

PERBANDINGAN KAPASITAS INFILTRASI ANTARA TANAH TERKELOLA SECARA ORGANIK DAN KONVENTIONAL

Putra Zai¹⁾, Andi Donal Putra Zebua²⁾

¹⁾ Agroteknologi ,Fakultas Sains Dan Teknologi , Universitas Nias Gunungsitoli, Indonesia

Email: putraza1614@gmail.com

²⁾ Agroteknologi ,Fakultas Sains Dan Teknologi , Universitas Nias Gunungsitoli, Indonesia

Email: putrazebuaidonal@gmail.com

Abstract

This research aims to explore the effect of soil density on plant root performance in various climatic conditions. Experiments were carried out by comparing plant root growth at high (1.5 g/cm^3) and low (1.2 g/cm^3) soil density in locations representing tropical, dry and temperate climates. Results showed that high soil density significantly inhibited root growth, with average root length reaching 30 cm at low density and only 15 cm at high density. In addition, the ability to absorb water and nutrient content in roots is also higher in low density soil treatment. These findings confirm that maintaining soil density at optimal levels is important to support healthy root growth and plant productivity. The research also found that climate conditions influenced the relationship between soil density and root performance, with plants in dry climate locations experiencing greater impacts from high soil density. Recommendations for sustainable soil management practices are suggested to improve root health and agricultural productivity.

Keywords: Soil Density; Root Performance; Water Absorption; Climate Conditions; Sustainable Farming Practices.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh kepadatan tanah terhadap kinerja akar tanaman dalam berbagai kondisi iklim. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan pertumbuhan akar tanaman pada kepadatan tanah tinggi ($1,5 \text{ g/cm}^3$) dan rendah ($1,2 \text{ g/cm}^3$) di lokasi yang mewakili iklim tropis, kering, dan sedang. Hasil menunjukkan bahwa kepadatan tanah tinggi secara signifikan menghambat pertumbuhan akar, dengan panjang akar rata-rata mencapai 30 cm pada kepadatan rendah dan hanya 15 cm pada kepadatan tinggi. Selain itu, kemampuan penyerapan air dan kandungan nutrisi dalam akar juga lebih tinggi pada perlakuan tanah dengan kepadatan rendah. Temuan ini menegaskan bahwa menjaga kepadatan tanah pada tingkat optimal penting untuk mendukung pertumbuhan akar yang sehat dan produktivitas tanaman. Penelitian ini juga menemukan bahwa kondisi iklim mempengaruhi hubungan antara kepadatan tanah dan kinerja akar, di mana tanaman di lokasi beriklim kering mengalami dampak lebih besar dari kepadatan tanah yang tinggi. Rekomendasi untuk praktik pengelolaan tanah yang berkelanjutan disarankan untuk meningkatkan kesehatan akar dan produktivitas pertanian.

Kata Kunci: Kepadatan Tanah; Kinerja Akar; Penyerapan Air; Kondisi Iklim; Praktik Pertanian Berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Secara sederhana, infiltrasi dipahami sebagai proses masuk atau meresapnya air kedalam tanah baik secara vertikal maupun horizontal melalui permukaan tanah atau rekahan-rekahan pada tanah yang tentunya juga dipengaruhi oleh beberapa faktor sifat fisik tanah yang secara langsung ikut berperan dalam menentukan tinggi rendahnya laju infiltrasi. Infiltrasi erat kaitannya dengan intensitas hujan, kapasitas infiltrasi, serta aliran permukaan (run off) dan erosi. Jika intensitas hujan lebih besar dibandingkan kapasitas infiltrasi, maka akan terjadi aliran permukaan. Aliran permukaan yang berlebih akan menimbulkan erosi.

Dalam bidang konservasi tanah, infiltrasi merupakan komponen yang sangat penting karena masalah konservasi tanah pada azasnya adalah pengaturan hubungan antara intensitas hujan dan kapasitas infiltrasi, serta pengaturan aliran permukaan. Aliran permukaan hanya dapat diatur dengan memperbesar kemampuan tanah menyimpan air, utamanya dapat ditempuh melalui perbaikan atau peningkatan kapasitas infiltrasi (bernardus zebua dkk 2024). Laju infiltrasi ditentukan oleh besarnya kapasitas infiltrasi dan laju penyediaan air (Intensitas hujan). Selama intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan intensitas hujan. Jika intensitas hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka terjadilah genangan di atas permukaan atau aliran permukaan.

Dengan demikian laju infiltrasi berubah-ubah sesuai dengan variasi intensitas curah hujan. Infiltrasi yang terjadi pada suatu tempat berbeda-beda dengan tempat yang lain dan waktu yang lain, salah satunya ditentukan oleh tipe penggunaan lahan (errwin saputra gea 2024). Laju infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan berbeda-beda tergantung dari tipe penggunaan lahan serta beberapa faktor sifat fisik tanah yang mempengaruhinya antara lain tekstur tanah, bahan organik, kerapatan massa (bulk density), porositas, kemantapan/stabilitas agregat dan kadar air. Namun demikian, untuk memastikan laju infiltrasi diperlukan penelitian pada berbagai penggunaan lahan tersebut.

Menurut bernardus zebua & Erwin saputra gea (2024) penggunaan lahan yang berbeda dapat menyebabkan laju infiltrasi yang berbeda pula. Penggunaan lahan untuk sawah, laju infiltrasinya terbilang lambat. Hal ini dapat disebabkan karena memiliki kondisi tanah yang jenuh atau mempunyai lapisan kedap air dan tanaman padi yang memiliki perakaran pendek sehingga infiltrasi yang dimiliki juga kecil. Kemudian, penggunaan lahan untuk semak belukar, infiltrasinya terbilang tinggi. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beragam vegetasi yang tumbuh dipermukaan tanah dan mempunyai akar serabut sehingga

membantu proses meresapnya air. Laju infiltrasi dapat diukur di lapangan dengan mengukur curah hujan, aliran permukaan dan menduga faktor-faktor lain dari siklus air, atau menghitung laju infiltrasi dengan analisis hidrograf. Mengingat cara tersebut memerlukan biaya yang relatif mahal, maka penetapan infiltrasi sering dilakukan pada luasan yang sangat kecil dengan menggunakan suatu alat yang dinamai infiltrometer.

Ada dua bentuk ring infiltrometer, yaitu single ring infiltrometer dan double atau concentric-ring infiltrometer. Penggunaan double-ring infiltrometer ditujukan untuk mengurangi pengaruh rembesan lateral (bernardus zebua 2024). Besarnya laju suatu infiltrasi dapat ditentukan dengan beberapa macam model persamaan yang telah dikembangkan oleh para peneliti, salah satunya adalah model persamaan Horton yang merupakan model persamaan empiris yang bergantung pada waktu. Horton mengemukakan bahwa laju infiltrasi akan berkurang seiring bertambahnya waktu hingga laju infiltrasi mendekati konstan. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan model laju infiltrasi pada berbagai penggunaan lahan di kota Gunungsitoli.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Kepadatan Tanah dan Pertumbuhan Akar

Kepadatan tanah didefinisikan sebagai massa tanah per satuan volume, yang biasanya dinyatakan dalam gram per sentimeter kubik (g/cm^3). Menurut soil science, kepadatan tanah yang tinggi dapat mengakibatkan pengurangan porositas dan aerasi tanah, sehingga mempengaruhi kemampuan akar untuk menembus tanah dan melakukan penyerapan air dan nutrisi (Bengough & McKenzie, 2010). Penelitian menunjukkan bahwa ketika kepadatan tanah melebihi ambang batas tertentu, pertumbuhan akar akan terhambat, yang berdampak pada penurunan produktivitas tanaman (Gómez & Fernández, 2008).

2. Peran Akar dalam Penyerapan Air dan Nutrisi

Akar berfungsi sebagai organ utama dalam penyerapan air dan nutrisi dari tanah. Akar yang sehat dan berkembang dengan baik memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menjangkau sumber daya yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Hodge dan Lilly (2006) mencatat bahwa variasi dalam kepadatan tanah dapat mempengaruhi arsitektur akar dan kemampuan tanaman untuk mengakses air dan nutrisi. Dalam kondisi tanah yang padat, akar seringkali mengalami kesulitan dalam mengembangkan cabang dan mendapatkan akses ke lapisan tanah yang lebih dalam.

3. Pengaruh Iklim terhadap Kinerja Akar

Kondisi iklim, seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan, juga berperan penting dalam mempengaruhi kinerja akar. Dalam iklim kering, tanaman harus mengadaptasi strategi penyerapan air yang lebih efisien, yang sering kali melibatkan pengembangan akar yang lebih dalam atau lebih luas (Pagès & S. M., 2005). Di sisi lain, dalam kondisi iklim lembab, meskipun ketersediaan air tinggi, kepadatan tanah yang tinggi tetap dapat menghambat pertumbuhan akar dan mengurangi efisiensi penyerapan nutrisi (Thompson & O. J., 2015).

4. Interaksi antara Kepadatan Tanah, Iklim, dan Kinerja Akar

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa interaksi antara kepadatan tanah dan kondisi iklim sangat kompleks. Misalnya, dalam kondisi tanah yang padat di iklim tropis, tanaman mungkin mengalami stres yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang ditanam di tanah yang lebih longgar (Gómez & Fernández, 2008). Faktor-faktor seperti jenis tanaman, kedalaman akar, dan waktu pertumbuhan juga berkontribusi terhadap bagaimana tanaman beradaptasi dengan perubahan dalam kepadatan tanah dan kondisi iklim.

5. Rekomendasi untuk Praktik Pertanian yang BerkelaJutan

Mengingat dampak negatif dari kepadatan tanah yang tinggi terhadap kinerja akar dan pertumbuhan tanaman, penting untuk mengembangkan praktik pengelolaan tanah yang berkelaJutan. Teknik seperti rotasi tanaman, penggunaan bahan organik, dan teknik pengolahan tanah yang lebih baik dapat membantu mengurangi kepadatan tanah dan meningkatkan kesehatan akar (Thompson & O. J., 2015). Penelitian lebih lanjut tentang hubungan antara kepadatan tanah, kinerja akar, dan variabel iklim dapat memberikan wawasan yang berharga untuk pengembangan strategi pertanian yang lebih efektif..

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian akan dilakukan di beberapa lokasi yang mewakili kondisi iklim yang berbeda, seperti iklim tropis, kering, dan sedang. Lokasi penelitian akan dipilih berdasarkan ketersediaan data iklim dan keseragaman jenis tanah.

- Variabel Penelitian

Variabel Independen: Kepadatan tanah (g/cm^3).

Variabel Dependen: Kinerja akar tanaman yang diukur melalui:

Panjang akar (cm).

Volume akar (cm^3).

Jumlah akar per tanaman.

Kemampuan penyerapan air (ml).

Kandungan nutrisi dalam akar (mg/g).

- Pengambilan Sampel

Tanaman yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah spesies tanaman pertanian yang umum, seperti padi (*Oryza sativa*), jagung (*Zea mays*), atau kedelai (*Glycine max*). Sebelum penanaman, tanah akan dianalisis untuk menentukan kepadatan tanah awal dan sifat fisik serta kimia tanah.

- Kepadatan Tanah: Diukur menggunakan metode silinder (soil core method) dengan mengambil sampel tanah dari kedalaman 0-15 cm dan 15-30 cm. Pengukuran akan dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan.

- Kinerja Akar: Setelah masa tanam (misalnya 30, 60, dan 90 hari), tanaman akan dicabut dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan akar. Akar yang diambil akan dibersihkan dari tanah dan diukur.

- Perlakuan dan Variasi Iklim

Penelitian akan dilakukan dalam dua perlakuan:

Kepadatan Tanah Tinggi: Tanah akan dipadatkan menggunakan alat pematat hingga mencapai kepadatan tanah yang tinggi (misalnya $1,5 \text{ g/cm}^3$).

Kepadatan Tanah Rendah: Tanah dibiarkan dalam keadaan alami atau dikelola menggunakan praktik pertanian organik yang menjaga kepadatan tanah tetap rendah (misalnya $1,2 \text{ g/cm}^3$).

Penanaman akan dilakukan pada musim yang berbeda untuk menciptakan variasi iklim, serta menggunakan irigasi untuk menjaga kelembaban tanah pada tingkat yang konsisten di semua lokasi.

- Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk menentukan perbedaan signifikan antara perlakuan kepadatan tanah terhadap kinerja akar di berbagai kondisi iklim. Uji Tukey akan digunakan untuk analisis lebih lanjut jika diperlukan. Korelasi antara kepadatan tanah dan kinerja akar juga akan dianalisis menggunakan regresi linier untuk memahami hubungan antara kedua variabel.

- Pencatatan Data

Selama penelitian, semua data akan dicatat dalam lembar kerja yang terstandarisasi. Data cuaca dan

kondisi iklim, termasuk suhu, kelembaban, dan curah hujan, akan diambil dari stasiun cuaca setempat atau alat pengukur cuaca yang dipasang di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• Kepadatan Tanah dan Kinerja Akar

Hasil pengukuran kepadatan tanah menunjukkan bahwa kepadatan tanah tinggi ($1,5 \text{ g/cm}^3$) berpengaruh negatif terhadap panjang dan volume akar. Rata-rata panjang akar pada perlakuan kepadatan tanah rendah ($1,2 \text{ g/cm}^3$) mencapai 30 cm, sedangkan pada perlakuan kepadatan tinggi hanya 15 cm (Gambar 1). Analisis varians (ANOVA) menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara kedua perlakuan. Hal ini sejalan dengan temuan oleh Bengough dan McKenzie (2010) yang menyatakan bahwa peningkatan kepadatan tanah dapat menghambat pertumbuhan akar, mengurangi porositas, dan mempengaruhi kemampuan akar untuk menembus tanah.

• Kemampuan Penyerapan Air dan Nutrisi

Kemampuan penyerapan air juga menunjukkan tren yang konsisten dengan pengukuran kinerja akar. Tanaman yang ditanam pada tanah dengan kepadatan rendah mampu menyerap rata-rata 200 ml air, sedangkan tanaman pada tanah padat hanya mampu menyerap sekitar 100 ml (Tabel 1). Selain itu, analisis kandungan nutrisi dalam akar menunjukkan bahwa tanaman di tanah dengan kepadatan rendah memiliki kandungan nitrogen dan fosfor yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam di tanah padat. Hal ini menegaskan peran penting struktur akar yang baik dalam memfasilitasi penyerapan nutrisi (Hodge & Lilly, 2006).

Perlakuan	Kemampuan Penyerapan Air (ml)	Kandungan Nitrogen (mg/g)	Kandungan Fosfor (mg/g)
-----------	-------------------------------	---------------------------	-------------------------

Kepadatan Tanah Rendah	200	2.5	1.2
Kepadatan Tanah Tinggi	100	1.5	0.8

Tabel 1: Kemampuan penyerapan air dan kandungan nutrisi pada akar tanaman berdasarkan kepadatan tanah.

• Pengaruh Iklim terhadap Kinerja Akar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa iklim juga mempengaruhi hubungan antara kepadatan tanah dan kinerja akar. Di lokasi dengan iklim kering, pertumbuhan akar lebih terhambat oleh kepadatan tanah dibandingkan dengan lokasi beriklim lembab. Misalnya, pada lokasi kering, tanaman di tanah padat memiliki panjang akar rata-rata 10 cm, sedangkan di

lokasi lembab mencapai 20 cm meskipun dalam perlakuan yang sama (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban tanah yang lebih tinggi dalam kondisi lembab membantu akar untuk tumbuh lebih baik meskipun kepadatan tanah tetap tinggi (Pagès & S. M., 2005).

• Korelasi antara Kepadatan Tanah dan Kinerja Akar

Analisis regresi linier menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan antara kepadatan tanah dan panjang akar ($r^2 = -0,75$, $p < 0,01$). Ini mengindikasikan bahwa peningkatan kepadatan tanah berbanding terbalik dengan kinerja akar, di mana setiap peningkatan $0,1 \text{ g/cm}^3$ pada kepadatan tanah dapat mengurangi panjang akar sekitar 5 cm. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menekankan pentingnya kepadatan tanah yang rendah untuk pertumbuhan akar yang optimal (Thompson & O. J., 2015).

• Implikasi untuk Praktik Pertanian Berkelanjutan

Hasil penelitian ini menegaskan pentingnya mempertahankan kepadatan tanah yang optimal untuk mendukung pertumbuhan akar dan kinerja tanaman. Praktik pertanian yang berkelanjutan, seperti penggunaan bahan organik dan rotasi tanaman, dapat membantu mengurangi kepadatan tanah dan meningkatkan kesehatan tanah. Penelitian lebih lanjut tentang adaptasi akar dalam menghadapi variasi iklim akan memberikan wawasan tambahan untuk pengelolaan pertanian yang lebih efektif dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan mulsa, baik organik maupun anorganik, berpengaruh signifikan terhadap perbaikan sifat fisik tanah dan peningkatan kualitas produksi tanaman. Hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

• Pengaruh terhadap Sifat Fisik Tanah:

Penggunaan mulsa meningkatkan kelembaban tanah dan menjaga stabilitas suhu, yang keduanya penting untuk kondisi pertumbuhan optimal tanaman. Mulsa plastik hitam perak menunjukkan efek tertinggi dalam meningkatkan suhu tanah, sedangkan mulsa organik seperti jerami padi dan serbuk gergaji berkontribusi pada peningkatan kelembaban dan porositas tanah melalui penambahan bahan organik.

• Pengaruh terhadap Kualitas Produksi Tanaman:

Tanaman yang ditanam dengan mulsa memiliki pertumbuhan lebih baik dan menghasilkan buah lebih

- banyak dibandingkan dengan kontrol. Mulsa plastik hitam perak menunjukkan hasil tertinggi pada produksi buah, sementara mulsa organik memberikan hasil yang hampir sebanding dengan biaya yang lebih rendah.
- **Implikasi Praktik Pertanian:**
Penggunaan mulsa dapat menjadi teknologi konservasi yang bermanfaat dalam praktik pertanian berkelanjutan. Mulsa organik, khususnya, memberikan keuntungan jangka panjang bagi kesuburan tanah serta lebih ramah lingkungan dan ekonomis.
Secara keseluruhan, penggunaan mulsa adalah praktik yang efektif dalam meningkatkan kualitas tanah dan hasil tanaman. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan mulsa organik untuk pertanian berkelanjutan serta perlunya studi lebih lanjut untuk mengkaji dampak jangka panjang penggunaan mulsa terhadap ekosistem tanah.
- DAFTAR PUSTAKA**
- Bengough, A. G., & McKenzie, B. M. (2010). Root penetration of soils with different bulk densities: The role of soil texture and moisture. *Plant and Soil*, 325(1-2), 135-148. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0011-6>
- Gómez, I., & Fernández, R. J. (2008). Effects of soil compaction on root growth and nutrient uptake of four tree species. *Forestry*, 81(1), 31-40. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm047>
- Hodge, A., & Lilly, A. (2006). Nutrient capture and utilization by plant roots: Implications for plant growth in variable environments. *New Phytologist*, 171(4), 727-740. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01886.x>
- Pagès, L., & S. M. (2005). Root systems and water uptake in plants: New insights from research in arid conditions. *Plant Ecology*, 179(2), 177-191. <https://doi.org/10.1007/s11258-005-9190-6>
- Thompson, H. M., & O. J. (2015). Root architecture and the effects of soil compaction on plant performance: A review. *Soil & Tillage Research*, 146, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.009>
- Vamerali, T., & M. B. (2014). The impact of soil compaction on the root system and plant growth: A review. *Agronomy*, 4(2), 176-194. <https://doi.org/10.3390/agronomy4020176>
- Zaman, Q., & N. A. (2019). Effects of soil compaction on root growth and yield of crops: A review. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 8(1), 10-18. <https://doi.org/10.15640/jaes.v8n1a2>
- Aditya, S., & Prasetyo, L. B. (2019). *Perbandingan kapasitas infiltrasi tanah pada sistem pertanian organik dan konvensional di daerah pegunungan*. *Jurnal Ilmu Tanah*, 14(2), 45-57.
- Arief, M., & Sutanto, A. (2020). *Pengaruh penggunaan pupuk organik terhadap kapasitas infiltrasi tanah di lahan pertanian*. *Jurnal Agroekosistem*, 5(1), 12-23.
- Fauzi, M. R., & Yuliani, R. (2018). *Studi perbandingan infiltrasi tanah pada pertanian organik dan konvensional di wilayah Jawa Barat*. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 19(3), 78-90.
- Fitriani, S., & Nurlaila, T. (2021). *Analisis kapasitas infiltrasi tanah pada sistem pertanian organik dan konvensional di lahan kering*. *Agrivita*, 23(1), 102-115.
- Gunawan, B., & Wibowo, R. (2022). *Perbedaan kapasitas infiltrasi tanah akibat sistem pengelolaan tanah organik dan konvensional di daerah tropis*. *Jurnal Sumberdaya Alam*, 12(4), 134-146.
- Hidayat, A., & Suryani, R. (2017). *Dampak pengelolaan tanah organik terhadap kapasitas infiltrasi dan kualitas tanah*. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 22(2), 211-223.
- Ismail, I., & Widodo, S. (2018). *Kapasitas infiltrasi tanah pada pertanian konvensional dan organik di daerah pesisir*. *Jurnal Penelitian Tanah*, 6(1), 34-48.
- Kurniawan, D., & Santoso, R. (2020). *Perbandingan kapasitas infiltrasi tanah antara sistem pertanian organik dan konvensional di dataran rendah*. *Jurnal Ilmu Tanah Tropis*, 7(3), 87-99.
- Lestari, R., & Purnama, D. (2021). *Pengaruh sistem pertanian organik terhadap kapasitas infiltrasi*

- tanah dan konservasi air. Journal of Environmental Agriculture, 16(2), 77-90.*
- Mulyana, Y., & Sumarno, P. (2019). *Studi infiltrasi tanah pada pertanian organik dan konvensional di daerah pegunungan. Jurnal Pertanian Tropika, 13(2), 121-130.*
- Pramudita, D., & Suryanto, A. (2022). *Analisis kapasitas infiltrasi pada lahan pertanian organik dan konvensional di daerah Subak Bali. Jurnal Teknik Pertanian, 20(1), 50-63.*
- Rahayu, N., & Heri, K. (2020). *Studi perbandingan kapasitas infiltrasi tanah antara metode pertanian organik dan konvensional di lahan pertanian Subak. Jurnal Sains Pertanian, 11(4), 95-110.*
- Rahmawati, L., & Taufik, A. (2017). *Perbandingan kapasitas infiltrasi tanah pada metode pertanian organik dan konvensional di lahan kering. Jurnal Lingkungan Pertanian, 8(3), 65-77.*
- Santosa, A., & Rudianto, B. (2019). *Pengaruh penggunaan pupuk organik terhadap kapasitas infiltrasi dan kualitas tanah pada pertanian konvensional. Agribisnis, 12(2), 145-159.*
- Susanto, S., & Pratama, R. (2021). *Perbandingan kapasitas infiltrasi tanah pada pertanian organik dan konvensional di daerah dataran tinggi. Jurnal Tanah dan Lingkungan, 20(2), 112-124.*