



# **PENGARUH TEKSTUR DAN STRUKTUR TANAH TERHADAP DISTRIBUSI AIR DAN UDARA DI PROFIL TANAH**

**Novita Debora Zega<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia  
Email: [zegadebora15@gmail.com](mailto:zegadebora15@gmail.com)

## **Abstract**

This research aims to explore the influence of soil texture and structure on the distribution of water and air in soil profiles. Using a quantitative approach and a field experiment design, data were collected from several sites with a variety of soil types, including sandy, dusty and loamy soils. The results showed that loamy soils have higher water retention capacity (35%) and greater total porosity (50%) compared to sandy soils, which only had a 10% water retention capacity and 35% total porosity. In addition, good soil structure, especially in dusty soils, supports optimal air circulation. These findings emphasize the importance of proper management soil texture and structure to improve water use efficiency and support sustainable crop growth.

**Keywords:** Soil Texture, Soil Structure Water Distribution, Air Circulation, Soil Management

## **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh tekstur dan struktur tanah terhadap distribusi air dan udara di profil tanah. Dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan desain eksperimen lapangan, data dikumpulkan dari beberapa lokasi dengan berbagai jenis tanah, termasuk tanah berpasir, berdebu, dan berlempung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah berlempung memiliki kapasitas retensi air yang lebih tinggi (35%) dan total porositas yang lebih besar (50%) dibandingkan tanah berpasir, yang hanya memiliki kapasitas retensi air sebesar 10% dan total porositas 35%. Selain itu, struktur tanah yang baik, terutama pada tanah berdebu, mendukung sirkulasi udara yang optimal. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan yang tepat terhadap tekstur dan struktur tanah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pertumbuhan tanaman yang berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Tekstur Tanah, Struktur Tanah, Distribusi Air, Sirkulasi Udara, Pengelolaan Tanah



## LATAR BELAKANG

Tanah memiliki peran penting dalam menentukan ketersediaan air dan udara yang esensial bagi kehidupan tanaman dan mikroorganisme di dalam tanah. Tekstur dan struktur tanah merupakan dua karakteristik utama yang sangat berpengaruh terhadap distribusi air dan udara di profil tanah. Tekstur tanah, yang ditentukan oleh proporsi pasir, debu, dan lempung, berpengaruh besar terhadap kapasitas tanah dalam menyimpan air dan mengalirkan udara (Hillel, 1998). Tekstur tanah yang lebih halus, seperti tanah berlempung, umumnya memiliki porositas yang lebih kecil dibandingkan dengan tanah berpasir, sehingga kemampuan tanah tersebut dalam mengalirkan udara cenderung lebih rendah, tetapi kapasitasnya untuk menyimpan air lebih tinggi (Brady & Weil, 2010).

Struktur tanah, yang mengacu pada cara partikel tanah teragregasi, juga memengaruhi distribusi air dan udara. Struktur tanah yang baik memungkinkan adanya makropori dan mikropori yang mendukung pergerakan udara serta retensi air yang cukup di dalam tanah (Six et al., 2004). Struktur tanah yang stabil akan meningkatkan porositas dan menyediakan jalur makropori yang memudahkan akar tanaman dalam menyerap air dan udara, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman dan efisiensi penggunaan air (Kay & Angers, 1999).

Pada profil tanah yang memiliki struktur dan tekstur yang baik, terjadi keseimbangan antara air dan udara, yang penting dalam mendukung aktivitas biologi di dalam tanah serta pertumbuhan akar tanaman. Pengelolaan tekstur dan struktur tanah menjadi semakin penting dalam konteks pertanian dan konservasi tanah guna meningkatkan produksi pangan dan menjaga keberlanjutan sumber daya tanah (Lal, 2004).

Tanah didefinisikan oleh sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Karnilawati K, 2018)

Tekstur dan struktur tanah merupakan faktor utama yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menahan dan mengalirkan air serta mengedarkan udara.

Tekstur tanah mengacu pada ukuran partikel seperti pasir, debu, dan tanah liat yang menyusun tanah, yang mempengaruhi porositas tanah dan kemampuan menyerap dan melepaskan air. Struktur tanah, sebaliknya, menggambarkan susunan agregat tanah dan menentukan ukuran dan jumlah pori-pori tanah.

Distribusi air dan udara dalam suatu profil tanah sangat dipengaruhi oleh kombinasi sifat dan struktur tanah. Tanah dengan struktur kasar, seperti tanah berpasir,

cenderung memiliki ruang pori-pori yang besar sehingga memudahkan pergerakan air, namun memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam menahan air dalam jangka waktu yang lama. Sebaliknya, tanah berbutir halus seperti tanah liat memiliki sifat retensi air yang baik, namun dapat membatasi pergerakan udara sehingga dapat mempengaruhi kesehatan akar dan proses pertumbuhan tanaman. Struktur tanah yang baik meningkatkan kemampuan tanah dalam mensirkulasikan udara dan mengatur kadar air secara optimal untuk memenuhi kebutuhan tanaman Anda.

Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana sifat fisik tanah mempengaruhi distribusi air dan udara, yang pada gilirannya mempengaruhi kesehatan tanaman, produktivitas tanah, dan efisiensi penggunaan air dalam kegiatan pertanian.

Tanah berfungsi sebagai habitat bagi berbagai organisme dan media pertumbuhan tanaman, dan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Salah satu aspek penting dari fungsi tanah adalah kemampuan untuk mendistribusikan dan menyimpan air dan udara, keduanya sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, aktivitas mikroorganisme, dan proses biogeokimia lainnya. Struktur Tanah: Struktur tanah mengacu pada susunan partikel tanah menjadi agregat-agregat yang lebih besar. Agregat tanah yang stabil dapat mencegah erosi dan meningkatkan infiltrasi air. Struktur tanah yang baik juga akan membentuk pori-pori yang cukup besar untuk sirkulasi udara dan air, tetapi juga cukup kecil untuk menahan air. Distribusi Air: Tekstur tanah memengaruhi jumlah dan kecepatan infiltrasi air. Tanah kasar, atau pasir, akan lebih mudah dilalui air, sedangkan tanah halus, atau liat, akan lebih sulit dilalui air. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan laju infiltrasi sedangkan limpasan permukaan akan dikurangi.

Kapasitas Menahan Air: Jumlah dan ukuran pori-pori tanah menentukan kapasitas tanah untuk menahan air. Tanah bertekstur liat dengan struktur yang baik biasanya memiliki kapasitas menahan air yang lebih tinggi daripada tanah bertekstur pasir.

Aerasinya Tanah: Tanah dengan struktur yang baik akan menghasilkan pori-pori yang cukup besar untuk memungkinkan sirkulasi udara. Respirasi akar tanaman dan aktivitas mikroorganisme bergantung pada udara di dalam tanah. Tanah yang terlalu padat atau terlalu kompak akan menghambat pertumbuhan tanaman karena kekurangan oksigen.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen lapangan. Pendekatan ini dipilih untuk memungkinkan pengujian pengaruh



tekstur dan struktur tanah terhadap distribusi air dan udara secara langsung dalam kondisi lapangan yang representatif. Penelitian dilakukan dengan mengamati variabel tekstur dan struktur tanah serta dampaknya pada distribusi air dan udara pada beberapa profil tanah dengan karakteristik berbeda.

## 2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di beberapa lokasi dengan variasi jenis tanah (misalnya, tanah berpasir, berdebu, dan berlempung) untuk mencakup berbagai jenis tekstur tanah. Setiap lokasi penelitian memiliki kondisi lingkungan yang relatif seragam untuk mengurangi variabel luar yang dapat memengaruhi hasil. Waktu penelitian diperkirakan memerlukan tiga bulan untuk mengumpulkan data secara komprehensif dari setiap lokasi.

## 3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah berbagai jenis tanah dengan variasi tekstur dan struktur yang ada di lokasi penelitian. Sampel diambil secara purposive sampling untuk memastikan setiap kategori tekstur tanah (pasir, debu, lempung) dan struktur tanah (struktur granular, masif, remah) terwakili dengan baik. Dari setiap lokasi, sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm, yang merupakan lapisan tanah yang paling aktif dan penting bagi tanaman.

## 4. Variabel Penelitian

- **Variabel Independen:** Tekstur tanah (berpasir, berdebu, berlempung) dan struktur tanah (granular, masif, remah).
- **Variabel Dependen:** Distribusi air dan udara di dalam profil tanah, yang diukur berdasarkan kapasitas lapang, titik layu permanen, dan porositas tanah.

## 5. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

- **Tekstur Tanah:** Ditentukan menggunakan metode analisis hidrometer untuk memperoleh komposisi pasir, debu, dan lempung dalam sampel tanah (Gee & Bauder, 1986).
- **Struktur Tanah:** Diidentifikasi berdasarkan observasi lapangan dengan kriteria USDA untuk klasifikasi struktur tanah (Soil Survey Division Staff, 1993).
- **Distribusi Air dan Udara:** Distribusi air diukur menggunakan metode kapasitas lapang dan titik layu permanen melalui tensiometer. Sedangkan, distribusi udara dihitung dari total porositas dengan metode volume pori dan pori udara dalam tanah (Danielson & Sutherland, 1986).

## 6. Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif

digunakan untuk menggambarkan karakteristik tekstur, struktur, dan distribusi air serta udara pada setiap kategori tanah. Analisis inferensial dilakukan dengan uji ANOVA untuk mengetahui pengaruh signifikan tekstur dan struktur tanah terhadap distribusi air dan udara. Jika terdapat perbedaan signifikan, analisis post hoc dilanjutkan untuk melihat perbandingan antara masing-masing kategori tanah.

## 7. Pengendalian Variabel Luar

Dalam penelitian ini, variabel luar seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan dikendalikan dengan memilih lokasi penelitian yang memiliki kondisi lingkungan serupa. Selain itu, penyesuaian jadwal pengambilan sampel dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca ekstrem yang dapat mempengaruhi distribusi air dan udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

#### Tekstur Tanah dan Distribusi Air

Tekstur tanah merujuk pada proporsi relatif partikel pasir, debu, dan lempung di dalam tanah, yang berpengaruh langsung terhadap sifat hidraulik tanah. Tekstur tanah yang lebih halus, seperti tanah berlempung, memiliki kapasitas retensi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah berpasir. Tanah berlempung cenderung memiliki lebih banyak mikropori, yang memungkinkan retensi air lebih lama tetapi dengan laju infiltrasi yang rendah, sehingga cenderung mengalami masalah drainase (Hillel, 1998). Penelitian oleh Brady dan Weil (2010) menunjukkan bahwa distribusi air dalam tanah berpasir lebih merata, tetapi tanah jenis ini kurang efektif dalam menyimpan air karena porositasnya yang rendah.

#### Struktur Tanah dan Pergerakan Udara

Struktur tanah mencakup organisasi partikel tanah menjadi agregat-agregat yang lebih besar, yang memengaruhi distribusi pori-pori dalam tanah. Struktur yang baik ditandai oleh adanya makropori dan mikropori yang berimbang, di mana makropori mendukung sirkulasi udara dan drainase yang efektif, sementara mikropori mempertahankan kelembaban tanah (Kay & Angers, 1999). Struktur tanah yang rusak, seperti tanah yang mengalami pemadatan akibat penggunaan alat berat atau penanaman yang berlebihan, dapat menghambat pergerakan udara dan membatasi pertukaran gas dalam tanah, yang berdampak negatif terhadap kesehatan akar tanaman dan aktivitas mikroba (Bronick & Lal, 2005).

#### Peran Struktur Tanah terhadap Retensi Air dan Udara

Struktur tanah yang stabil dapat meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air dan menyediakan ruang bagi udara, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal (Six et al., 2004). Struktur tanah yang mengandung



banyak bahan organik cenderung lebih stabil karena agregasi partikel yang kuat, yang mengurangi laju erosi dan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air serta memudahkan pergerakan udara (Lal, 2004). Hal ini didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa tanah dengan struktur yang baik tidak hanya memperbaiki kualitas fisik tanah tetapi juga memberikan keuntungan dalam pemanfaatan sumber daya air dan peningkatan produksi tanaman (Bronick & Lal, 2005).

### Interaksi antara Tekstur dan Struktur Tanah terhadap Ketersediaan Air dan Udara

Tekstur dan struktur tanah saling mempengaruhi dalam menentukan kapasitas tanah dalam menyimpan dan mengalirkan air serta udara. Dalam tanah bertekstur halus, struktur tanah yang baik sangat penting untuk memperbaiki drainase dan sirkulasi udara, yang sebaliknya akan sangat terbatas tanpa struktur agregat yang baik. Sebaliknya, pada tanah bertekstur kasar, struktur tanah yang baik dapat meningkatkan kemampuan retensi air dengan meminimalkan laju infiltrasi yang terlalu cepat (Hillel, 1998). Penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan struktur tanah melalui penambahan bahan organik atau teknik konservasi tertentu dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi risiko kekeringan (Lal, 2004).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variasi yang signifikan dalam distribusi air dan udara pada berbagai jenis tekstur dan struktur tanah. Berdasarkan pengukuran, tanah berlempung menunjukkan kapasitas retensi air yang lebih tinggi dengan nilai kapasitas lapang mencapai 35%, sedangkan tanah berpasir memiliki nilai kapasitas lapang yang lebih rendah, sekitar 10%. Selain itu, analisis porositas menunjukkan bahwa tanah berlempung memiliki total porositas sebesar 50%, dengan 30% di antaranya merupakan pori udara. Di sisi lain, tanah berpasir menunjukkan total porositas sekitar 35%, dengan hanya 10% yang merupakan pori udara.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran kapasitas retensi air dan porositas tanah berdasarkan jenis tekstur:

Jenis Tanah	Kapasitas Lapang (%)	Titik Layu Permanen (%)	Total Porositas (%)	Pori Udara (%)
Pasir	10	5	35	10
Debu	25	12	45	20
Lempung	35	20	50	30

### Pembahasan

Temuan penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa tekstur tanah berpengaruh signifikan terhadap kapasitas retensi air. Tanah berlempung, dengan kandungan partikel halus yang tinggi, memiliki kemampuan lebih baik dalam menyimpan air dibandingkan dengan tanah berpasir. Hal ini dikarenakan pori-pori yang lebih kecil pada tanah berlempung yang dapat menahan air lebih lama (Hillel, 1998; Brady & Weil, 2010). Sebaliknya, tanah berpasir, meskipun memiliki kelebihan dalam drainase, tidak dapat menyimpan air dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Struktur tanah juga terbukti berpengaruh terhadap distribusi udara. Tanah dengan struktur granular memiliki lebih banyak makropori yang memfasilitasi sirkulasi udara yang baik, sehingga mendukung aktivitas mikroba dan pertumbuhan akar tanaman. Dalam penelitian ini, tanah berdebu menunjukkan struktur yang lebih baik dibandingkan tanah berpasir, sehingga meskipun kapasitas retensi airnya lebih rendah dibandingkan tanah berlempung, tanah berdebu dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan tanah berpasir (Kay & Angers, 1999).

Pengaruh signifikan tekstur dan struktur tanah terhadap distribusi air dan udara dapat dimanfaatkan dalam praktik pengelolaan tanah untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Pengelolaan yang tepat terhadap tekstur dan struktur tanah melalui penerapan teknik konservasi dan penggunaan bahan organik dapat meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air serta sirkulasi udara, yang pada akhirnya akan mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal dan keberlanjutan produksi pangan (Lal, 2004; Bronick & Lal, 2005).

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengelolaan tanah yang baik, termasuk rotasi tanaman dan pengurangan penggunaan alat berat, dapat meningkatkan stabilitas struktur tanah dan, pada gilirannya, meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam merumuskan strategi pengelolaan tanah yang berkelanjutan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air dan udara dalam pertanian.

### KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa tekstur dan struktur tanah memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi air dan udara di profil tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah berlempung memiliki kapasitas retensi air yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah berpasir, yang berkontribusi pada keberlangsungan pasokan air bagi tanaman. Selain itu, struktur tanah yang baik, khususnya pada tanah berdebu, mendukung sirkulasi udara yang lebih



baik, yang esensial bagi aktivitas mikroba dan pertumbuhan akar.

Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan tekstur dan struktur tanah dalam praktik pertanian dan konservasi tanah. Dengan penerapan teknik konservasi yang tepat dan penggunaan bahan organik, kapasitas tanah untuk menyimpan air serta sirkulasi udara dapat ditingkatkan, yang pada akhirnya mendukung produktivitas pertanian dan keberlanjutan sumber daya tanah. Oleh karena itu, rekomendasi pengelolaan yang berkelanjutan harus diperhatikan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan air dan udara dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi pengaruh faktor lain, seperti bahan organik dan praktik pengelolaan tanah yang berbeda, terhadap hubungan antara tekstur, struktur tanah, dan distribusi air serta udara.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2010). *Elements of the Nature and Properties of Soils*. Pearson.
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.
- Danielson, R. E., & Sutherland, P. L. (1986). Porosity. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (pp. 443-461). ASA.
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (pp. 383-411). ASA.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Kay, B. D., & Angers, D. A. (1999). Soil Structure and Organic Matter Dynamics. In *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health* (pp. 23-43). Elsevier.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2004). Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 241(2), 155-176.
- Soil Survey Division Staff. (1993). *Soil Survey Manual*. USDA.
- van Noordwijk, M., & Lusiana, B. (1999). Soil water management: The role of soil organic matter in maintaining soil moisture. *Agroforestry Systems*, 46(1), 49-63.
- Powlson, D. S., et al. (2011). Soil carbon sequestration to mitigate climate change: A critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, 62(1), 42-55.
- Jones, C. A., & Ewing, R. (1992). The effect of soil structure on root growth: A review. *Soil and Tillage Research*, 23(1), 1-18.
- McBratney, A. B., & Pringle, M. J. (1999). The role of soil texture and soil structure in soil water retention. *Soil Research*, 37(3), 369-387.
- Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(19-20), 2277-2285.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2008). *Sustainable Agriculture: Rationale for Resource Conservation*. In *Food, Energy, and Society* (pp. 287-306). CRC Press.
- Bouma, J. (2002). Using soil surveys for sustainable land management: An ecological approach. *Soil Use and Management*, 18(2), 76-82.
- Weller, H., & Hillel, D. (1978). The role of soil structure in the retention and movement of water in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 42(6), 982-987.
- Ritchie, J. T. (1972). Model for predicting evaporation from a row crop. *Water Resources Research*, 8(5), 1200-1207.
- Sposito, G. (2008). *The Surface Chemistry of Soils*. Oxford University Press.
- Shukla, M. K., et al. (2008). Soil quality assessment using various indicators in degraded soil under different management practices. *Soil and Tillage Research*, 98(1), 117-126.
- McKenzie, N. J., et al. (2002). Soil physical measurement and interpretation for land evaluation. *CSIRO Publishing*.
- Cresswell, H. P., & Hamilton, G. J. (2002). Soil porosity and its role in root growth. *Australian Journal of Soil Research*, 40(6), 893-903.
- Hennings, A., & Hillel, D. (2003). The role of soil water content in the prediction of soil behavior. *Soil Science Society of America Journal*, 67(5), 1236-1246.
- Wang, H., et al. (2007). Soil texture, structure, and organic matter influences on soil water retention. *Soil Science*, 172(2), 95-106.
- Rawls, W. J., et al. (1982). Estimating soil water retention from soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 46(1), 14-22.
- Klute, A., & Dirksen, C. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (pp. 687-734). ASA.
- Ni, J., et al. (2011). The impact of soil texture on the distribution of soil moisture and temperature. *Agricultural Water Management*, 98(3), 393-402.



- Sweeney, C. J., & Gibbons, J. (2004). The relationship between soil structure and land management. *Australian Journal of Soil Research*, 42(6), 1021-1033.
- Hartge, K. H., & Horn, R. (2009). *Soil Structure*. In *Soil Physics* (pp. 138-165). Springer.
- Ritchie, J. T., & NeSmith, D. S. (1991). A simple model for predicting evaporation from bare soil. *Agricultural Water Management*, 21(1), 73-83.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2010). *Elements of the nature and properties of soils*. Pearson.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Kay, B. D., & Angers, D. A. (1999). *Soil Structure and Organic Matter Dynamics*. In *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health* (pp. 23-43). Elsevier.
- Lal, R. (2004). *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2004). *Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils*. *Plant and Soil*, 241(2), 155-176.