbaikan sifat fisik tanah. Perlakuan 5-7,5 ton/ha menghasilkan akar yang lebih panjang, bercabang banyak, serta menurunkan berat volume dan berat jenis tanah, sambil meningkatkan porositas dan permeabilitas terutama pada lapisan 0-6 cm. Dosis 5 ton/ha merupakan perlakuan paling efektif dalam memperbaiki struktur dan agregasi tanah tanpa menurunkan porositas akibat kelebihan bahan halus hasil dekomposisi.

KATA KUNCI: Bahan organik, Hardpan, Morfologi akar, Pupuk kandang

ABSTRACT

Compacted soil (hardpan) conditions in rice fields restrict root growth, reduce nutrient uptake efficiency, and negatively affect crop productivity. This study aimed to examine the effect of manure application on rice root morphology and the improvement of soil physical properties in compacted rice fields. The research was conducted in Banyu Urip Village, Gerung District, West Lombok Regency, using a Randomized Block Design (RBD) with four manure doses (0, 2.5, 5, and 7.5 tons/ha) and four replications. Observed parameters included bulk density, particle density, porosity, permeability, root volume, and root dry weight. The initial soil condition showed a bulk density of 1.28 g/cm^3, particle density of 2.10 g/cm^3, porosity of 39%, and permeability of 0.8 cm/h, indicating compacted soil unfavorable for root development. The results showed that manure application significantly improved root growth and soil physical properties. Treatments of 5-7.5 tons/ha produced longer, more branched roots, reduced bulk and particle densities, and increased porosity and permeability, especially in the topsoil (0-6 cm). The 5 tons/ha dose was the most effective treatment for improving soil structure and aggregation without decreasing porosity due to excessive fine organic residues.

KEYWORDS: *Hardpan, Organic matter, Manure, Root morphology*

Cite this as: Isnaniar R Azizah, Lolita E Susilowati, Dori K Jaya, Zaenal Arifin, Intan L Dewi (2026). Optimasi pertumbuhan akar padi melalui ameliorasi hardpan dengan aplikasi pupuk kandang sapi. Agrica: Journal of Sustainable Agriculture, 19(1), 50-64. doi: https://doi.org/ 10.37478/agr.v19i1.6953

Copyright (c) 2026 Isnaniar R Azizah, Lolita E Susilowati, Dori K Jaya, Zaenal Arifin, Intan L Dewi. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Pertanian di Pulau Lombok, khususnya di wilayah Lombok Barat, masih menjadi sektor utama yang menopang perekonomian daerah dan sumber pangan masyarakat. Komoditas padi merupakan produk pertanian paling dominan, dengan sebagian besar sistem produksi dilakukan pada lahan sawah beririgasi maupun tadah hujan. Tanah sawah di kawasan ini didominasi tekstur liat berpasir, yang memiliki tingkat kesuburan kimia tinggi dan mendukung pertumbuhan tanaman padi (Priyono et al., 2019). Namun, karakteristik fisik tanah lempung yang mudah mengeras saat kering dan menjadi plastis serta lengket saat basah menimbulkan berbagai kendala dalam pengelolaan lahan dan pemeliharaan produktivitasnya. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya lapisan keras atau hardpan di bawah permukaan tanah yang berperan besar terhadap penurunan fungsi fisik tanah (Wahidin et al., 2022).

Lapisan hardpan umumnya terbentuk akibat proses kompaksi jangka panjang, baik karena penggunaan alat berat, intensitas pengolahan tanah yang berlebihan, maupun praktik pengelolaan lahan yang tidak memperhatikan kondisi struktur tanah (Shaheb et al., 2021). Lapisan ini memiliki densitas tinggi, permeabilitas rendah, dan porositas terbatas, sehingga menghambat penetrasi akar dan aliran air ke lapisan bawah tanah. Akibatnya, pertumbuhan akar tanaman padi menjadi dangkal, penyerapan air dan unsur hara tidak optimal, serta menyebabkan efisiensi pemupukan rendah (Tando et al., 2018). Kondisi anaerobik akibat genangan yang berkepanjangan juga menurunkan aktivitas mikroba tanah dan memperburuk kesehatan akar (Zhu et al., 2024). Dalam jangka panjang, hal ini mengakibatkan penurunan produktivitas lahan sawah dan menurunnya hasil panen padi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa degradasi sifat fisik tanah akibat kompaksi dapat diatasi melalui pendekatan ameliorasi, yaitu dengan memperbaiki struktur dan agregasi tanah menggunakan bahan organik (Surya et al., 2017); (Amanah & Taufiq, 2021). Aplikasi bahan organik diketahui mampu menurunkan berat volume tanah, meningkatkan porositas, memperbaiki agregasi, dan memperbesar jumlah pori makro yang berperan dalam sirkulasi udara dan pergerakan air (Masria et al., 2018). Selain itu, bahan organik mengandung senyawa humat dan fulvat yang berperan dalam memperkuat kestabilan agregat dan meningkatkan kapasitas tanah menahan air (Perdana et al., 2024). Kandungan karbon organik yang meningkat juga berpotensi memperbaiki aktivitas biologis tanah dengan menyediakan sumber energi bagi mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi dan pembentukan agregat tanah yang stabil (Bawamenewi et al., 2025). Dengan demikian, penambahan bahan organik tidak hanya meningkatkan kualitas fisik tanah, tetapi juga memperbaiki fungsi biologisnya yang berhubungan langsung dengan pertumbuhan akar tanaman.

Penelitian terdahulu telah banyak membahas peranan bahan organik dalam memperbaiki sifat fisik tanah.

(Surya et al., 2017) melaporkan bahwa penambahan pupuk kandang dapat menurunkan berat volume tanah dan meningkatkan kapasitas menahan air pada tanah lempung berat. Sementara itu, (Amanah & Taufiq, 2021) menemukan bahwa kombinasi bahan organik dengan biochar meningkatkan porositas dan permeabilitas tanah sawah di Sulawesi Selatan. (Masria et al., 2018) menekankan pentingnya peningkatan pori makro dalam sistem tanah untuk memperbaiki pergerakan udara dan air, yang merupakan indikator utama tanah sehat. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada tanah sawah umum atau tanah lempung tanpa menyoroti secara spesifik kondisi tanah yang telah membentuk lapisan hardpan akibat kompaksi berat dan pengolahan intensif.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang mampu memperbaiki sifat fisik tanah bahkan dalam satu musim tanam. Arpindra et al. (2017) melaporkan bahwa pemberian bahan organik pada tanah perkebunan kopi robusta mampu meningkatkan porositas tanah dan memperbaiki agregasi tanah selama satu periode budidaya. Pangaribuan et al. (2020a) juga menemukan bahwa pemberian pupuk kandang sapi pada tanah berpasir mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan perkembangan akar tanaman. Selain itu, Amanah et al. (2021) menyatakan bahwa aplikasi bahan organik dapat meningkatkan permeabilitas dan memperbaiki kondisi fisik tanah melalui pembentukan agregat yang lebih stabil dalam waktu relatif singkat. Perbaikan sifat fisik tanah tersebut terjadi dalam satu musim budidaya tanaman.

Kesenjangan penelitian yang masih ada adalah belum banyak kajian yang secara eksplisit mengevaluasi efek aplikasi bahan organik terhadap sifat fisik tanah pada kondisi lapisan keras (hardpan) di lahan sawah. Sebagian besar studi sebelumnya berhenti pada tingkat perbaikan struktur dan agregasi tanah tanpa menghubungkannya secara langsung dengan dinamika porositas dan permeabilitas di lapisan bawah yang terkompaksi. Selain itu, belum terdapat kajian komprehensif yang mengukur perubahan parameter fisik tanah seperti berat volume, berat jenis, dan porositas secara vertikal pada berbagai kedalaman tanah yang terdampak hardpan. Padahal, informasi tersebut penting untuk memahami seberapa jauh bahan organik dapat memperbaiki fungsi fisik tanah dan mendukung pertumbuhan akar tanaman padi secara optimal.

Fokus penelitian diarahkan pada hubungan antara peningkatan porositas dan permeabilitas tanah terkompaksi dengan perbaikan pertumbuhan akar tanaman padi. Selain itu, penelitian ini menambahkan kedalaman lapisan tanah untuk melihat sejauh mana efek ameliorasi bahan organik mampu menembus dan memperbaiki lapisan keras yang terbentuk di bawah permukaan. Pendekatan ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah baru dalam pengelolaan lahan sawah berlapis hardpan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efek aplikasi bahan organik terhadap karakteristik fisik tanah hardpan, khususnya terhadap berat volume, berat

jenis, porositas, dan permeabilitas tanah pada berbagai kedalaman.

METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lahan sawah dengan tekstur tanah lempung yang rentan terhadap pembentukan lapisan hardpan, berlokasi di Desa Banyu Urip, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat. Penelitian berlangsung selama satu musim tanam padi dari bulan Juli - Oktober 2025. Analisis sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan dosis bahan organik berupa Pupuk Kandang sapi (PK), yaitu :

P0 = 0 ton/ha (tanpa pupuk kandang)
P1 = 2,5 ton/ha PK
P2 = 5,0 ton/ha PK
P3 = 7,5 ton/ha PK

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat kali sehingga terdapat 16 satuan percobaan. Penempatan unit percobaan dilakukan secara acak dalam kelompok untuk mengurangi pengaruh variabilitas lingkungan.

Prosedur Pelaksanaan

Persiapan Lahan dan Sampel Tanah

Untuk analisis sifat fisik, sampel tanah awal diambil sebelum aplikasi perlakuan setelah tanah sawah dibersihkan dari sisa tanaman dan digemburkan hingga kedalaman ±20 cm. Sebelum aplikasi perlakuan, dilakukan pengambilan contoh tanah awal untuk analisis sifat fisik. Lahan kemudian dibagi menjadi 16 petak percobaan.

Aplikasi Bahan Organik

Aplikasi pupuk kandang sapi diberikan sesuai dosis perlakuan (0, 2,5, 5, dan 7,5 ton/ha) dosis ini diberikan berdasarkan hasil penelitian Hadianto et al. (2017), dengan cara disebar merata di seluruh permukaan petak. Selanjutnya, pupuk dimasukkan ke dalam tanah hingga kedalaman ±15 cm menggunakan cangkul. Proses ini dilakukan satu minggu sebelum tanam untuk memberi waktu bahan organik untuk dekomposisi awal.

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

Setelah disemaikan selama dua belas hari, benih padi varietas M70D dipindahkan ke petak percobaan dengan jarak tanam 25 x 25 cm. Pemeliharaan intensif termasuk pengairan, penyiangan, dan pengendalian hama manual. Pengairan dijaga dalam kondisi macak-macak agar tidak memengaruhi hasil pengukuran permeabilitas.

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel dilakukan pada tiga kedalaman lapisan tanah: 0-6 cm, 6-12 cm, dan 12-18 cm, menggunakan ring sampler. Setiap sampel diberi label sesuai perlakuan dan kedalaman untuk dianalisis berat volume, berat jenis, dan porositasnya.

Analisis Sifat Fisik Tanah

1. **Berat Volume Tanah (Bulk Density)**
   Penentuan berat volume tanah menggunakan klasifikasi berdasarkan Hardjowigeno (2015). Nilai berat volume dihitung dari perbandingan massa kering tanah terhadap volume ring sampel (g/cm^3).
2. **Berat Jenis Tanah (Particle Density)**
   Dihitung menggunakan metode piknometer dengan rumus yang mengacu pada perbandingan massa partikel tanah kering terhadap

volume air yang dipindahkan (g/cm^3) ((BSN), 2008).

3. **Porositas Tanah (%)**
   Diperoleh dari hubungan antara berat volume dan berat jenis tanah dengan rumus (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023):

$$\text{Porositas} = \left(1 - \frac{\text{Berat Volume}}{\text{Berat Jenis}}\right) \times 100\%$$

4. **Permeabilitas Tanah (cm/jam)**
   Diukur menggunakan alat uji permeabilitas konstan (constant head permeameter) pada kedalaman 0–18 cm untuk mengetahui kemampuan tanah meloloskan air ((BSN), 2008).
5. **Pertumbuhan Akar Padi**
   Pengamatan dilakukan pada fase vegetatif maksimum (45 Hari Setelah Tanam). Akar tanaman diambil secara hati-hati, dicuci bersih, kemudian diukur panjang total akar, volume akar (menggunakan gelas ukur berisi air), dan berat kering akar setelah dikeringkan dalam oven 70°C selama 48 jam.

Analisis data

Data parameter volume akar dan bobot kering akar dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) taraf 5%. Sementara itu, data sifat fisik tanah seperti berat volume, berat jenis, porositas, dan permeabilitas dianalisis secara deskriptif komparatif untuk melihat kecenderungan perubahan akibat perlakuan pada berbagai kedalaman tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Awal

Analisis karakteristik tanah awal dilakukan sebelum perlakuan untuk mengetahui kondisi fisik dasar lahan percobaan. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm yang merupakan lapisan olah utama yang paling terpengaruh oleh proses pengolahan lahan dan dekomposisi bahan organik. Karakteristik tanah awal pada lahan percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Awal Pada Lahan Percobaan

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar air	%	25
Berat Volume	g/cm^3	1.28
Berat Jenis	g/cm^3	2.10
Porositas	%	39
Permeabilitas	cm/jam	0.8
Tekstur Tanah	%	liat berpasir

Karakteristik awal tanah pada lahan percobaan menunjukkan bahwa tanah memiliki kadar air sebesar 25%, kadar air ini menunjukkan kondisi kelembapan tanah berada pada kategori sedang dan masih mendukung aktivitas biologis tanah serta pertumbuhan awal tanaman padi. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah tidak mengalami kondisi terlalu kering maupun jenuh air sebelum perlakuan diberikan. Karakteristik tanah awal lainnya, yaitu berat volume 1,28 g/cm^3, dan berat jenis 2,10 g/cm^3 (Tabel 1). Nilai berat volume tergolong sedang

berdasarkan klasifikasi Hardjowigeno (2015), dimana tanah mineral dengan bulk density 1,0–1,3 g/cm^3 masih memiliki ruang pori yang cukup untuk pertumbuhan akar, menunjukkan bahwa tanah memiliki tingkat kepadatan yang masih memungkinkan udara dan air bergerak secara moderat melalui pori tanah (Mansyur et al., 2023). Berat jenis yang relatif tinggi karena mendekati densitas partikel mineral tanah pada umumnya (2,60–2,65 g/cm^3), yang menunjukkan dominasi fraksi mineral dibandingkan bahan organik (Hasibuan, 2015). Porositas tanah sebesar 39%, berdasarkan klasifikasi porositas tanah mineral menunjukkan ruang pori total yang sedang , dimana porositas tanah produktif umumnya berkisar 30–60%. Sehingga infiltrasi dan aerasi tanah terus berlanjut meskipun pemadatan di lapisan bawah dapat menghambat pertumbuhan akar (Waruwu & Gulo, 2024).

Permeabilitas tanah sebesar 0,8 cm/jam berdasarkan (BSN), 2008), nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki kemampuan meloloskan air yang rendah hingga sedang, sesuai dengan karakteristik tanah bertekstur liat berpasir yang ditemukan di lokasi penelitian. Tekstur liat berpasir menunjukkan adanya keseimbangan antara fraksi pasir yang mendukung drainase dan fraksi liat yang membantu dalam retensi air dan hara (Zega, 2024). Berdasarkan hasil analisis awal tanah menunjukkan berat volume 1,28 g/cm^3, berat jenis 2,10 g/cm^3, porositas 39%, dan permeabilitas 0,8 cm/jam yang mengindikasikan adanya kecenderungan pemadatan pada lapisan tanah tertentu sehingga berpotensi membatasi perkembangan akar tanaman. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan akar dan pergerakan air dalam tanah, pengelolaan bahan organik diperlukan untuk meningkatkan agregasi tanah dan meningkatkan stabilitas pori.

Morfologi Akar Tanaman Padi Pada Vegetatif Maksimum

Struktur akar tanaman hasil pengamatan disajikan pada Gambar 1. yang menggambarkan pola percabangan serta sebaran akar sebagai indikator kemampuan tanaman dalam mengeksplorasi air dan unsur hara dari dalam tanah.



(a)



(b)

Gambar 1. Morfologi Tajuk (a) dan Akar (b) Tanaman Padi Pada Berbagai Tingkat Pemberian Pupuk Kandang (P0 = tanpa pupuk kandang, P1 = 2,5 kg/ha, P2 = 5 kg/ha, dan P3 = 7,5 kg/ha)

Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan dosis pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tajuk dan sistem perakaran tanaman padi di lahan sawah yang mengalami hardpan. Tanaman tanpa pupuk kandang (P0) menunjukkan pertumbuhan yang lebih pendek, memiliki sedikit anakan, dan perakaran dangkal. Sebaliknya, tanaman pada perlakuan dengan dosis pupuk kandang lebih tinggi (P2 dan P3) secara visual menunjukkan tinggi tanaman dan jumlah anakan yang lebih besar serta sistem akar yang lebih panjang, rapat, dan sehat dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk kandang. Hal ini menandakan perbaikan kondisi pertumbuhan meskipun berada pada tanah terkompaksi (Pangaribuan et al., 2020).

Perbedaan dalam adaptasi akar tampak pada pola distribusi dan percabangan akar. Tanaman di P0 cenderung memiliki akar yang terkonsentrasi di lapisan tanah bagian atas, sementara pada P2 dan P3, akar berkembang lebih dalam dan menyebar lebih luas. Peningkatan panjang dan bercabangnya akar ini menunjukkan efek positif pupuk kandang dalam memperbaiki struktur dan porositas tanah serta mengurangi hambatan mekanis (Nurhuda et al., 2021). Selain itu, penggunaan bahan organik juga meningkatkan aerasi, agregasi tanah, dan kapasitas tukar kation, sehingga mendukung adaptasi morfologi akar dan optimalisasi ketersediaan nutrisi (Mendrofa & Gulo, 2024).

Volume Akar dan Bobot Kering Akar

Morfologi akar padi dipengaruhi oleh kondisi tanah, terutama oleh tingkat kompaksi yang dapat menghalangi penetrasi dan pertumbuhan akar. Data pengamatan mengenai volume akar dan bobot kering akar padi pada berbagai dosis pupuk kandang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Volume dan Bobot Kering Akar Padi pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang

Perlakuan	Parameter	
	Volume Akar (cm^3)	Bobot Kering Akar (g/rumpun)
P0 = 0 ton/ha PK	8,250 ± 1,32 c	1,73 ± 1,14 b
P1 = 2,5 ton/ha PK	16,625 ± 1,49 ab	2,54 ± 0,46 b
P2 = 5 ton/ha PK	11,125 ± 1,18 bc	1,60 ± 0,27 b
P3 = 7,5 ton/ha PK	16,50 ± 2,65 a	4,16 ± 0,64 a

Keterangan: PK = Pupuk Kandang Sapi. Nilai merupakan rata-rata ± simpangan baku (SD). Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%.

Hasil pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi memberikan pengaruh signifikan terhadap volume dan berat kering akar tanaman padi. Perlakuan dengan dosis pupuk kandang P3 (7,5 ton/ha) menghasilkan nilai tertinggi, yakni volume akar mencapai 16,50 cm^3 dan berat kering akar sebesar 4,16 g per rumpun. Namun demikian, pada perlakuan P2 (5 ton/ha), bobot kering akar tercatat lebih rendah dibandingkan kontrol (P0), meskipun volume akar masih lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan pupuk kandang. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan perbedaan laju dekomposisi bahan organik dan perubahan kondisi fisik tanah akibat penambahan pupuk kandang. Pada dosis tertentu, bahan organik mampu memperbaiki aerasi dan struktur tanah secara optimal, namun peningkatan dosis yang lebih tinggi belum tentu langsung meningkatkan pertumbuhan akar karena kemungkinan terjadinya akumulasi fraksi halus hasil dekomposisi yang memengaruhi distribusi pori tanah dan kondisi aerasi di sekitar perakaran. Peningkatan volume akar dan bobot kering akar pada perlakuan P3 (7,5 ton/ha) mengindikasikan bahwa penambahan pupuk kandang membantu memperbaiki struktur fisik tanah yang awalnya padat, sehingga memperluas dan memperdalam perkembangan sistem perakaran (Mendrofa & Gulo, 2024).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa respons pertumbuhan akar terhadap aplikasi pupuk kandang berbeda pada setiap dosis perlakuan. Pada beberapa parameter, perlakuan P1 (2,5 ton/ha) menunjukkan nilai lebih tinggi dibandingkan P2 (5 ton/ha), khususnya pada volume akar dan bobot kering akar. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kandang tidak selalu menghasilkan respons pertumbuhan yang lebih tinggi secara linear. Namun pada perlakuan P3 (7,5 ton/Ha) terjadi peningkatan ukuran akar, yaitu 16,50 cm^3 (volume akar) dan 4,16 g/rumpun (bobot kering akar), peningkatan ini terjadi karena bertambahnya ruang pori tanah yang disebabkan oleh penurunan berat jenis tanah dan peningkatan porositas (Pangaribuan et al., 2020). Pupuk kandang menyediakan bahan organik

yang berfungsi membentuk agregat tanah yang lebih stabil sekaligus meningkatkan aerasi dan kelembaban tanah, sehingga akar bisa tumbuh dengan lebih baik (Lawolo, 2025). Selain itu, saat bahan organik terurai, terbentuk asam organik yang membantu melunakkan lapisan keras tanah (hardpan), memperbaiki penyerapan air, dan meningkatkan ketersediaan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor (Yusra et al., 2025).

Aplikasi pupuk kandang menunjukkan pengaruh positif terhadap pertumbuhan akar dan perbaikan sifat fisik tanah. Penggunaan pupuk kandang pada dosis 2,5 ton/ha (P1) mampu merangsang pertumbuhan akar, meskipun belum sebesar yang terlihat pada dosis 7,5 ton/ha (P3). Ini mengindikasikan bahwa pemberian pupuk kandang dengan dosis lebih tinggi menciptakan kondisi perakaran yang lebih optimal tanpa menyebabkan kelebihan bahan organik (Sari et al., 2016). Secara umum, pemupukan dengan dosis 5 - 7,5 ton/ha terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan akar serta memperbaiki kualitas fisik tanah di lahan sawah yang mengalami pemadatan.

Sifat Fisik Tanah Akibat Aplikasi Bahan Organik

Pengukuran sifat fisik tanah dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi akibat pemberian pupuk kandang dengan dosis berbeda. Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang terhadap Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Tingkat Kedalaman

Parameter	Kedalaman Tanah	Perlakuan			
		P0 = 0 ton/ha PK	P1 = 2,5 ton/ha PK	P2 = 5 ton/ha PK	P3 = 7,5 ton/ha PK
Berat Volume Tanah (g/cm^3)	0 - 6 cm	1,20	1,15	1,05	1,10
	6 - 12 cm	1,25	1,18	1,10	1,16
	12 - 18 cm	1,35	1,28	1,20	1,24
Berat Jenis Tanah (g/cm^3)	0 - 6 cm	2,10	2,05	1,95	2,00
	6 - 12 cm	2,10	2,02	1,98	2,04
	12 - 18 cm	2,12	2,05	2,00	2,06
Porositas Tanah (%)	0 - 6 cm	42,9	43,9	46,2	45
	6 - 12 cm	40,5	41,6	44,4	43,1
	12 - 18 cm	36,8	37,6	40	39,8
Permeabilitas (cm/jam)	0 - 6 cm	0,73	1,02	1,14	2,20
	6 - 12 cm	0,53	0,79	1,20	1,70
	12 - 18 cm	0,31	0,42	0,53	0,73

Keterangan: PK = Pupuk Kandang Sapi. Nilai menunjukkan rata-rata hasil pengukuran sifat fisik tanah setelah perlakuan pada tiga kedalaman berbeda.

Hasil pengamatan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kandang pada kedalaman tanah 0–6 cm memengaruhi perubahan nilai berat volume tanah. Nilai berat volume tanah cenderung menurun hingga perlakuan P2 (5 ton/ha), kemudian kembali sedikit meningkat pada perlakuan P3 (7,5 ton/ha). Secara keseluruhan, berat volume tanah cenderung menurun seiring dengan bertambahnya dosis pupuk kandang. Berat volume tertinggi tercatat pada perlakuan tanpa pupuk kandang (P0), yaitu 1,20 g/cm^3 pada lapisan 0-6 cm dan meningkat menjadi 1,35 g/cm^3 pada lapisan 12-18 cm. Sebaliknya, nilai berat volume terendah ditemukan pada perlakuan P2 (5 ton/ha pupuk kandang), yaitu 1,05 g/cm^3 pada lapisan 0–6 cm.

Nilai berat volume menunjukkan kecenderungan menurun hingga perlakuan P2 (5 ton/ha), namun kembali sedikit meningkat pada perlakuan P3 (7,5 ton/ha). Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kandang tidak selalu diikuti oleh penurunan berat volume tanah secara linear. Peningkatan kembali nilai berat volume pada perlakuan P3 diduga berkaitan dengan akumulasi fraksi halus hasil dekomposisi bahan organik yang dapat mengisi sebagian pori makro tanah. Selain itu, peningkatan kandungan bahan organik pada dosis tinggi juga dapat memengaruhi distribusi agregat tanah dan menyebabkan struktur tanah menjadi relatif lebih padat dibandingkan perlakuan P2, meskipun masih lebih baik dibandingkan kontrol. Hal ini sesuai dengan fungsi bahan organik yang dapat menurunkan kepadatan tanah sekaligus meningkatkan sirkulasi udara dan pergerakan air di dalam tanah (Zega, 2024). Pengaruh ini lebih jelas terjadi di lapisan permukaan tanah, karena bahan organik umumnya menyebar merata pada bagian tersebut (Sari et al., 2016). Sedangkan pada lapisan tanah yang lebih dalam (6-12 cm dan 12-18 cm), perubahan berat volume relatif lebih kecil yang menunjukkan bahwa efek pupuk kandang lebih terbatas di bagian bawah tanah.

Nilai berat jenis tanah pada semua perlakuan berada di kisaran 1,95 - 2,12 g/cm^3. Walaupun variasinya tidak terlalu besar seperti pada berat volume, pola penurunan berat jenis juga terlihat pada perlakuan yang menggunakan pupuk kandang. Nilai terendah ditemukan pada perlakuan P2 (5 ton/ha) sebesar 1,95 g/cm^3 di lapisan 0-6 cm, sementara nilai tertinggi ada pada P0 sebesar 2,12 g/cm^3 di lapisan 12-18 cm. Penurunan berat jenis ini menunjukkan adanya peningkatan kandungan bahan organik di dalam tanah akibat aplikasi pupuk kandang, karena bahan organik memiliki densitas lebih rendah dibandingkan partikel mineral sehingga semakin banyak bahan organik, semakin rendah berat jenis tanah (Yunanda et al., 2022).

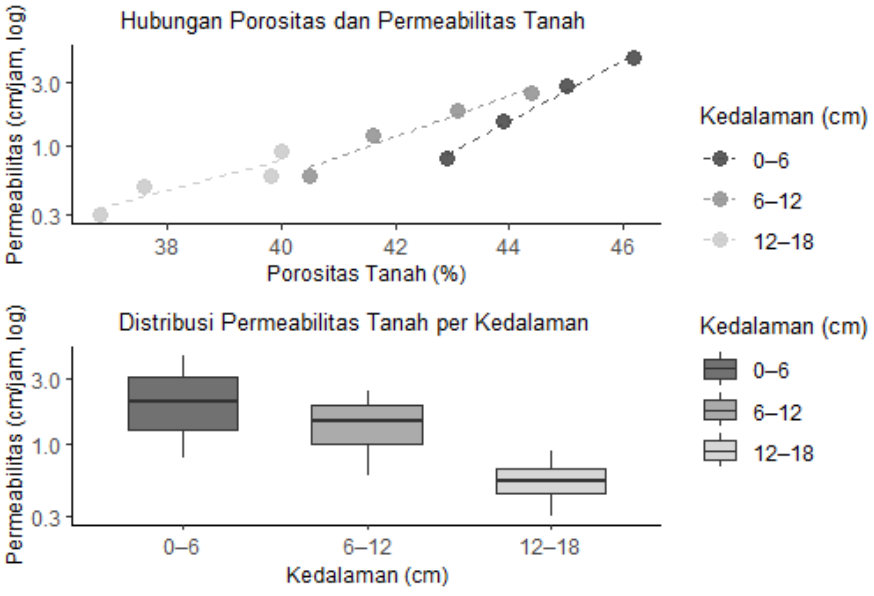
Porositas tanah menunjukkan tren yang berlawanan dengan berat volume. Nilai porositas cenderung meningkat dengan penambahan dosis pupuk kandang hingga 5 ton/ha, lalu sedikit menurun pada dosis tertinggi (7,5 ton/ha). Di lapisan 0-6 cm, porositas naik dari 42,9% pada P0 menjadi 46,2% pada P2, lalu turun sedikit menjadi 45% di P3. Pola yang sama juga terlihat pada lapisan

6-12 cm dan 12-18 cm. Peningkatan porositas pada dosis sedang menunjukkan bahwa pupuk kandang efektif memperbesar ruang pori total tanah lewat perbaikan struktur agregat (Tanjung et al., 2022). Namun, penurunan sedikit pada dosis tinggi kemungkinan karena akumulasi bahan halus hasil dekomposisi pupuk yang menutup sebagian pori makro, sehingga mengurangi porositas yang tersedia untuk udara dan air (Lawolo, 2025).

Nilai permeabilitas tanah menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya dosis pupuk kandang pada seluruh kedalaman pengamatan. Pada lapisan 0-6 cm permeabilitas meningkat dari 0,73 cm/jam pada perlakuan P0 menjadi 2,20 cm/jam pada perlakuan P3, sedangkan pada lapisan 6-12 cm meningkat dari 0,53 cm/jam menjadi 1,70 cm/jam, dan pada lapisan 12-18 cm dari 0,31 cm/jam menjadi 0,73 cm/jam. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pupuk kandang mampu memperbaiki struktur tanah melalui penurunan kepadatan tanah dan peningkatan pori drainase efektif, sehingga air lebih mudah bergerak, terutama pada lapisan permukaan, sementara lapisan bawah tetap lebih lambat akibat kepadatan tanah yang lebih tinggi dan berkurangnya pori makro (Blanco-canqui, 2017).

Hubungan dan Dinamika Porositas dan Permeabilitas Tanah Pada Berbagai Kedalaman

Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan positif antara porositas dan permeabilitas tanah pada berbagai kedalaman (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan Porositas dan Permeabilitas Tanah Pada Berbagai Kedalaman Lapisan Tanah (atas); Distribusi Nilai Permeabilitas Tanah Pada Masing-Masing Kedalaman (bawah).

Porositas yang meningkat diiringi dengan kenaikan permeabilitas tanah menunjukkan bahwa ruang pori sangat berperan dalam kemampuan tanah mengalirkan air. Lapisan tanah pada kedalaman 0-6 cm memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang paling tinggi dibandingkan lapisan di bawahnya. Ini menggambarkan bahwa struktur tanah di bagian atas lebih gembur dan didominasi oleh pori makro yang disebabkan oleh penumpukan bahan organik dari pupuk kandang. Kondisi ini memudahkan pergerakan air melalui profil tanah sekaligus memperbaiki aerasi (Amanah & Taufiq, 2021).

Pada lapisan 6-12 cm dan 12-18 cm, nilai porositas dan permeabilitas secara umum lebih rendah dibandingkan lapisan permukaan yang menunjukkan bahwa meningkatnya kepadatan tanah di lapisan bawah menyebabkan dominasi pori mikro dan berkurangnya pori drainase efektif (Faiz & Prijono, 2021); (Annisa & Prijono, 2023). (Delima et al., 2018) menyatakan bahwa pori makro akan menurunkan laju infiltrasi dan perkolasi air.

Distribusi permeabilitas tanah berdasarkan kedalaman mendukung temuan ini, nilai median permeabilitas tertinggi terdapat pada kedalaman 0-6 cm, kemudian menurun pada kedalaman 6-12 cm, dan paling rendah pada 12-18 cm. Variasi data yang lebih besar di lapisan atas menandakan pengaruh kuat aktivitas organisme tanah, akar tanaman, dan proses dekomposisi bahan organik yang membentuk pori-pori dengan ukuran tidak merata. Sebaliknya, lapisan bawah memiliki variasi yang lebih kecil, menunjukkan struktur tanah yang lebih padat dan seragam.

SIMPULAN

Aplikasi pupuk kandang terbukti mampu memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan pertumbuhan akar pada lahan sawah yang memiliki lapisan keras (*hardpan*). Penambahan bahan organik melalui pupuk kandang dengan dosis 5–7,5 ton/ha meningkatkan percabangan akar. Dari sisi sifat fisik tanah, pemberian pupuk kandang menurunkan berat volume dan densitas tanah serta meningkatkan porositas dan permeabilitas terutama pada lapisan olah (0–6 cm). Dosis 5 ton/ha merupakan tingkat aplikasi paling efektif dalam memperbaiki struktur dan agregasi tanah tanpa menurunkan porositas akibat kelebihan bahan halus hasil dekomposisi. Temuan ini menegaskan bahwa ameliorasi tanah *hardpan* dengan bahan organik berperan penting dalam mengoptimalkan pertumbuhan akar padi melalui peningkatan kualitas fisik tanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Universitas Mataram atas pendanaan penelitian ini melalui dana PNBP Universitas Mataram tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

Amanah, A., & Taufiq, A. (2021). Respon Sifat Fisika Inceptisol Terhadap Pemberian Blotong Dan Pupuk Kandang Sapi. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*, *7*(1), 23–32.

Annisa, D. W., & Prijono, S. (2023). Analisis Konduktivitas Hidrolik Jenuh Tanah Pada Berbagai Jenis

Naungan Di Lahan Kopi Rakyat Kecamatan Sumbermanjing Wetan. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, *10*(1), 15–24. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.2

Arpindra Surya, J., Nuraini, Y., Tanah, J., Pertanian, F., & Brawijaya, U. (2017). Kajian Porositas Tanah Pada Pemberian Beberapa Jenis Bahan Organik Di Perkebunan Kopi Robusta. In *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* (Vol. 4). http://jtsl.ub.ac.id

Bawamenewi, T. A., Gea, F. H., & Waruwu, S. (2025). Penggunaan Biochar Untuk Meningkatkan Kualitas Tanah pada Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, *2*(1), 179–187. https://doi.org/https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.257

(BSN), B. S. N. (2008). *SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah*.Blanco-canqui, H. (2017). Biochar and Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal*, *81*(May), 687–711. https://doi.org/10.2136/sssaj2017.01.0017

Blanco-canqui, H. (2017). Biochar and Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal*, *81*(May), 687–711. https://doi.org/10.2136/sssaj2017.01.0017

Delima, Akbar, H., & Rafli, M. (2018). Tingkat Laju Infiltrasi Tanah Pada DAS Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Agrium*, *15*(1), 17–28. https://doi.org/https://doi.org/10.29103/agrium.v15i1.685

Faiz, A. M., & Prijono, S. (2021). Perbedaan Kemampuan Tanah Dalam Menahan Air Pada Berbagai Kelerengan Lahan Kopi Di Daerah Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, *8*(2), 481–491. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.19

Food and Agriculture Organization of the United Nations, (FAO). (2023). *Standard Operating Procedure For Soil Bulk Density*. Globak Soil Laboratory Network. https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cc7568en

Hadianto, W., Jalil, M., & Irawan, J. (2017). Respon Produksi Padi Organik Pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang Dan Jumlah Bibit Per Lubang Tanam The Response Of Rice Production On Various Organic Fertilizer Dosage and Number Of Seeds Per Planting. In *Jurnal Agrotek Lestari* (Vol. 4, Number 2).

Hardjowigeno, Sarwono. (2015). *Ilmu tanah*. MSP.

Hasibuan, A. S. Z. (2015). Pemanfaatan Bahan Organik dalam Perbaikan Beberapa Sifat Tanah Pasir Pantai Selatan Kulon Progo. *Planta Tropika Journal of Agro Science*, *3*(1), 31–40. https://doi.org/10.18196/pt.2015.037.31-40

Lawolo, T. Y. (2025). Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Dan Organik Pada Kelembapan Tanah. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, *02*(01), 86–91.

Mansyur, N. I., Antonius, & Titing, D. (2023). Karakteristik Fisika Tanah pada Beberapa Lahan Budidaya Tanaman Hortikultura Lahan Marginal. *Jurnal Ilmiah Respati*, *14*(2), 190–200.

Masria, Lopulisa, C., Zubair, H., & Rasyid, B. (2018). Karakteristik Pori Dan Hubungannya Dengan Permeabilitas Pada Tanah Vertisol Asal Jeneponto Sulawesi Selatan. *Jurnal Ecosolum*, *7*(1), 38–45.

Mendrofa, M. T., & Gulo, D. (2024). Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Perbaikan Struktur Tanah Dan Stabilitas Tanah. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, *01*(01), 105–110.

Nurhuda, M., Inti, M., Nurhidayat, E., Anggraini, D. J., Rokim, A. M., Setyaningsih, I. R., Setiawan, N. C., Wicaksana, Y., & Maryani, Y. (2021). Kajian Struktur Tanah Rizosfer Tanaman Kacang Hijau Dengan Perlakuan Pupuk Kandang Dan Kascing. *Jurnal Pertanian Agros*, *23*(1), 35–43.

Pangaribuan, E. A. S., Darmawati, A., & Budiyanto, S. (2020). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakchoy Pada Tanah Berpasir Dengan Pemberian Biochar dan Pupuk Kandang Sapi. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, *22*(2), 72. https://doi.org/10.20961/agsjpa.v22i2.42093

Perdana, S. P., Sasongko, P. E., & Purwadi. (2024). Kontribusi Lignin dan Asam Humat Serta Dampaknya Terhadap Stabilitas Agregat Tanah Di Desa Jatiarjo Kecamatan Prigen Kabupaten Pasuruan. *Agroteknika*, *7*(4), 604–617. https://doi.org/https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i4.435

Priyono, J., Yasin, I., Dahlan, M., & Bustan. (2019). Identifikasi Sifat, Ciri, Dan Jenis Tanah Utama Di Pulau Lombok. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, *5*(1), 19–24. https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jstl.v5i1.102

Sari, R. M. P., Maghfoer, M. D., & Koesriharti. (2016). Pengaruh Frekuensi Penyiraman Dan Dosis Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakchoy (Brassica rapa L. var. chinensis). *Jurnal Produksi Tanaman*, *4*(5), 342–351.

Shaheb, R., Venkatesh, R., & Shearer, S. A. (2021). A Review on the Effect of Soil Compaction and its Management for Sustainable Crop Production. *Journal of Biosystems Engineering*, *46*, 417–439. https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7

Surya, J. A., Nuraini, Y., & Widianto. (2017). Kajian Porositas Tanah Pada Pemberian Beberapa Jenis Bahan Organik Di Perkebunan Kopi Robusta. *Journal of Soil and Land Resources*, *4*(1), 463–471.

Tando, E., Pengkajian, B., Pertanian, T., & Tenggara, S. (2018). Review : Upaya Efisiensi Dan Peningkatan Ketersediaan Nitrogen Dalam Tanah Serta Serapan Nitrogen Pada Tanaman Padi Sawah (Oryza sativa L.). *Buana Sains*, *18*(2), 171–180.

Tanjung, A. A., Wiskandar, & Ar, A. (2022). Aplikasi Biochar Sekam Padi Dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Agregasi Tanah Dan Hasil Kedelai Pada Lahan Bekas Tambang Batubara. *J. Agroecotania*, *5*(2), 35–48.

Wahidin, Sukartono, & Arifin, Z. (2022). Mengenal Karakteristik Hardpan dan Sifat Fisiknya di

Lahan Sawah di Kecamatan Narmada. *Journal of Soil Quality and Management (JSQM)*, 1–9.

Waruwu, P. J. F., & Gulo, L. J. M. (2024). Hubungan Antara Kompaksi Tanah Dan Pertumbuhan Akar : Kajian Fisika Tanah Dalam Pertanian Berkelanjutan. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, *01*(01), 59–64.

Yunanda, F., Soemeinaboedhy, I. N., & Silawibawa, I. P. (2022). Pengaruh Pemberian Berbagai Pupuk Organik Terhadap Sifat Fisik Tanah , Kimia Tanah , dan Produksi Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.) di Kecamatan Kediri. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK*, *1*(3), 294–303. https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jima.v1i3.2148

Yusra, S., Mardaleni, Ralie, A., Mardiyah, D. U., Rosida, N., Ismayanti, R., Mugiasih, A., Dewi, S. M., Ibrahim, E., Poleuleng, A. B., Fahmi, D. A., Bahasoan, H., Raini, U., & Suherah. (2025). *Agribisnis Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Penerbit Widina Media Utama.

Zega, N. D. (2024). Pengaruh Tekstur dan Struktur Tanah Terhadap Distribusi Air dan Udara di Profil Tanah. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, *01*(02), 1–6.

Zhu, X., Peng, W., Xie, Q., & Ran, E. (2024). Effects of Soil Compaction Stress Combined with Drought on Soil Pore Structure , Root System Development , and Maize Growth in Early Stage. *Plants*, *13*, 3185. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ plants13223185