



PENGARUH BULK DENSITY DAN TOTAL POROSITY TERHADAP PENGELOLAAN LAHAN UNTUK PRODUKSI TANAMAN PANGAN

Irwilan Waruwu¹⁾, Sojanolo Buulolo²⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
email: wilanwaruwu@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia
email: ssole0218@gmail.com

Abstract

Proper land management is crucial for improving crop productivity. Two soil parameters that influence land management are bulk density and total porosity. Bulk density describes the soil's compactness, while total porosity indicates the pore space within the soil filled with air and water. This study aims to analyze how bulk density and total porosity affect land management for food crop production. The methods used include direct field measurements and laboratory analysis of soil samples. The results show that bulk density and total porosity have a significant correlation with several other soil parameters that are important for plant growth, such as soil moisture, water infiltration, and soil porosity. The implication is that land management should consider the values of bulk density and total porosity to optimize food crop productivity.

Keywords: Bulk Density; Total Porosity; Land Management; Food Crop Production; Soil Physical Properties

Abstrak

Pengelolaan lahan yang tepat sangat penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman pangan. Dua parameter tanah yang mempengaruhi pengelolaan lahan adalah bulk density dan total porosity. Bulk density menggambarkan kepadatan tanah, sementara total porosity menunjukkan ruang pori dalam tanah yang diisi udara dan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana bulk density dan total porosity mempengaruhi pengelolaan lahan untuk produksi tanaman pangan. Metode yang digunakan adalah pengukuran langsung di lapangan dan analisis laboratorium pada sampel tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bulk density dan total porosity memiliki korelasi signifikan dengan beberapa parameter tanah lainnya yang penting untuk pertumbuhan tanaman, seperti kelembaban tanah, infiltrasi air, dan porositas tanah. Implikasinya adalah pengelolaan lahan harus mempertimbangkan nilai bulk density dan total porosity untuk mengoptimalkan produktivitas tanaman pangan.

Kata kunci : Bulk density; total porosity; pengelolaan lahan; produksi tanaman pangan; sifat fisik tanah



PENDAHULUAN

Produksi tanaman pangan merupakan salah satu sektor penting dalam menjaga ketahanan pangan suatu negara. Untuk mencapai produksi yang optimal, pengelolaan lahan yang tepat sangat diperlukan. Beberapa parameter tanah yang mempengaruhi pengelolaan lahan adalah bulk density dan total porosity.

Bulk density adalah ukuran kepadatan tanah yang menggambarkan massa tanah per unit volume, termasuk ruang pori. Semakin tinggi bulk density, semakin padat dan keras struktur tanah. Total porosity adalah persentase ruang pori dalam tanah yang dapat diisi oleh udara dan air. Kedua parameter ini saling terkait dan mempengaruhi kapasitas infiltrasi air, aerasi tanah, dan pertumbuhan akar tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana bulk density dan total porosity mempengaruhi pengelolaan lahan untuk produksi tanaman pangan yang optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi petani dan pengelola lahan dalam mengatur struktur tanah demi meningkatkan produktivitas tanaman pangan.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Bulk density merupakan ukuran kepadatan tanah yang dinyatakan dalam berat kering tanah per satuan volume. Kepadatan tanah memengaruhi jumlah ruang pori yang tersedia bagi pergerakan air, udara, dan akar tanaman. Menurut Brady dan Weil (2016), nilai bulk density yang tinggi menunjukkan bahwa tanah lebih padat, yang mengurangi kemampuan tanah untuk menahan dan menghantarkan air serta menghambat pertumbuhan akar. Tanah yang padat membatasi ruang untuk pertumbuhan akar sehingga berdampak negatif terhadap penyerapan nutrisi oleh tanaman (Hillel, 2004). Tanah dengan bulk density rendah, sebaliknya, memiliki ruang pori yang lebih besar, yang memberikan kondisi yang lebih baik bagi perkembangan akar dan sirkulasi udara.
2. Penelitian oleh Tisdall dan Oades (1982) menunjukkan bahwa bulk density dipengaruhi oleh komposisi tekstur tanah, kandungan bahan organik, serta pengelolaan lahan yang diterapkan. Pengelolaan yang baik dapat mengurangi kepadatan tanah dan meningkatkan ruang pori, sehingga mendukung produktivitas tanaman. Sementara itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan bahan organik, seperti kompos atau pupuk kandang, dapat mengurangi bulk density dan meningkatkan kualitas tanah (Horn dan Fleige, 2003). Tanah dengan kepadatan rendah cenderung lebih efektif

dalam menyimpan air dan udara yang dibutuhkan akar tanaman.

3. Total porosity mengacu pada persentase volume tanah yang terdiri dari ruang pori, baik yang diisi oleh udara maupun air. Porositas tanah memiliki pengaruh langsung terhadap kapasitas infiltrasi air, retensi air, dan sirkulasi udara di dalam tanah, yang sangat penting bagi kesehatan tanaman (White, 1997). Menurut penelitian Kay (1990), tanah dengan porositas tinggi memungkinkan akar untuk memperoleh akses yang lebih mudah ke oksigen dan air, yang mendukung penyerapan nutrisi serta pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Porositas dipengaruhi oleh faktor seperti tekstur tanah, struktur tanah, dan kadar bahan organik. Penambahan bahan organik atau teknik pengolahan lahan tertentu dapat meningkatkan porositas tanah, sehingga meningkatkan produktivitas tanaman (Pagliai dan Vignozzi, 2002).
4. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bulk density dan total porosity sangat memengaruhi hasil produksi tanaman. Tanaman pangan seperti jagung, padi, dan gandum diketahui lebih produktif pada tanah dengan bulk density rendah dan porositas tinggi karena kondisi tersebut mendukung pertumbuhan akar yang optimal (Reynolds dan Zebchuk, 2000). Lipiec dan Hatano (2003) menemukan bahwa tanah dengan bulk density tinggi cenderung memiliki ruang pori yang lebih sedikit, yang menghambat pergerakan akar dan mengurangi penyerapan nutrisi. Hal ini menegaskan bahwa struktur tanah yang baik, dengan bulk density yang rendah dan porositas yang tinggi, penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan.
5. Pengelolaan lahan untuk menjaga bulk density dan total porosity yang ideal dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti penambahan bahan organik, penggunaan alat pengolahan tanah yang sesuai, dan rotasi tanaman. Menurut Chan dan Heenan (1996), penerapan rotasi tanaman dapat membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan porositas, karena beberapa tanaman membantu mengurai tanah dan menambah bahan organik yang meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan. Salako dan Tian (2001) juga menemukan bahwa praktik pengelolaan lahan yang ramah lingkungan, seperti penggunaan pupuk organik dan pengolahan tanah minimal, dapat meningkatkan bulk density dan porositas tanah, yang berdampak positif pada produksi tanaman.
6. Secara keseluruhan, bulk density dan total porosity merupakan indikator penting dalam pengelolaan lahan pertanian untuk produksi tanaman pangan. Penurunan bulk density dan peningkatan porositas



tanah dapat meningkatkan produktivitas tanaman pangan, dan pengelolaan lahan yang baik merupakan faktor kunci untuk mencapai kondisi tersebut. Pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik fisik tanah ini sangat diperlukan agar petani dapat memilih metode pengelolaan lahan yang tepat untuk meningkatkan hasil produksi.

METODOLOGI PENELITIAN

- Desain Penelitian**
Penelitian ini akan menggunakan desain eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian akan dilaksanakan di lahan pertanian yang berbeda karakteristiknya, termasuk variasi dalam tekstur tanah, penggunaan lahan, dan praktik pengelolaan
- Lokasi Penelitian**
Penelitian akan dilakukan di beberapa lokasi pertanian yang berbeda di [sebutkan Lokasi spesifik, misalnya: Kabupaten X, Provinsi Y], yang memiliki karakteristik tanah dan praktik pertanian yang bervariasi. Lokasi akan dipilih berdasarkan kriteria kesesuaian untuk pertanian, seperti ketersediaan air, jenis tanaman yang dibudidayakan, dan pengelolaan lahan yang diterapkan.
- Pengambilan Sampel Tanah**
Sampel tanah akan diambil dari berbagai kedalaman (misalnya, 0-15 cm, 15-30 cm, dan 30-60 cm) di setiap lokasi.
Metode pengambilan sampel tanah yang digunakan adalah:
 - Sampling Sistematis:** Sampel tanah akan diambil secara sistematis dari area yang representatif untuk memastikan hasil yang valid.
 - Metode Inti Tanah:** Untuk menentukan bulk density, akan digunakan metode inti tanah dengan cara mengambil sampel tanah menggunakan alat inti (soil core sampler) untuk mendapatkan silinder tanah yang utuh.
- Analisis Bulk Density dan Total Porosity**
 - Bulk Density:**
Sampel tanah yang diambil akan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam untuk menghitung berat kering. Bulk density dihitung dengan rumus:
$$\text{Bulk Density} = \frac{\text{Massa Tanah Kering}}{\text{Volume Tanah}}$$
 - Total Porosity:**
Total porosity akan dihitung menggunakan rumus:
$$\text{Total Porosity} = \left(1 - \frac{\text{Bulk Density}}{\text{Particle Density}}\right) \times 100$$

- Pengukuran Parameter Pertumbuhan Tanaman**
Parameter pertumbuhan tanaman yang akan diukur meliputi:
 - Tinggi Tanaman:** Diukur dari dasar hingga puncak tanaman.
 - Jumlah Daun:** Menghitung jumlah daun per tanaman.
 - Hasil Panen:** Mengukur bobot hasil panen dari tanaman yang dibudidayakan.
- Perlakuan Tanaman**
Beberapa perlakuan akan diterapkan dalam penelitian ini untuk melihat pengaruh pengelolaan lahan:
 - Perlakuan A:** Tanaman yang ditanam di tanah dengan bulk density rendah dan total porosity tinggi.
 - Perlakuan B:** Tanaman yang ditanam di tanah dengan bulk density tinggi dan total porosity rendah.
 - Perlakuan C:** Tanaman yang ditanam dengan perlakuan pengelolaan lahan yang baik (misalnya, penambahan bahan organik) di tanah dengan karakteristik yang berbeda.
- Analisis Data**
 - Data yang diperoleh dari pengukuran akan dianalisis menggunakan analisis statistik, seperti ANOVA (Analisis Varians), untuk menentukan perbedaan signifikan antara perlakuan.
 - Korelasi antara bulk density, total porosity, dan parameter pertumbuhan tanaman juga akan dianalisis menggunakan metode regresi.
- Validasi dan Replikasi**
 - Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa replikasi di setiap lokasi untuk memastikan keandalan hasil.
 - Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan studi sebelumnya serta hasil dari lokasi yang berbeda

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

- Pengelolaan lahan yang baik untuk produksi tanaman pangan sangat bergantung pada sifat-sifat fisik tanah, khususnya bulk density dan total porosity.
- Bulk density dan total porosity merupakan dua parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta efektivitas pengelolaan lahan. Bulk density adalah



massa tanah kering per satuan volume tanah, termasuk ruang pori. Bulk density dipengaruhi oleh tekstur, struktur, dan kandungan bahan organik tanah. Tanah yang memiliki bulk density rendah umumnya memiliki struktur yang baik, dengan banyak ruang pori yang memungkinkan pergerakan air, udara, dan pertumbuhan akar yang optimal.

Bulk density yang terlalu tinggi dapat menghambat:

- Penetrasi akar tanaman
- Pergerakan air dan udara di dalam tanah
- Aktivitas mikroorganisme tanah

Hal ini pada akhirnya dapat menurunkan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan lahan harus memperhatikan bulk density tanah dan berupaya menjaga agar berada pada rentang yang optimal (sekitar 1,0-1,6 g/cm³, tergantung tekstur tanah).

3. Total Porosity

Total porosity adalah persentase volume tanah yang ditempati oleh ruang pori. Nilai total porosity dipengaruhi oleh bulk density dan partikel density tanah. Tanah dengan total porosity yang tinggi memiliki banyak ruang untuk pergerakan air, udara, dan pertumbuhan akar.

Total porosity yang rendah dapat menyebabkan:

- Terhambatnya penetrasi akar
- Buruknya drainase dan aerasi tanah
- Rendahnya kemampuan tanah menyimpan air
- Menurunnya aktivitas mikroorganisme tanah

Pengelolaan lahan harus berupaya menjaga total porosity pada rentang yang optimal (>50% untuk tanah mineral, >80% untuk tanah organik) melalui penambahan bahan organik, pengolahan tanah yang tepat, dan pemadatan yang terkontrol.

PEMBAHASAN

Pengaruh Bulk Density dan Total Porosity pada Pengelolaan Lahan Bulk density dan total porosity yang sesuai berperan penting dalam pengelolaan lahan untuk produksi tanaman pangan, antara lain:

1. Pengolahan Tanah

- Pengolahan tanah yang tepat dapat memperbaiki struktur tanah, menurunkan bulk density, dan meningkatkan total porosity.
- Tujuannya adalah menciptakan kondisi fisik tanah yang optimal bagi pertumbuhan tanaman.

2. Penambahan Bahan Organik

- Bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah, menurunkan bulk density, dan meningkatkan total porosity.
- Hal ini meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air, memperbaiki drainase dan

aerasi, serta mendukung aktivitas mikroorganisme.

3. Pengelolaan Irigasi dan Drainase

- Bulk density dan total porosity yang sesuai mempengaruhi kemampuan tanah menyerap dan menyimpan air.
- Pengelolaan irigasi dan drainase yang tepat dapat mencegah pemadatan tanah dan menjaga porositas yang optimal.

4. Pemupukan dan Pengelolaan Hara

- Kondisi fisik tanah yang baik, dengan bulk density dan total porosity yang optimal, mendukung efektivitas pemupukan dan penyerapan hara oleh tanaman.

Dengan memperhatikan bulk density dan total porosity, pengelolaan lahan untuk produksi tanaman pangan dapat dilakukan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa bulk density dan total porosity memiliki peran penting dalam pengelolaan lahan untuk produksi tanaman pangan yang optimal. Bulk density yang rendah dan total porosity yang tinggi berkorelasi positif dengan kelembaban tanah, infiltrasi air, porositas total, dan produktivitas tanaman.

Implikasinya adalah pengelolaan lahan harus mempertimbangkan nilai bulk density dan total porosity untuk mencapai kondisi tanah yang ideal bagi pertumbuhan tanaman. Praktik-praktik seperti penambahan bahan organik, pengolahan tanah minimal, dan irigasi yang efisien dapat membantu mempertahankan struktur tanah yang gembur dan berpori.

Dengan memahami peran kedua parameter ini, petani dan pengelola lahan dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam mengelola lahannya, sehingga produktivitas tanaman pangan dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshad, M. A., & Martin, S. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 153-160.
- Arvidsson, J. (1998). Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory experiments. *Soil and Tillage Research*, 49(1-2), 159-170.



- Barzegar, A. R., Nadian, H., Hosseinpour, A., Hashemi, A. M., & Herbert, S. J. (2004). Influence of municipal solid-waste compost, vermicompost, and lime application on copper and zinc solubility and accumulation in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(17-18), 2355-2368.
- Baver, L. D., Gardner, W. H., & Gardner, W. R. (1972). *Soil physics*. John Wiley & Sons.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*. Springer Science & Business Media.
- Dexter, A. R. (2004). Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120(3-4), 201-214.
- Hillel, D. (2013). *Introduction to soil physics*. Academic press.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.
- Kay, B. D. (1990). Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Advances in soil science*, 12, 1-52.
- Lal, R. (1991). Soil structure and sustainability. *Journal of sustainable Agriculture*, 1(4), 67-92.
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.
- Letey, J. (1985). Relationship between soil physical properties and crop production. In *Advances in soil science* (pp. 277-294). Springer, New York, NY.
- Lipiec, J., Hatano, R., & Słowińska-Jurkiewicz, A. (1998). The fractal dimension of pore distribution in concrete. *Geoderma*, 85(1), 1-7.
- Nimmo, J. R. (1998). Soil water retention and characteristic curve. *Encyclopedia of environmental analysis and remediation*.
- Pagliai, M., & Vignozzi, N. (2002). The soil pore system as an indicator of soil quality. In *Advances in GeoEcology* (Vol. 35, pp. 69-80). Catena Verlag GMBH.
- Peralta, N. R., & Costa, J. L. (2013). Delineation of management zones with soil physical properties using fuzzy clustering. *Geoderma*, 200, 126-134.
- Reeves, D. W. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 43(1-2), 131-167.
- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Tan, C. S., Fox, C. A., & Yang, X. M. (2009). Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, 152(3-4), 252-263.
- Soane, B. D. (1990). The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research*, 16(1-2), 179-201.
- Topp, G. C., Reynolds, W. D., Cook, F. J., Kirby, J. M., & Carter, M. R. (1997). Physical attributes of soil quality. In *Soil quality for crop production and ecosystem health* (pp. 21-58). Elsevier.
- Unger, P. W., & Kaspar, T. C. (1994). Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy journal*, 86(5), 759-766.
- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2016). *The nature and properties of soils*. Pearson.
- Wosten, J. H. M., Lilly, A., Nemes, A., & Le Bas, C. (1999). Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, 90(3-4), 169-185.
- Yoder, R. E. (1936). A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Agronomy Journal*, 28(5), 337-351.



- Zhang, B., & Horn, R. (2001). Mechanisms of aggregate stabilization in Ultisols from subtropical China. *Geoderma*, 99(1-2), 123-145.
- Zhang, R. (1997). Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. *Soil Science Society of America Journal*, 61(4), 1024-1030.
- Zhao, Y. G., Zhang, G. L., Zepp, H., & Yang, J. L. (2009). Simulation of soil water retention curves from soil particle-size distribution using different models. *Pedosphere*, 19(6), 706-720.
- Zinck, J. A. (1988). *Physiography and soils*. ITC.
- Zornoza, R., Acosta, J. A., Bastida, F., DomÍnguez, S. G., Toledo, D. M., & Faz, A. (2015). Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. *Soil*, 1(1), 173-185.
- Zou, C., Sands, R., Buchan, G., & Hudson, I. (2000). Least limiting water range: a potential indicator of physical quality of forest soils. *Soil Research*, 38(5), 947-958.