

## KETERSEDIAAN AIR TANAH DAN KARBON ORGANIK PADA LAHAN SEMAK BELUKAR DAN BUDIDAYA BAWANG MERAH DI WILAYAH TROPIKA KERING

### Soil Water Availability and Organic Carbon under Shrubland and Shallot Cultivation in Dry Tropical Regions

Rachmat Zainuddin<sup>1)</sup>, Danang Widjajanto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Palu.

Email: [rachmat\\_zainuddin@yahoo.com](mailto:rachmat_zainuddin@yahoo.com)

Diterima: 21 Agustus 2025, Revisi : 29 Agustus 2025, Diterbitkan: Agustus 2025

<https://doi.org/10.22487/agrolandnasional.v32i2.2690>

#### ABSTRACT

The conversion of shrubland into intensive cultivated land in dry tropical regions affects the dynamics of soil physical and chemical properties. This study aims to analyze differences in soil water availability and organic carbon content between two land uses: shrubland and shallot cultivation. A total of 21 soil samples were collected and analyzed for physical properties such as bulk density, saturated hydraulic conductivity, and field capacity moisture, as well as chemical properties including cation exchange capacity (CEC) and soil organic carbon. The results showed that shrubland had higher water availability and organic carbon content compared to cultivated land. The relationship between bulk density and both water availability and saturated hydraulic conductivity followed a quadratic pattern ( $R^2 = 0.72$  and  $R^2 = 0.62$ , respectively), while the relationship between soil organic carbon and CEC showed a very strong correlation ( $R^2 = 0.78$ ). In contrast, soil texture did not significantly correlate with water behavior or CEC. The decline in soil quality due to land conversion can be mitigated through the improvement of organic matter content and conservation practices. These findings are important as a scientific basis for sustainable soil management in dry tropical areas.

**Keywords** : Available Soil Water, Bulk Density, Cation Exchange Capacity, Organic Carbon, Saturated Hydraulic Conductivity.

#### ABSTRAK

Konversi lahan semak belukar menjadi lahan budidaya intensif di daerah iklim kering tropika memengaruhi dinamika sifat fisik dan kimia tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan ketersediaan air tanah dan kandungan karbon organik pada dua jenis penggunaan lahan, yaitu semak belukar dan bawang merah. Sebanyak 21 sampel tanah dikumpulkan untuk dianalisis sifat fisik, seperti bobot isi, konduktivitas hidrolik

jenuh, kadar air kapasitas lapang, dan kimia seperti kapasitas tukar kation (KTK) dan karbon organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan semak belukar memiliki nilai ketersediaan air dan kandungan C-organik yang lebih tinggi dibandingkan lahan budidaya. Hubungan bobot isi tanah dengan air tersedia dan konduktivitas hidraulik mengikuti pola kuadratik ( $R^2 = 0,72$  dan  $R^2 = 0,62$ ), sementara hubungan antara C-organik dan KTK menunjukkan korelasi sangat kuat ( $R^2 = 0,78$ ). Sebaliknya, tekstur tanah tidak menunjukkan hubungan yang berarti terhadap perilaku air dan KTK. Penurunan kualitas tanah akibat konversi lahan dapat ditekan melalui peningkatan kandungan bahan organik dan praktik konservasi. Hasil penelitian ini penting digunakan sebagai dasar pengetahuan pengelolaan tanah berkelanjutan di wilayah tropika kering.

**Kata Kunci :** Air Tanah Tersedia, Bobot Isi Tanah, Kapasitas Tukar Kation, Karbon Organik, Konduktivitas Hidraulik Jenuh.

## PENDAHULUAN

Lahan kering di Lembah Palu menghadapi tantangan serius dalam mempertahankan produktivitas pertanian akibat keterbatasan air, suhu tinggi, dan variabilitas curah hujan musiman. Kondisi ini mengganggu fungsi tanah sebagai media penyimpanan dan distribusi air, sehingga ketersediaan air bagi tanaman menjadi terbatas. Kapasitas tanah menahan air sangat dipengaruhi oleh tekstur, struktur, dan kandungan bahan organik. Karbon organik tanah berperan penting dalam membentuk agregat yang stabil, memperbaiki porositas tanah yang padat dan memperbesar ketersediaan air tanah. Penurunan karbon organik akibat pengelolaan yang kurang tepat kerap diikuti oleh berkurangnya ketersediaan air selama periode kering (Ansar, 2023).

Secara agroekologis, Lembah Palu di Sulawesi Tengah memiliki karakter unik yang memadukan iklim kering, topografi cekungan, dan sejarah pemanfaatan lahan yang dinamis. Sebagian wilayahnya tergolong lahan kritis akibat degradasi fisik dan rendahnya penutupan vegetasi permanen. Keterbatasan sumber air permukaan serta fluktuasi muka air tanah dangkal memperumit strategi pengelolaan lahan (Naharuddin, 2018). Meskipun demikian, masyarakat setempat telah lama mengembangkan komoditas hortikultura unggulan, terutama bawang merah Palu, yang memiliki nilai ekonomi tinggi sekaligus menjadi identitas geografis daerah. Permintaan pasar yang stabil mendorong perluasan areal tanam hingga ke lahan-lahan

yang sebelumnya berupa semak belukar atau lahan terlantar (Rauf et al., 2015).

Alih fungsi lahan dari vegetasi alami menjadi budidaya bawang merah umumnya diawali dengan pembukaan semak belukar, pengolahan tanah intensif, dan pembuatan bedengan. Praktik pembakaran residu organik, penggunaan pupuk anorganik secara dominan, dan keterbatasan irigasi berpotensi mempercepat mineralisasi bahan organik, meningkatkan kepadatan tanah, serta mengurangi kemampuan tanah menahan air. Selain itu, lalu lintas alat pertanian dan siklus pengeringan berulang dapat memperburuk penurunan kualitas tanah, termasuk penurunan bertahap kandungan karbon organik (Haryati et al., 2019; Nciizah & Wakindiki, 2014).

Berbagai penelitian telah menyoroti hubungan antara degradasi lahan kering dan peran bahan organik dalam retensi air (Rahim, 2012). Namun, informasi spesifik yang mengkaji secara kuantitatif keterkaitan antara ketersediaan air dan kandungan karbon organik pada sistem budidaya bawang merah di Lembah Palu masih terbatas. Data perbandingan antara lahan semak belukar dan lahan budidaya intensif jarang dipublikasikan, padahal informasi tersebut penting untuk menilai keberlanjutan produksi sekaligus merancang strategi pengelolaan lahan kritis yang berbasis bukti ilmiah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara sifat fisika-kimia tanah yang memengaruhi status kesuburan sebagai akibat perubahan penggunaan lahan dari semak

belukar menjadi areal budidaya bawang merah Palu. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkaya pemahaman tentang mekanisme degradasi lahan kering tropika akibat konversi vegetasi alami menjadi pertanian intensif, sekaligus menjadi dasar rekomendasi pengelolaan bahan organik untuk mempertahankan produktivitas bawang merah. Dengan demikian, analisis keterkaitan antara ketersediaan air tanah dan karbon organik di Lembah Palu menjadi langkah penting menuju pengelolaan lahan kering yang berkelanjutan.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian survai tanah dilaksanakan di Desa Guntarano, Kecamatan Tanantovea, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Wilayah ini didominasi lahan kering dengan curah hujan tahunan 900–1.200 mm dan suhu rata-rata 27–32°C. Dua tipe penggunaan lahan dipilih sebagai lokasi penelitian, yaitu semak belukar dan lahan budidaya bawang merah, yang tersebar di beberapa titik representatif dalam satu sistem bentang lahan. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako.

Bahan yang digunakan meliputi sampel tanah dari dua tipe penggunaan lahan, air suling untuk analisis laboratorium, serta bahan kimia standar untuk pengujian karbon organik dan kapasitas tukar kation (KTK). Peralatan lapangan mencakup ring sampel, bor tanah, timbangan analitik, alat ukur kadar air, dan permeameter untuk uji konduktivitas hidraulik. Peralatan laboratorium meliputi oven pengering dan instrumen standar analisis tanah lainnya.

### **Desain Penelitian dan Pengambilan Sampel**

Penelitian menggunakan desain survei komparatif dengan metode pengambilan contoh tanah terstratifikasi berdasarkan tipe penggunaan lahan. Sebanyak 21 titik pengambilan sampel ditentukan secara purposif, terdiri dari 9 titik pada lahan bawang merah dan 12 titik pada lahan semak belukar. Sampel tanah

utuh dan tidak utuh diambil pada kedalaman 0–20 cm untuk dianalisis di laboratorium.

### **Variabel Pengamatan**

Sifat fisik tanah yang dianalisis meliputi tekstur (% pasir, debu, liat), konduktivitas hidraulik jenuh (cm/jam), bobot isi ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), kadar air kapasitas lapang (% berat), kadar air jenuh (% berat), dan ketersediaan air tanah (%). Sifat kimia yang dianalisis mencakup kandungan karbon organik (C-organik) dan KTK.

### **Metode Analisis Laboratorium**

Konduktivitas hidraulik diukur dengan metode constant head permeameter. Bobot isi dihitung dari perbandingan massa kering tanah terhadap volume sampel silinder. Kadar air kapasitas lapang dan air jenuh ditentukan melalui metode tekanan atau gravitasi bebas. Kandungan C-organik dianalisis menggunakan metode Walkley and Black, sedangkan KTK diukur dengan metode ekstraksi amonium asetat pH 7. Analisis tekstur dilakukan dengan metode pipet atau hidrometer.

### **Analisis Data**

Data dianalisis menggunakan model regresi polinomial untuk mengevaluasi hubungan antar variabel sifat tanah. Penentuan kandungan air tanah pada titik layu permanen mengacu pada nilai dari hasil penelitian terdahulu (Rahman & Widjajanto, 2025). Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi lahan dari semak belukar menjadi budidaya bawang merah berpengaruh nyata terhadap sifat fisik dan kimia tanah, terutama pada ketersediaan air dan kandungan karbon organik (Tabel 1). Temuan ini menjadi titik awal penting untuk memahami bagaimana perubahan penggunaan lahan dapat memengaruhi fungsi dasar tanah sebagai media tumbuh tanaman.

Tabel 1. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah di laboratorium

No. Sampel	Penggunaan Lahan	Konduktivitas Hidraulik (cm/jam)	Bobot Isi Tanah (g/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air Kapasitas Lapang (% w/w)	Air Tanah Tersedia (%)	C-Organik (%)	KTK (me/100 g)	Tekstur (%)		
								Pasir	Debu	liat
1	Bawang Merah	0,49	1,61	29,62	24,92	1,55	7,83	78,7	20,4	0,9
2	Bawang Merah	0,56	1,6	31,4	26,7	1,12	9,81	59,1	22,6	18,3
3	Bawang Merah	0,9	1,6	30,1	25,4	1,88	12,45	90,7	0,4	8,9
4	Bawang Merah	0,38	1,68	30,9	26,2	1,61	10,16	62,4	28,1	9,5
5	Bawang Merah	0,32	1,6	32,04	27,34	1,27	9,52	66	28,1	5,9
6	Bawang Merah	0,68	1,68	32,13	27,43	1,47	15,37	65,3	28,1	6,6
7	Bawang Merah	0,45	1,71	32,03	27,33	0,92	8,86	61,9	31,8	6,3
8	Bawang Merah	0,99	1,64	30,96	26,26	1,43	15,83	68	27,9	4,1
9	Bawang Merah	0,13	1,72	29,8	25,1	0,65	7,41	60,8	29,3	9,9
10	Semak-Belukar	0,56	1,63	30,67	25,97	1,13	12,68	49,4	35,7	14,9
11	Semak-Belukar	1,39	1,46	35,85	31,15	2,58	18,52	70,5	21,4	8,1
12	Semak-Belukar	1,12	1,47	35,32	30,62	2,43	21,73	72,6	18,1	9,3
13	Semak-Belukar	1,44	1,43	34,33	29,63	3,75	24,89	65,8	19,2	15
14	Semak-Belukar	0,42	1,57	30,61	25,91	1,05	14,58	62,5	26,3	11,2
15	Semak-Belukar	0,93	1,45	32,12	27,42	3,13	22,89	57,3	28,3	14,4
16	Semak-Belukar	0,25	1,7	31,69	26,99	0,84	8,39	73,3	9,8	16,9
17	Semak-Belukar	0,9	1,64	30,87	26,17	1,7	10,11	69,9	13,2	16,9
18	Semak-Belukar	1,73	1,46	35,15	30,45	3,07	25,76	68,6	25,5	5,9
19	Semak-Belukar	0,34	1,56	33,94	29,24	1,97	15,37	65,6	21,3	13,1
20	Semak-Belukar	1,15	1,48	36,36	31,66	2,48	26,59	42,5	38,4	19,1
21	Semak-Belukar	1,34	1,35	38,32	33,62	3,39	24,42	69,4	17,7	12,9

Secara fisik, lahan semak belukar memiliki rata-rata konduktivitas hidraulik jenuh 0,96 cm/jam, lebih tinggi dibandingkan lahan bawang merah yang hanya 0,54 cm/jam. Meskipun keduanya tergolong kategori lambat, nilai yang lebih tinggi pada lahan semak belukar menunjukkan kemampuan pergerakan air yang lebih baik. Hal ini sejalan dengan pendapat peneliti sebelumnya (Killa et al., 2024) yang melaporkan bahwa perakaran alami vegetasi semak mampu membentuk

pori tanah yang lebih kontinu dan dalam, sehingga mempercepat aliran air. Menariknya, dominasi tekstur berpasir dan struktur tanah yang lebih gembur pada lahan semak belukar tampaknya menjadi faktor pendukung utama kondisi tersebut.

Bobot isi tanah pada lahan semak belukar (1,52 g/cm<sup>3</sup>) lebih rendah dibandingkan bawang merah (1,65 g/cm<sup>3</sup>). Nilai ini mencerminkan porositas yang lebih tinggi pada lahan semak, sehingga kapasitas retensi air

juga lebih besar. Kapasitas lapang rata-rata pada lahan semak belukar tercatat 33,77%, sedangkan pada bawang merah hanya 31,00%. Perbedaan ini berdampak pada ketersediaan air tanah yang lebih tinggi pada lahan semak (29,07%) dibanding bawang merah (26,30%). Dengan kata lain, konversi lahan cenderung mengurangi cadangan air bagi tanaman di musim kering. Rendahnya ketersediaan air tanah juga diperburuk oleh kadar C-organik yang rendah dan stabilitas agregat yang buruk (Qian et al., 2020; Roidelindho et al., 2025).

Karbon organik sebagai indikator utama kualitas tanah menunjukkan penurunan yang perlu diperhatikan dalam upaya mempertahankan tingkat kesuburan tanah yang optimal. Lahan semak belukar memiliki kandungan C-organik rata-rata sebesar 2,29% yang tergolong dalam kriteria sedang. Sebaliknya, kandungan C-organik pada lahan budidaya bawang merah hanya sebesar 1,32% yang termasuk dalam kriteria rendah. Berkurangnya kandungan bahan organik dapat diakibatkan oleh pembukaan vegetasi alami, pengolahan tanah secara intensif, serta minimnya pengembalian bahan organik ke dalam tanah (Vaccari et al., 2012).

Dampak dari penurunan C-organik tidak hanya memengaruhi kesuburan kimia tanah, tetapi juga berimplikasi terhadap sifat fisik tanah seperti stabilitas agregat dan kapasitas retensi air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dari semak belukar menjadi lahan budidaya bawang merah tanpa disertai praktik pengelolaan bahan organik yang tepat dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah, khususnya dalam hal kemampuan tanah menyimpan air dan mempertahankan kandungan bahan organik. Intervensi melalui penambahan bahan organik seperti kompos, pupuk hijau, atau mulsa, serta penerapan teknik konservasi air seperti penggunaan mulsa plastik atau sistem irigasi tetes perlu dipertimbangkan (Siregar,

2020). Pendekatan tersebut penting untuk mendukung produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian di lahan kering Lembah Palu.

Keterkaitan antara sifat fisik tanah dapat dianalisis melalui pendekatan regresi polinomial, yang memungkinkan pemodelan hubungan antarvariabel yang tidak bersifat linier. Hasil analisis menunjukkan bahwa bobot isi tanah memiliki pola hubungan kuadratik dengan kadar air dan air tanah tersedia. Pada nilai bobot isi 1,35–1,55 g/cm<sup>3</sup>, kadar air kapasitas lapang meningkat hingga mencapai 35,85% dan ketersediaan air tanah juga meningkat hingga 72,19%. Namun, ketika bobot isi melebihi nilai tersebut, kadar air mulai menurun; pada bobot isi 1,70–1,72 g/cm<sup>3</sup>, ketersediaan air tanah menurun hingga sekitar 46,23%.

Kondisi ini menunjukkan adanya ambang batas optimal struktur tanah, di mana pori-pori mikro masih tersedia dalam jumlah cukup untuk menahan air. Setelah melampaui titik tersebut, tanah menjadi lebih padat dan jumlah pori tanah total semakin berkurang, sehingga kemampuan retensi air menurun. Hubungan serupa juga terlihat antara bobot isi dan konduktivitas hidraulik. Pada nilai bobot isi yang rendah (1,35–1,46 g/cm<sup>3</sup>), konduktivitas hidraulik relatif tinggi, yaitu mencapai 1,73 cm/jam. Namun, peningkatan bobot isi ke kategori tinggi menyebabkan penurunan konduktivitas secara drastis, hingga hanya mencapai 0,13 cm/jam.

Pemadatan tanah yang terjadi pada penggunaan lahan budidaya bawang merah berpengaruh langsung terhadap penurunan laju pergerakan air dan mencerminkan kondisi struktur tanah yang buruk. Hubungan antara bobot isi dengan ketersediaan air tanah dan konduktivitas hidraulik disajikan pada Gambar 1a dan 1b, sedangkan hasil uji statistik regresi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis regresi polinomial hubungan diantara beberapa variabel penelitian

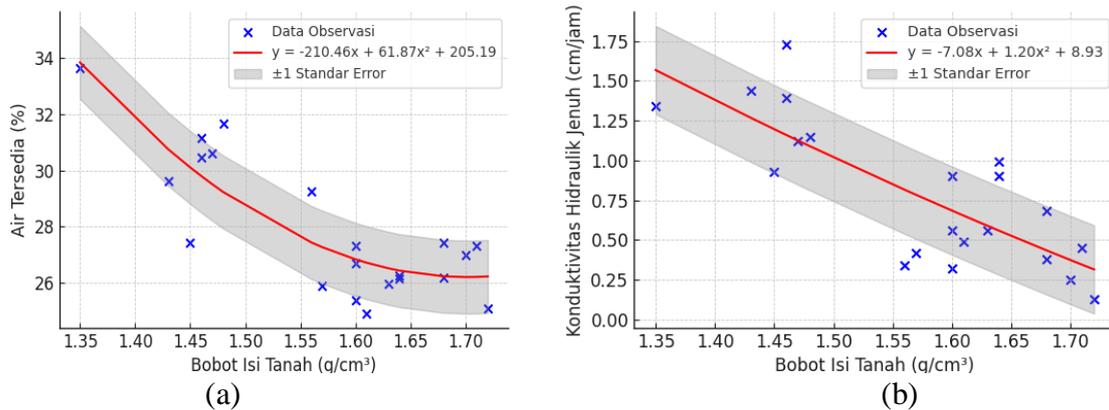
Hubungan	F-hitung	Nilai p	Standar Error	R <sup>2</sup>
Bobot Isi Tanah - Air Tersedia	22.84	0.0	±90.361	0.72
Bobot Isi Tanah - Konduktivitas Hidraulik Jenuh	14.76	0.0002	±19.369	0.62
Fraksi Pasir - Air Tersedia	0.24	0.7915	±0.431	0.03
Fraksi Pasir - Konduktivitas Hidraulik Jenuh	0.16	0.8537	±0.080	0.02
Liat - KTK	0.56	0.5818	±1.294	0.06
C-Organik - KTK	31.18	0.0	±4.340	0.78

Analisis regresi polinomial kuadratik menunjukkan bahwa tingkat keeratan hubungan antar variabel sifat tanah sangat bervariasi. Hubungan antara kandungan karbon organik dengan kapasitas tukar kation menunjukkan nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) tertinggi, yaitu 0,78, dengan nilai F-statistik yang besar dan nilai signifikansi (p-value) yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan hubungan yang kuat dan signifikan, serta menegaskan bahwa peningkatan C-organik berperan penting dalam meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Kondisi ini dapat disebabkan oleh sifat bahan organik yang memiliki luas permukaan dan muatan negatif yang tinggi (Faery et al., 2024).

Sebaliknya, hubungan antara fraksi liat dan kapasitas tukar kation menunjukkan

nilai R<sup>2</sup> yang rendah mengindikasikan bahwa pengaruh fraksi liat terhadap perubahan nilai Kapasitas Tukar Kation yang relatif kecil. Keadaan ini diduga berkaitan dengan dominasi jenis mineral liat seperti kaolinit. Sementara itu, hubungan bobot isi tanah dengan air tanah tersedia maupun dengan konduktivitas hidraulik jenuh menunjukkan nilai R<sup>2</sup> sedang mencerminkan adanya pengaruh nyata.

Di sisi lain, hubungan antara fraksi pasir dengan ketersediaan air dan konduktivitas hidraulik jenuh menunjukkan nilai R<sup>2</sup> yang sangat rendah. Berdasarkan hasil analisis tanah dapat dinyatakan bahwa fraksi pasir bukanlah faktor penentu utama dalam perilaku air tanah pada lokasi penelitian ini.



Gambar 1. Hubungan diantara bobot isi tanah dengan air tanah tersedia (a) dan konduktivitas hidraulik jenuh (b).

Hubungan antara bobot isi tanah dengan ketersediaan air tanah dan konduktivitas hidraulik jenuh tergolong dalam kategori kuat. Hubungan kuadratik dengan kecenderungan negatif tersebut mencerminkan pengaruh perubahan struktur tanah terhadap distribusi pori dan kemampuan tanah dalam menyimpan serta mengalirkan air.

Pada kondisi bobot isi rendah hingga sedang (1,35–1,50 g/cm<sup>3</sup>), struktur tanah relatif stabil dengan proporsi pori makro dan mikro yang seimbang. Pori-pori makro berperan dalam mempercepat pergerakan air ketika tanah jenuh, sedangkan pori-pori mikro menyimpan air yang tersedia bagi tanaman, terutama dalam rentang tegangan matrik antara -0,01 hingga -1,5 MPa. Dalam kisaran ini, sebagian air tertahan cukup kuat oleh pori tanah mikro, tetapi masih dapat diserap oleh akar tanaman. Interaksi antara bahan organik dan partikel liat dapat memperbaiki struktur tanah yang tidak stabil sehingga dapat menciptakan ruang pori tanah yang efektif dalam menahan air tanah. Meningkatnya ruang pori mikro sebagai akibat interaksi partikel koloid tersebut dapat meningkatkan kemampuan menahan air tanah kapasitas lapang (Minasny & McBratney, 2018).

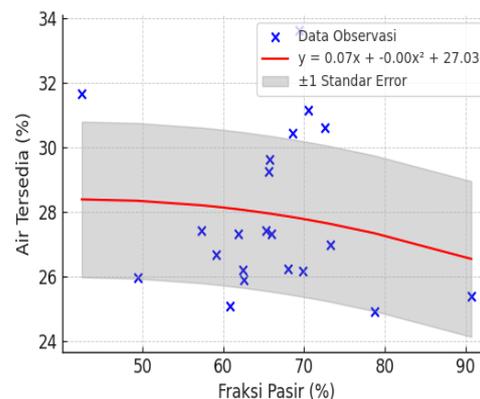
Namun, seiring meningkatnya pemadatan tanah karena proses pengolahan berlebihan, struktur tanah menjadi semakin memburuk. Volume total pori tanah permukaan menurun dan permukaan tanah didominasi oleh ruang pori yang terlalu kecil atau bahkan tertutup. Akibatnya, proses infiltrasi air tanah terganggu. Dalam kondisi tersebut terjadi proses dispersi dan timbulnya kerak di permukaan tanah (Mohammadshirazi et al., 2016).

Ketika bobot isi tanah meningkat akibat pemadatan atau pengolahan yang intensif, struktur tanah menjadi lebih padat. Volume pori makro menurun, sementara volume pori mikro meningkat. Meskipun pori mikro berperan penting dalam retensi air, proporsi yang terlalu tinggi justru dapat meningkatkan tegangan air pori semakin meningkat, sehingga air menjadi kurang tersedia bagi tanaman. Kondisi ini menjelaskan

penurunan ketersediaan air tanah pada bobot isi tinggi.

Pori makro berperan utama dalam menentukan laju aliran air saat tanah dalam kondisi jenuh. Ketika pori makro berkurang secara signifikan, laju pergerakan air juga menurun drastis, meskipun kandungan air tanah relatif tinggi. Hubungan kuadratik antara bobot isi dan sifat air tanah terbentuk karena pada bobot isi yang sangat rendah, volume pori makro relatif tinggi dan menyebabkan air mudah hilang oleh gravitasi. Sebaliknya, pada bobot isi tinggi, volume pori total semakin terbatas sehingga kapasitas tanah untuk menyimpan dan mengalirkan air pun menurun akibat meningkatnya kepadatan tanah. Macam pengelolaan tanah seperti metode pengolahan tanah dan pemberian pupuk organik secara nyata telah mempengaruhi konduktivitas hidraulik jenuh dan perilaku struktur tanah dalam kaitannya dengan kapasitas menahan air (Basset et al., 2023).

Tanah memiliki peran penting dalam mempertahankan ketersediaan air dan daya hantar air tanah. Hasil analisis data menunjukkan bahwa korelasi antara fraksi pasir dengan ketersediaan air tanah maupun dengan konduktivitas hidraulik jenuh menunjukkan nilai yang sangat rendah (Gambar 2). Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat hubungan yang kuat antara fraksi pasir dan kedua variabel tersebut.



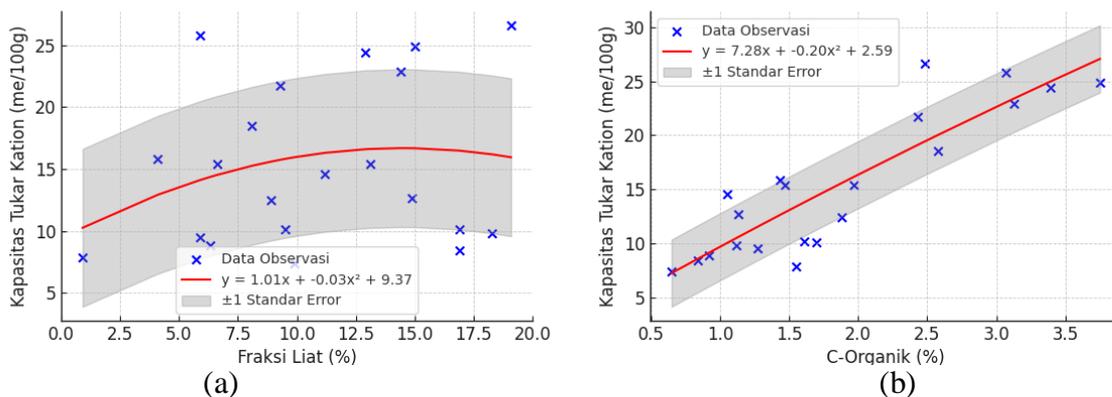
Gambar 2. Hubungan antara fraksi pasir dengan air tanah tersedia

Ketidakkonsistenan hubungan antara fraksi pasir dengan ketersediaan air mengindikasikan bahwa fraksi pasir bukan satu-satunya faktor yang memengaruhi perilaku air tanah. Faktor lain seperti kandungan bahan organik, bobot isi tanah, stabilitas agregat, serta keberadaan fraksi liat dan debu turut menentukan seberapa besar air dapat tertahan atau bergerak di dalam tanah. Interaksi antara sifat-sifat fisik tanah tersebut, terutama kandungan karbon organik, bobot isi, dan struktur tanah, cenderung lebih dominan dalam mengontrol dinamika air dalam tanah.

Meskipun tekstur tanah berperan dalam menentukan sifat hidrologi tanah, hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruhnya tidak selalu bersifat linier dan tidak berlaku secara umum di seluruh lokasi penelitian. Pada beberapa titik pengamatan ditemukan tanah dengan kandungan pasir tinggi, namun tidak menunjukkan konduktivitas hidraulik yang tinggi atau ketersediaan air yang rendah. Oleh karena itu, penggunaan tekstur tanah sebagai satu-satunya tolok ukur dalam perencanaan

kebutuhan air tanaman bersifat terbatas dan berisiko menghasilkan estimasi yang tidak tepat. Perilaku air dalam tanah dipengaruhi oleh interaksi kompleks antar parameter fisik dan kimia tanah lainnya.

Terdapat kecenderungan hubungan positif antara kandungan karbon organik dan fraksi liat terhadap nilai kapasitas tukar kation tanah (Gambar 3). Hubungan positif ini dapat dijelaskan oleh keberadaan gugus fungsional bermuatan negatif dalam bahan organik, seperti karboksil dan fenol, yang mampu mengikat ion-ion kation di dalam tanah. Semakin tinggi kandungan bahan organik, semakin besar pula potensi tanah dalam melakukan pertukaran kation. Karbon organik dan partikel liat berpengaruh lebih tinggi terhadap peningkatan kapasitas tukar kation pada tanah yang didominasi oleh mineral liat kalolinit dibandingkan dengan smektit. Gugus karboksil pada bahan organik menyebabkan meningkatnya kapasitas tukar kation tanah (Parfitt et al., 1995).



Gambar 3. Hubungan antara Liat dengan kapasitas tukar kation (a) dan C-organik dan dengan kapasitas tukar kation (b)

Peningkatan kadar C-organik umumnya diikuti oleh kenaikan nilai Kapasitas Tukar Kation hingga mencapai titik optimum. Sebaliknya, hubungan antara fraksi liat dan Kapasitas Tukar Kation tergolong lemah. Rendahnya pengaruh fraksi liat ini dapat disebabkan oleh dominasi fraksi pasir pada tekstur tanah di lokasi penelitian.

Dari sudut pandang sifat fisik tanah, luas permukaan menjadi salah satu faktor utama yang menentukan kapasitas pertukaran kation. Bahan organik memiliki luas permukaan spesifik yang sangat besar karena strukturnya yang kaya akan gugus fungsional bermuatan negatif, seperti karboksil dan fenol. Luas permukaan yang tinggi ini menyediakan meningkatnya muatan negatif pada permukaan partikel

berukuran koloid. Peningkatan kadar C-organik secara langsung berkontribusi pada peningkatan nilai Kapasitas Tukar Kation tanah.

Efektivitas jerapan kation oleh fraksi liat sangat bergantung pada jenis mineral liat yang dominan. Liat tipe kaolinit memiliki luas permukaan dan jumlah muatan permanen yang lebih relatif rendah dibandingkan dengan liat tipe 2:1 seperti montmorillonit. Oleh karena itu, pada tanah dengan dominasi mineral kaolinit, kontribusi fraksi liat terhadap Kapasitas Tukar Kation menjadi terbatas (Parfitt et al., 1995).

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa perubahan penggunaan lahan dari semak belukar menjadi lahan budidaya bawang merah palu telah memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan kimia tanah, khususnya ketersediaan air dan kandungan karbon organik tanah. Beberapa hal utama yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Konversi lahan semak belukar menjadi lahan budidaya bawang merah di Lembah Palu menyebabkan semakin memburuknya kualitas tanah, khususnya dalam hal kapasitas retensi air dan kandungan karbon organik.
2. Tanah pada lahan semak belukar menunjukkan konduktivitas hidraulik jenuh, kadar air kapasitas lapang, dan ketersediaan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan budidaya bawang merah palu. Keadaan ini menjelaskan kondisi struktur tanah yang lebih stabil dan gembur pada penggunaan lahan semak-belukar dibandingkan dengan lahan budidaya tanaman.
3. Kandungan karbon organik tanah pada lahan semak belukar (rata-rata 2,29%) berada pada kategori sedang, sedangkan pada lahan budidaya bawang merah (rata-rata 1,32%) tergolong rendah. Penurunan ini berkontribusi pada menurunnya kesuburan tanah dan kapasitas tukar kation.
4. Analisis regresi polinomial menunjukkan bahwa hubungan antara bobot isi tanah dengan ketersediaan air dan konduktivitas

hidraulik jenuh mengikuti pola kuadratik dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) masing-masing 0,72 dan 0,62, menunjukkan pengaruh yang kuat dan signifikan.

5. Hubungan antara kandungan C-organik dengan kapasitas tukar kation (KTK) tergolong sangat kuat ( $R^2 = 0,78$ ), menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik tanah secara signifikan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap dan mempertukarkan kation.
6. Hubungan antara fraksi pasir maupun fraksi liat terhadap air tersedia dan kapasitas tukar kation menunjukkan nilai  $R^2$  rendah ( $< 0,06$ ) mengindikasikan bahwa tekstur tanah bukanlah faktor dominan yang mengontrol dinamika air dan hara di daerah penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansar, M. (2023). *Keragaan Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Bawang Merah Varietas Lembah Palu: Sebuah Review*. 14(1), 9–16. <https://doi.org/10.29244/jhi.14.1.9-16>.
- Basset, C., Abou Najm, M., Ghezzehei, T., Hao, X., & Daccache, A. (2023). *How does soil structure affect water infiltration? A meta-data systematic review*. *Soil and Tillage Research*, 226, 105577. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2022.105577>
- Faery, D., Harefa, C., & Zebua, M. (2024). *Peran Kapasitas Tukar Kation Dalam Mempertahankan Kesuburan Tanah Pada Berbagai Jenis Tekstur Tanah*. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 1(1), 165–170. <https://doi.org/10.70134/PENARIK.V2I3.88>.
- Haryati, S., Hasanah, U., & Pagiu, S. (2019). *Analisis Sifat Fisik Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Tawaeli*.

- AGROTEKBIS : JURNAL ILMU PERTANIAN (e-Journal), 7(3), 355-363–355 – 363.  
<http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/438>.
- Killa, Y. M., Ndapamuri, M. H., Ratu, E. U., & Teul, M. U. (2024). *Kajian Sifat Fisik Tanah pada Lahan Kering Beriklim Kering di Kecamatan Wulla Waijelu Kabupaten Sumba Timur*. *Journal Galung Tropika*, 13(1), 19–26.  
<https://doi.org/10.31850/JGT.V13I1.1161>.
- Minasny, B., & McBratney, A. B. (2018). *Limited effect of organic matter on soil available water capacity*. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 39–47.  
<https://doi.org/10.1111/EJSS.12475>.
- Mohammadshirazi, F., Brown, V. K., Heitman, J. L., & McLaughlin, R. A. (2016). *Effects of tillage and compost amendment on infiltration in compacted soils*. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(6), 443–449.  
<https://doi.org/10.2489/JSWC.71.6.443>;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:USWC20.
- Naharuddin, N. (2018). *Sistem Pertanian Konservasi Pola Agroforestri dan Hubungannya dengan Tingkat Erosi di Wilayah Sub-DAS Wuno, Das Palu, Sulawesi Tengah*. 6(3), 183–192.  
<https://doi.org/10.14710/jwl.6.3.183-192>.
- Nciizah, A. D., & Wakindiki, I. I. C. (2014). *Physical indicators of soil erosion, aggregate stability and erodibility*. [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/03650340.2014.956660](http://Dx.Doi.Org/10.1080/03650340.2014.956660), 61(6), 827–842.  
<https://doi.org/10.1080/03650340.2014.956660>.
- Parfitt, R. L., Giltrap, D. J., & Whitton, J. S. (1995). *Contribution of organic matter and clay minerals to the cation exchange capacity of soils*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26(9–10), 1343–1355.  
<https://doi.org/10.1080/00103629509369376>;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:LCSS20;WGROU:STRING:PUBLICATION.
- Qian, Z., Tang, L., Zhuang, S., Zou, Y., Fu, D., & Chen, X. (2020). *Effects of biochar amendments on soil water retention characteristics of red soil at south China*. *Biochar*, 2(4), 479–488.  
<https://doi.org/10.1007/S42773-020-00068-W/METRICS>.
- Rahim, A. (2012). *Produktivitas, Kualitas Dan Potensi Pengembangan Agroindustri Bawang Merah Varietas Lembah Palu, Palu Sulawesi Tengah*.
- Rahman, A., & Widjajanto, D. (2025). *The Use of Organic Fertilizer to Enhance Soil Water Availability and Promote the Growth of Tomatoes in Sandy Loam Soils*. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 14(3), 1034–1039.  
<https://doi.org/10.23960/JTEP-L.V14I3.1034-1039>.
- Rauf, R. A., Rauf, R. A., Darman, S., & Andriana, dan A. (2015). *PENGEMBANGAN USAHATANI BAWANG MERAH VARIETAS LEMBAH PALU*. *AGRIEKONOMIKA*, 4(2), 245–257.  
<https://doi.org/10.21107/agriekonomika.v4i2.978>.
- Roidelindho, K., Nurlia Putri, N., Refiandi,

- R., Nur Rismansyah, F., Agroekoteknologi, J., Pertanian, F., Sultan Ageng Tirtayasa, U., Studi Teknologi Pangan, P., Sultan Ageng Tirtayasa Jl Raya Palka Km, U., & Serang Provinsi Banten, K. (2025). *Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati terhadap Cekaman Kekeringan pada Tanaman Bawang Merah Kabupaten Serang*. *AGROLOGIA: Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*, 14(1), 45–55. <https://doi.org/10.30598/AGROLOGIA.V14I1.18001>.
- Siregar, M. (2020). *Pengaruh Aplikasi Beberapa Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah dengan Teknologi Akuaponik*. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 23(1), 46–51. <https://doi.org/10.30596/AGRIUM.V23I1.5659>.
- Vaccari, F. P., Lugato, E., Gioli, B., D'Acqui, L., Genesio, L., Toscano, P., Matese, A., & Miglietta, F. (2012). *Land use change and soil organic carbon dynamics in Mediterranean agro-ecosystems: The case study of Pianosa Island*. *Geoderma*, 175–176, 29–36. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2012.01.021>