

Management Strategies for Maize Cultivation in Drylands through Soil Tillage Techniques and Fertilizer Efficiency

Pervitara Arum Dewi*, Mulyati, Suwardji

Magister Pertanian Lahan Kering, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Article History

Received : October 10th, 2024

Revised : November 30th, 2024

Accepted : December 08th, 2024

*Corresponding Author:

Pervitara Arum Dewi,

Program Magister Pertanian

Lahan Kering, Universitas

Mataram, Mataram, Indonesia

Email:

pervitara.arum@gmail.com

Abstract: Dryland in Indonesia covers approximately 75.6% of the total land area, with a significant portion utilized for agriculture, including maize cultivation. However, the main challenge in maize farming on dryland is the low organic matter content and soil fertility, which can affect growth and yield. This study aims to review various soil tillage techniques and the application of both organic and inorganic fertilizers in maize cultivation on dryland. The soil tillage techniques examined include no-tillage, minimum tillage, and intensive tillage, focusing on fertilization efficiency and the sustainability of land management practices. The methodology employed was a literature review, analyzing publications indexed in SINTA and/or Scopus between 2019 and 2024. The results of the study indicate that the minimum tillage treatment provided the best results, with phosphorus availability of 17.55 mg/kg, potassium of 0.78 cmol/kg, and an increase in organic carbon to 2.44%, along with a slightly alkaline soil pH of 7.65. Minimum tillage was found to be effective in improving soil fertility without causing significant changes in pH, making it the best option for sustainable maize cultivation on dryland.

Keywords: Dryland, fertilizer, maize cultivation, tillage techniques.

Pendahuluan

Lahan kering di Indonesia mencakup sekitar 75,6% atau 14,447.32 juta hektar dari total luas lahan, di mana 32,8% atau 6,285.71 juta hektar dimanfaatkan sebagai lahan pertanian (Hikmat *et al.*, 2023; BRIN, 2024). Lahan ini tersebar di berbagai wilayah, seperti Sumatera (3,325.48 juta ha), Jawa (1,027.46 juta ha), Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur (670.44 juta ha), Kalimantan (4,161.46 juta ha), Sulawesi (1,657.46 juta ha), Maluku (744.92 juta ha), dan Papua (2,860.10 juta ha) (Ratmini & Maryana, 2021). Dengan potensi yang sangat besar, lahan kering memiliki peranan strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional (Matheus *et al.*, 2017), terutama melalui budidaya tanaman pangan seperti jagung karena memiliki toleransi yang baik terhadap kondisi lingkungan suboptimal, seperti tanah dengan kapasitas penahanan air rendah (Marcos, 1997) dan kandungan hara yang terbatas (Revilla *et al.*, 2021).

Meskipun tanaman jagung dapat tumbuh di lingkungan suboptimal, namun, tantangan utama dalam budidaya jagung di lahan kering

adalah rendahnya kandungan bahan organik dan kesuburan tanah, yang berdampak signifikan pada pertumbuhan dan hasil panen (Dawar *et al.*, 2022). Selain itu, sifat tanah kering yang cenderung berpasir atau bertekstur ringan meningkatkan risiko kehilangan hara melalui pencucian (leaching) dan erosi permukaan, terutama saat curah hujan tinggi (Abdallah *et al.*, 2021). Agroekosistem tanah kering menghadapi manipulasi intensif, seperti penambahan input, pengurangan nutrisi, dan perubahan keseimbangan air. Perubahan ini memengaruhi sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Ketika perubahan tersebut melampaui kapasitas resiliensi tanah, degradasi tanah menjadi tidak terhindarkan (Shahane & Shivay, 2021). Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan tanah yang efektif untuk meningkatkan produktivitas lahan kering sekaligus menjaga keberlanjutan fungsinya.

Teknik olah tanah menjadi salah satu komponen kunci dalam meningkatkan produktivitas di lahan kering (Sadiq *et al.*, 2021). Terdapat tiga teknik utama, yaitu tanpa olah tanah (Zhou *et al.*, 2023; Yu *et al.*, 2022), olah tanah minimum (Preston, 2019), dan olah tanah

intensif (Liu *et al.*, 2024). Olah tanah minimum, misalnya, membatasi gangguan hanya pada titik tanam, sehingga dapat mengurangi risiko erosi dan menjaga kelembapan tanah (Adam & Abdulai, 2023). Praktik ini sering dikombinasikan dengan penggunaan pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang, yang meningkatkan bahan organik tanah dan mendukung pertumbuhan mikroorganisme tanah (Zhou *et al.*, 2022). Sementara itu, pupuk anorganik menyediakan unsur hara esensial secara cepat, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, untuk mendukung fase pertumbuhan kritis tanaman (Agsari *et al.*, 2020). Kombinasi antara pupuk organik dan anorganik telah terbukti efektif dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman jagung di lahan kering (Teressa *et al.*, 2024).

Penelitian sebelumnya tentang strategi pengolahan tanah dan pemupukan pada lahan kering menunjukkan hasil yang bervariasi. Metode tanpa olah tanah (no-till) (Zhou *et al.*, 2023) sering dianggap mampu meningkatkan kesuburan tanah dengan mengurangi erosi dan memperbaiki retensi air, tetapi hasil produktivitas jagung pada lahan kering sering kali tidak maksimal karena kurang optimalnya suplai nutrisi (Yu *et al.*, 2022). Olah tanah minimum dianggap sebagai alternatif yang lebih efisien untuk mempertahankan struktur tanah dan menekan biaya produksi (Preston, 2019), tetapi efektivitasnya pada lahan kering dengan kondisi stres air dan kurangnya pemupukan spesifik masih menjadi pertanyaan. Sementara itu, olah tanah intensif cenderung memberikan hasil jangka pendek yang baik, tetapi menimbulkan risiko degradasi tanah jangka panjang, terutama pada lahan kering yang rentan terhadap erosi dan kehilangan bahan organik (Liu *et al.*, 2024).

Permasalahan utama yang dihadapi adalah kurangnya kajian yang mengintegrasikan secara menyeluruh berbagai kombinasi metode pengolahan tanah (no-till, olah tanah minimum, dan olah tanah intensif) dengan variasi pemupukan (organik, anorganik, atau kombinasi) untuk menentukan strategi yang paling efektif di lahan kering. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi berbasis bukti mengenai pendekatan yang dapat meningkatkan hasil jagung sekaligus menjaga keberlanjutan lahan kering melalui tinjauan literatur yang komprehensif. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis dalam menentukan strategi pengelolaan tanah yang efektif untuk meningkatkan produktivitas jagung

dengan mempertimbangkan efisiensi sumber daya di lingkungan yang memiliki keterbatasan sumber daya. Dengan demikian, hasil kajian ini dapat berkontribusi dalam pengembangan kebijakan dan praktik pertanian berkelanjutan di lahan kering.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan menggunakan alat berupa laptop untuk pencarian literatur, analisis, dan penulisan artikel, serta koneksi internet untuk mengakses basis data literatur. Literatur yang digunakan memiliki kriteria berupa artikel dalam bentuk jurnal ilmiah dan/atau *conference paper*, diterbitkan dalam rentang waktu 2019 – 2024, ditulis dalam bahasa Indonesia dan/atau Inggris, serta membahas topik terkait teknik olah tanah dan pemupukan organik maupun anorganik. Pengumpulan artikel dilakukan melalui beberapa basis data utama, yaitu ProQuest (akses melalui Universitas Mataram), Scopus, dan Google Scholar.

Tahapan pengumpulan data meliputi penentuan kata kunci, penyaringan artikel, dan seleksi berdasarkan kriteria kelayakan. Kata kunci yang digunakan, antara lain *soil tillage techniques*, *organic fertilizers*, *inorganic fertilizers*, dan *dryland maize cultivation*. Hasil pencarian kemudian disaring berdasarkan relevansi judul, abstrak, dan kata kunci, serta dipilih artikel yang memenuhi kriteria waktu publikasi, indeksasi, relevansi topik, dan bahasa. Artikel yang telah diseleksi dianalisis lebih lanjut untuk memberikan gambaran komprehensif terkait teknik olah tanah dan aplikasi pupuk pada pertanaman jagung di lahan kering.

Metode yang digunakan adalah *literature review*, yang mengandalkan data sekunder dari artikel-artikel terpublikasi. Untuk meminimalkan bias, beberapa langkah dilakukan, seperti penggunaan kata kunci yang spesifik dan relevan, penyaringan artikel dengan kriteria ketat, serta memastikan keterwakilan literatur dari berbagai sumber terpercaya. Metode ini dirancang untuk menyajikan wawasan yang mendalam dan dapat diandalkan mengenai strategi pengelolaan tanah dan pemupukan dalam budidaya jagung di lahan kering.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian tentang teknik olah tanah dan serapan unsur hara makro pada tanaman jagung memberikan wawasan penting mengenai

hubungan antara pengelolaan tanah dan ketersediaan hara dalam tanah. Teknik olah tanah, baik intensif, minimum, maupun tanpa olah tanah, terbukti memengaruhi karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah secara signifikan (Chen *et al.*, 2021; Dixit *et al.*, 2012). Kondisi ini berdampak pada efisiensi serapan hara makro, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang sangat dipengaruhi oleh pengelolaan tanah melalui penciptaan lingkungan optimal untuk perakaran tanaman (Dixit *et al.*, 2012). Analisis data disajikan untuk menunjukkan bagaimana berbagai teknik olah tanah memengaruhi kondisi tanah akhir dan implikasinya terhadap serapan hara makro oleh tanaman jagung.

Tanpa Olah Tanah pada Pertanaman Jagung

Hasil analisis tanah akhir pada perlakuan tanpa olah tanah dan tanpa pemupukan pada

pertanaman jagung menunjukkan pola karakteristik yang konsisten di berbagai parameter (Tabel 1). Kandungan nitrogen (N) berada pada kategori rendah, dengan nilai berkisar antara 0,10% hingga 0,17%. Hal ini mencerminkan keterbatasan mineralisasi nitrogen akibat minimnya input bahan organik atau pupuk yang biasanya diperlukan untuk meningkatkan kandungan nitrogen tanah. Ketersediaan P tersedia tergolong sangat rendah hingga rendah, dengan nilai tertinggi mencapai kategori sedang. Rendahnya ketersediaan fosfor ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penyerapan fosfor pada media tanam tanpa olah tanah dan input tambahan biasanya terbatas, terutama pada kondisi pH tanah netral hingga mendekati masam (Barrow, N. J., 2017 dalam Solangi *et al.*, 2023).

Tabel 1. Analisis Tanah Akhir perlakuan tanpa olah tanah dan tanpa pemupukan pada pertanaman jagung

N (%)	P tersedia (mg/kg)	K (cmol/kg)	C-Organik (%)	PH (H ₂ O)	KTK (mg/kg)	Referensi
0,17 ^(R)	2,41 ^(SR)	0,46 ^(S)	1,47 ^(R)	6,11 ^(AM)	6,31 ^(R)	Agsari <i>et al.</i> (2020)
-	3,77 ^(SR)	-	1,34 ^(R)	6,32 ^(AM)	6,66 ^(R)	Fadillah <i>et al.</i> (2022)
0,12 ^(R)	12,16 ^(R)	0,64 ^(T)	0,73 ^(SR)	6,37 ^(AM)	-	Astiko <i>et al.</i> (2023)
0,10 ^(R)	36,93 ^(S)	0,63 ^(T)	1,52 ^(R)	7,08 ^(N)	13,41 ^(R)	Sitorus <i>et al.</i> (2020)

Keterangan: ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah; SR=sangat rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral; AA=agak alkalis (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Kandungan kalium (K) tanah tetap stabil pada kategori sedang hingga tinggi (0,46–0,64 cmol/kg), menunjukkan bahwa proses pelapukan mineral tanah masih mampu menyediakan unsur kalium meskipun tanpa adanya input eksternal. Diterangkan oleh Dong *et al.* (2022) Kalium (K), sebagai salah satu nutrisi penting dalam pertumbuhan tanaman, berperan dalam berbagai proses esensial seperti osmoregulasi, fotosintesis, dan transport metabolit. Selain itu, K juga memiliki peran yang sangat krusial dalam meningkatkan hasil dan kualitas tanaman. Sementara itu, kandungan karbon organik (C-organik) tergolong rendah, berkisar antara 0,73% hingga 1,52%. Nilai ini mengindikasikan minimnya bahan organik yang terintegrasi ke dalam tanah selama perlakuan tanpa olah tanah. Rendahnya C-organik dapat berdampak pada penurunan aktivitas mikroorganisme tanah (Zhou *et al.*, 2023) serta berkurangnya struktur agregat tanah yang ideal (Yu *et al.*, 2022).

Nilai pH tanah menunjukkan kondisi agak masam hingga netral (6,11–7,08), yang umumnya mendukung proses biologis dan ketersediaan sebagian besar unsur hara. Namun,

kapasitas tukar kation (KTK) tanah tergolong rendah hingga sangat rendah, berkisar antara 6,31 hingga 13,41 mg/kg, yang mengindikasikan kemampuan terbatas tanah dalam menyimpan dan menyediakan kation esensial bagi tanaman. Kombinasi faktor-faktor ini menunjukkan bahwa tanpa olah tanah dan tanpa pemupukan, tanah memiliki keterbatasan dalam mendukung produktivitas jagung secara optimal. Hal ini selaras dengan penelitian Dong *et al.* (2022) bahwa tanpa olah tanah meningkatkan efisiensi penggunaan kalium pada kondisi kekeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil panen dan efisiensi translokasi K secara signifikan lebih tinggi pada metode tanpa olah tanah dibandingkan dengan olah tanah konvensional, masing-masing sebesar 12,2% dan 13,9%.

Strategi peningkatan produktivitas diperlukan untuk mengatasi keterbatasan dalam menyimpan dan menyediakan kation esensial bagi tanaman, seperti penerapan pemupukan berimbang, integrasi bahan organik, dan teknik pengelolaan kesuburan tanah yang adaptif. Penambahan bahan organik seperti pupuk kandang, kompos, atau biochar dapat

meningkatkan kandungan karbon organik dan kapasitas tukar kation tanah. Selain itu, pemupukan berbasis kebutuhan spesifik tanah, seperti fosfor dan nitrogen, dapat membantu memperbaiki ketersediaan hara dan meningkatkan hasil tanaman jagung secara berkelanjutan. Menurut Dai *et al.* (2021), perlakuan tanpa olah tanah saja tidak efektif

meningkatkan efisiensi penggunaan air tanah dan bahkan dapat mengurangi hasil panen, tetapi mampu mengurangi pencucian nitrat, dengan penelitian menurunkan hasil panen sebesar 14,8% dibandingkan Tanpa olah tanah dengan kombinasi mulsa jerami dan plastik meningkatkan hasil panen sebesar 36,5%.

Tabel 2. Analisis Tanah Akhir perlakuan tanpa olah tanah dengan pemupukan pada pertanaman jagung

Perlakuan Tambahan	N (%)	P tersedia (mg/kg)	K (cmol/kg)	C-Organik (%)	PH (H ₂ O)	KTK (mg/kg)	Referensi
Pupuk N 200 kg/ha	0,15 ^(R)	2,12 ^(SR)	0,23 ^(R)	1,50 ^(R)	5,84 ^(AM)	6,26 ^(R)	Agsari <i>et al.</i> (2020)
Pupuk N 200 kg/ha	-	6,28 ^(SR)	-	1,61 ^(R)	6,18 ^(AM)	6,77 ^(R)	Fadillah <i>et al.</i> (2022)

Keterangan: ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah; SR=sangat rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral; AA=agak alkalis (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Hasil analisis tanah akhir pada perlakuan tanpa olah tanah dengan tambahan pemupukan nitrogen (N) sebesar 200 kg/ha menunjukkan pola karakteristik kimia tanah yang konsisten di berbagai penelitian (Tabel 2), dengan beberapa indikator tetap berada dalam kategori rendah hingga sangat rendah. Kandungan nitrogen tanah masih tergolong rendah, sebesar 0,15% (Agsari *et al.*, 2020), meskipun pemupukan nitrogen telah dilakukan. Ketersediaan fosfor (P tersedia) juga berada dalam kategori sangat rendah, berkisar antara 2,12 mg/kg (Agsari *et al.*, 2020) hingga 6,28 mg/kg (Fadillah *et al.*, 2022). Hal ini dijelaskan oleh Johan *et al.* (2021) bahwa Pada tanah masam, dominasi oksida aluminium (Al) dan besi (Fe) dalam bentuk kristalin maupun amorf mengurangi kelarutan P anorganik tanah melalui fiksasi pada permukaan bermuatan positif dan pembentukan presipitat Al dan Fe yang tidak larut. Sementara itu, pada tanah alkali, P mudah bereaksi dengan kalsium (Ca) membentuk fosfat kalsium yang hanya sedikit larut. Akibatnya, sebagian besar P yang diaplikasikan dapat terikat secara kimia, sementara hanya sebagian kecil P tanah yang tersisa dalam larutan tanah dan tersedia untuk diserap oleh tanaman.

Kandungan kalium (K) tetap berada dalam kategori rendah, dengan nilai sebesar 0,23 cmol/kg (Agsari *et al.*, 2020), mencerminkan bahwa pemupukan nitrogen saja tidak cukup untuk meningkatkan ketersediaan kalium dalam tanah. Kandungan karbon organik (C-organik) juga rendah, dengan nilai berkisar antara 1,50% hingga 1,61%. Rendahnya kandungan karbon

organik mengindikasikan terbatasnya masukan bahan organik ke dalam tanah, yang berdampak pada penurunan aktivitas mikrobiologi (Zhou *et al.*, 2023) dan kualitas tanah secara keseluruhan (Yu *et al.*, 2022). Nilai pH tanah berada pada kategori agak masam (5,84–6,18), yang meskipun mendukung beberapa proses biologis, tetap membatasi ketersediaan hara tertentu, terutama fosfor. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah termasuk rendah, dengan nilai berkisar antara 6,26 hingga 6,77 mg/kg, mengindikasikan kapasitas tanah yang terbatas untuk menyimpan dan menyediakan kation esensial.

Penambahan pupuk nitrogen sebesar 200 kg/ha menunjukkan hasil bahwa pendekatan tunggal seperti pemupukan N saja tidak cukup efektif dalam memperbaiki kualitas kimia tanah secara signifikan. Perlakuan tanpa olah tanah, meskipun mendukung konservasi tanah dan air, perlu diintegrasikan dengan strategi pengelolaan yang lebih komprehensif. Kombinasi antara aplikasi pupuk berimbang (NPK) dengan tambahan bahan organik seperti pupuk kandang atau kompos dapat meningkatkan kandungan karbon organik, KTK, dan ketersediaan hara makro. Selain itu, pengelolaan pH tanah melalui aplikasi amelioran seperti kapur pertanian dapat membantu meningkatkan ketersediaan fosfor dan unsur mikro. Hal ini sesuai dengan penelitian Kang *et al.* (1980), hasil jagung tanpa olah tanah lebih rendah dibandingkan dengan jagung pada olah tanah tanpa atau dengan dosis rendah aplikasi N, tetapi dengan pemupukan N yang memadai, hasil jagung tanpa olah tanah setara dengan hasil jagung pada olah tanah. Rendahnya

hasil jagung tanpa olah tanah sebagian dapat disebabkan oleh stres N yang parah selama tahap awal pertumbuhan. Oleh karena itu, pada tanah dengan kesuburan rendah, produksi jagung tanpa olah tanah tidak disarankan tanpa pemupukan N yang memadai.

Olah Tanah Minimum pada Pertanaman Jagung

Hasil analisis sifat kimia tanah pada akhir perlakuan olah tanah minimum tanpa pemupukan

pada pertanaman jagung dirangkum pada tabel 3. Analisis ini meliputi kandungan nitrogen total (N), fosfor tersedia (P tersedia), kalium (K), karbon organik (C-Organik), pH tanah (H₂O), serta kapasitas tukar kation (KTK). Data ini disertai dengan klasifikasi sifat kimia tanah berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Balai Penelitian Tanah (2009). Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Tanah Akhir perlakuan olah tanah minimum tanpa pemupukan pada pertanaman jagung

N (%)	P tersedia (mg/kg)	K (cmol/kg)	C-Organik (%)	PH (H ₂ O)	KTK (mg/kg)	Referensi
0,07 ^(SR)	9,29 ^(S)	0,09 ^(SR)	1,01 ^(R)	6,20 ^(AM)	-	Hasibuan <i>et al.</i> (2022)
0,23 ^(S)	16 ^(R)	-	2,27 ^(S)	7,85 ^(AA)	-	Liu <i>et al.</i> (2024)
0,13 ^(R)	10,55 ^(R)	0,72 ^(T)	1,79 ^(R)	5,88 ^(AM)	8,55 ^(R)	Lumbanraja <i>et al.</i> (2020)
0,15 ^(R)	2,55 ^(SR)	0,29 ^(R)	1,58 ^(R)	6,05 ^(AM)	6,42 ^(R)	Agsari <i>et al.</i> (2020)
0,23 ^(S)	10,55 ^(R)	-	1,68 ^(R)	5,62 ^(AM)	8,70 ^(R)	Rahwuni <i>et al.</i> (2020)
0,16 ^(R)	23,72 ^(R)	0,78 ^(T)	0,98 ^(R)	6,88 ^(N)	-	Astiko <i>et al.</i> (2023)

Keterangan: ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah; SR=sangat rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral; AA=agak alkalis (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Hasil analisis tanah akhir pada perlakuan olah tanah minimum tanpa pemupukan menunjukkan variasi yang signifikan dalam karakteristik kimia tanah, meskipun beberapa indikator menunjukkan pola yang serupa. Secara umum, pH tanah berada pada kategori agak masam (AM) hingga netral (N), berkisar antara 5,62 (Rahwuni *et al.*, 2020) hingga 7,85 (Liu *et al.*, 2024). Stabilitas pH ini menunjukkan bahwa praktik olah tanah minimum mampu mempertahankan kondisi keasaman tanah dalam rentang yang mendukung pertumbuhan jagung. Namun, pH yang mendekati kondisi masam pada sebagian perlakuan tetap dapat membatasi ketersediaan beberapa unsur hara esensial, seperti fosfor (Preston, 2019).

Kandungan nitrogen (N) tanah sebagian besar berada dalam kategori rendah (R) hingga sedang (S), dengan nilai tertinggi sebesar 0,23% (Liu *et al.*, 2024; Rahwuni *et al.*, 2020) dan terendah 0,07% (Hasibuan *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun olah tanah minimum dapat mengurangi kehilangan nitrogen akibat erosi atau dekomposisi cepat (Zhang *et al.*, 2020), ketersediaan nitrogen tetap menjadi tantangan pada lahan tanpa pemupukan. Kandungan fosfor tersedia (P tersedia) menunjukkan variasi yang mencolok, dengan nilai tertinggi sebesar 23,72 mg/kg (Astiko *et al.*, 2023) yang termasuk kategori sedang (S),

sedangkan sebagian besar perlakuan berada dalam kategori rendah hingga sangat rendah (SR). Hal ini dapat disebabkan oleh variasi kemampuan tanah dalam menyerap dan melepaskan fosfor, serta perbedaan dalam sifat kimia tanah antar lokasi penelitian.

Kadar kalium (K) juga menunjukkan pola yang bervariasi, dari sangat rendah (0,09 cmol/kg, Hasibuan *et al.*, 2022) hingga tinggi (0,78 cmol/kg, Astiko *et al.*, 2023). Kandungan kalium yang tinggi pada beberapa perlakuan dapat dikaitkan dengan tekstur tanah yang lebih halus atau ketersediaan mineral primer yang menjadi sumber kalium (Rosolem & Steiner, 2017). Di sisi lain, rendahnya kadar kalium pada perlakuan tertentu menunjukkan keterbatasan cadangan mineral atau kehilangan akibat pencucian pada tanah berpasir (Rosolem & Steiner, 2017).

Kandungan karbon organik (C-organik) juga menunjukkan variasi signifikan, dengan nilai tertinggi sebesar 2,27% (Liu *et al.*, 2024) yang tergolong sedang (S), sementara nilai terendah tercatat sebesar 0,98% (Astiko *et al.*, 2023). Rendahnya kandungan karbon organik pada sebagian besar perlakuan menunjukkan terbatasnya masukan bahan organik ke tanah, yang dapat memengaruhi kapasitas tukar kation (KTK) dan kemampuan tanah dalam mempertahankan hara (Ćirić *et al.*, 2023). Nilai

KTK sendiri menunjukkan pola yang beragam, dengan nilai tertinggi sebesar 8,70 mg/kg (Rahwuni *et al.*, 2020) dan terendah 6,42 mg/kg (Agsari *et al.*, 2020), yang sebagian besar masih tergolong rendah.

Fiorini *et al.* (2020) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa karbon organik meningkat

di bawah olah tanah minimum sebesar 1,52 Mg C/ha dan N sebesar 0,17 Mg N/ha dibandingkan dengan tanpa olah tanah. Total kandungan C dan N di berbagai lapisan tanah, bermanfaat untuk stabilisasi C dan N dalam jangka panjang (Fiorini *et al.*, 2020).

Tabel 4. Analisis Tanah Akhir perlakuan olah tanah minimum dengan pemupukan pada pertanaman jagung

Perlakuan Tambahan	N (%)	P tersedia (mg/kg)	K (cmol/kg)	C-Organik (%)	PH (H ₂ O)	KTK (mg/kg)	Referensi
Pupuk Organik 30 ton/ha	0,24 ^(S)	17,55 ^(R)	-	2,44 ^(S)	7,65 ^(AA)	-	Liu <i>et al.</i> (2024)
NPK 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha + kompos 1 Kw/ha	0,11 ^(R)	14,30 ^(R)	0,70 ^(T)	1,60 ^(R)	5,80 ^(AM)	8,30 ^(R)	Lumbanraja <i>et al.</i> (2020)
Pupuk N 200 kg/ha	0,14 ^(R)	2,11 ^(SR)	0,28 ^(R)	1,54 ^(R)	5,76 ^(AM)	6,31 ^(R)	Agsari <i>et al.</i> (2020)
NPK 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha	0,21 ^(S)	14,30 ^(R)	-	1,60 ^(R)	5,80 ^(AM)	8,30 ^(R)	Rahwuni <i>et al.</i> (2020)

Keterangan: ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah; SR=sangat rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral; AA=agak alkalis (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Data pada Tabel 4, analisis tanah akhir dari perlakuan olah tanah minimum dengan pemupukan menunjukkan beberapa persamaan dan perbedaan yang signifikan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman jagung. Persamaan yang ditemukan antara perlakuan adalah kandungan nitrogen (N) yang berada pada kategori rendah hingga sedang, serta pH tanah yang sebagian besar berada dalam kisaran agak masam hingga agak alkalis, yang masih dapat mendukung pertumbuhan jagung. Namun, perbedaan yang mencolok terlihat pada kandungan kalium (K), di mana perlakuan NPK 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha + kompos 1 Mg/ha menunjukkan kadar kalium yang tinggi, sementara perlakuan lainnya hanya menunjukkan kadar kalium yang rendah. Selain itu, perlakuan dengan pupuk organik 30 ton/ha memperlihatkan kandungan karbon organik yang lebih tinggi, yang dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah melalui peningkatan bahan organik. KTK juga berbeda, dengan perlakuan yang menggunakan pupuk NPK dan kompos menunjukkan nilai KTK lebih tinggi, yang berarti tanah memiliki kapasitas lebih baik dalam mempertahankan unsur hara. Secara keseluruhan, meskipun beberapa parameter tanah memiliki kesamaan, perbedaan dalam kandungan kalium, karbon organik, dan kapasitas tukar kation dapat berpengaruh langsung terhadap produktivitas tanaman jagung, sehingga pemilihan perlakuan pemupukan yang tepat

sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal.

Pengaruh olah tanah minimum dan pupuk kandang terhadap hasil biji jagung dan karbon organik tanah diteliti oleh Githongo *et al.* (2021), hasil menunjukkan Olah tanah minimum tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil jagung dan karbon organik tanah. Pupuk kandang secara signifikan meningkatkan hasil jagung dan karbon organik tanah., sehingga penerapan pupuk kandang dalam sistem pertanaman jagung dapat meningkatkan hasil jagung dan karbon organik tanah. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa olah tanah minimum dengan sisa tanaman serta tiga tingkat pemupukan N (tingkat yang direkomendasikan, 25% kurang dan 25% lebih dari tingkat tersebut) memberikan hasil panen sebesar 6.473 kg/ha, signifikan lebih unggul dibandingkan dengan olah tanah minimum dengan penghilangan sisa tanaman atau tanpa bahan organik hanya sebesar 6.072 kg/ha (Tolessa *et al.*, 2007).

Olah Tanah Intensif pada Pertanaman Jagung

Olah tanah intensif merupakan salah satu praktik budidaya yang bertujuan meningkatkan produktivitas lahan melalui pengolahan fisik dan kimia tanah (Jambak *et al.*, 2017). Praktik ini sering diterapkan pada pertanaman jagung untuk menciptakan kondisi tanah yang optimal terhadap parameter kimia tanah, seperti kadar nitrogen (N), fosfor tersedia (P tersedia), kalium (K), karbon organik (C-organik), pH, dan

kapasitas tukar kation (KTK) yng dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Aviva, 2023). Sejalan dengan penelitian Jambak *et al.* (2017) bahwa olah tanah

intensif jika dilakukan pada periode lama akan menyebabkan penurunan kualitas tanah. Oleh karena itu, perlu dievaluasi untuk memastikan keberlanjutan sistem pertanian.

Tabel 5. Analisis Tanah Akhir perlakuan olah tanah intensif tanpa pemupukan pada pertanaman jagung

N (%)	P tersedia (mg/kg)	K (cmol/kg)	C-Organik (%)	PH (H ₂ O)	KTK (mg/kg)	Referensi
0,08 ^(SR)	9,30 ^(S)	0,08 ^(SR)	1,03 ^(R)	6,30 ^(AM)	-	Hasibuan <i>et al.</i> (2022)
0,22 ^(S)	14,10 ^(R)	-	2,11 ^(S)	7,96 ^(AA)	-	Liu <i>et al.</i> (2024)
0,11 ^(R)	7,63 ^(SR)	0,47 ^(S)	1,44 ^(R)	5,80 ^(AM)	7,80 ^(R)	Lumbanraja <i>et al.</i> (2020)
0,13 ^(R)	2,14 ^(SR)	0,17 ^(SR)	1,45 ^(R)	6,02 ^(AM)	6,24 ^(R)	Agsari <i>et al.</i> (2020)
0,21 ^(S)	7,63 ^(SR)	-	1,44 ^(R)	5,80 ^(AM)	7,80 ^(R)	Rahwuni <i>et al.</i> (2020)
-	4,12 ^(SR)	-	1,30 ^(R)	6,11 ^(AM)	6,35 ^(R)	Fadillah <i>et al.</i> (2022)
0,20 ^(R)	32,53 ^(S)	0,86 ^(T)	0,11 ^(SR)	6,94 ^(N)	-	Astiko <i>et al.</i> (2023)

Keterangan: ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah; SR=sangat rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral; AA=agak alkalis (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Tabel 5 menunjukkan analisis tanah akhir pada perlakuan olah tanah intensif tanpa pemupukan pada pertanaman jagung, yang memperlihatkan baik persamaan maupun perbedaan pada beberapa parameter tanah. Persamaan utama di antara perlakuan adalah pH tanah yang secara umum berada dalam kisaran agak masam (AM) hingga netral (N). Selain itu, kandungan karbon organik (C-organik) di sebagian besar perlakuan berada dalam kategori rendah (R), yang dapat menunjukkan bahwa meskipun olah tanah dilakukan intensif, tingkat kesuburan tanah dalam hal kandungan bahan organik tetap terbatas.

Perbedaan yang terlihat cukup signifikan antar perlakuan adalah pada kandungan fosfor tersedia (P) dan kalium (K). Kandungan fosfor pada perlakuan Liu *et al.* (2024) menunjukkan nilai yang cukup tinggi (14,10 mg/kg) yang masuk dalam kategori rendah (R), sedangkan beberapa perlakuan lainnya, seperti oleh Agsari *et al.* (2020) dan Fadillah *et al.* (2022), menunjukkan nilai fosfor yang sangat rendah (2,14–4,12 mg/kg), yang dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara untuk tanaman jagung. Untuk kalium, beberapa perlakuan menunjukkan kadar kalium yang cukup tinggi seperti oleh

Astiko *et al.* (2023) dengan 0,86 cmol/kg, sementara perlakuan lainnya seperti oleh Hasibuan *et al.* (2022) dan Lumbanraja *et al.* (2020) menunjukkan kadar kalium yang sangat rendah (0,08–0,17 cmol/kg). Ini dapat berdampak pada ketahanan tanah terhadap kekurangan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

Selain itu, ada perbedaan dalam kapasitas tukar kation (KTK) yang dilaporkan oleh Lumbanraja *et al.* (2020) dan Rahwuni *et al.* (2020) mencatatkan nilai KTK yang lebih tinggi, yang menunjukkan potensi tanah dalam menyimpan dan mengikat unsur hara lebih baik, dibanding perlakuan lain yang cenderung lebih rendah, yang dapat menunjukkan kelemahan dalam menjaga kesuburan tanah. Ustiatik *et al.* (2024) pada penelitian menunjukkan hasil bahwa olah tanah intensif memengaruhi populasi mikroba tanah, stabilitas agregat, pH, dan P-tersebut secara signifikan ($p < 0,05$). Dampak negatif olah tanah intensif mengurangi total mikroba tanah sebesar 59,37%. Makrofauna dan mesofauna tanah yang ditemukan di lokasi penelitian meliputi cacing tanah dan mikoriza, dengan kepadatan lebih tinggi pada lahan tanpa olah tanah yang didominasi vegetasi pohon.

Tabel 6. Analisis Tanah Akhir perlakuan olah tanah intensif dengan pemupukan pada pertanaman jagung

Perlakuan Tambahan	N (%)	P tersedia (mg/kg)	K (cmol/kg)	C-Organik (%)	PH (H ₂ O)	KTK (mg/kg)	Referensi
Pupuk Organik 30 Ton/Ha	0,23 ^(S)	15,04 ^(R)	-	2,25 ^(S)	7,85 ^(AA)	-	Liu <i>et al.</i> (2024)
NPK 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha + kompos 1 Kw/ha	0,12 ^(R)	9,26 ^(SR)	0,51 ^(S)	1,60 ^(R)	5,84 ^(AM)	8,40 ^(R)	Lumbanraja <i>et al.</i> (2020)
Pupuk N 200 kg/ha	0,13 ^(R)	2,17 ^(SR)	0,19 ^(SR)	1,46 ^(R)	5,80 ^(AM)	6,37 ^(R)	Agsari <i>et al.</i> (2020)
NPK 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha	0,13 ^(R)	9,26 ^(SR)	-	1,60 ^(R)	5,84 ^(AM)	8,40 ^(R)	Rahwuni <i>et al.</i> (2020)
Pupuk N 200 kg/ha	-	3,89 ^(SR)	-	1,25 ^(R)	5,81 ^(AM)	5,75 ^(R)	Fadillah <i>et al.</i> (2022)

Keterangan: ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah; SR=sangat rendah; M=masam; AM=agak masam; N=netral; AA=agak alkalis (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Tabel 6 menunjukkan analisis tanah akhir, pada nilai pH yang umumnya berada dalam kisaran agak masam (AM) hingga agak alkalis (AA), menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi yang cukup mendukung bagi pertumbuhan tanaman jagung. Begitu juga dengan kandungan C-organik yang berada dalam kategori rendah (R) pada sebagian besar perlakuan, yang menunjukkan bahwa meskipun ada pemupukan, kandungan bahan organik tanah tidak cukup tinggi.

Perbedaan yang cukup mencolok antar perlakuan adalah kandungan fosfor yang tersedia (P tersedia). Perlakuan dengan pupuk organik (Liu *et al.*, 2024) menunjukkan nilai fosfor yang cukup tinggi (15,04 mg/kg), meskipun masih berada dalam kategori rendah (R), sedangkan perlakuan lainnya yang menggunakan kombinasi pupuk kimia dan organik (seperti NPK 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha) menunjukkan nilai fosfor yang sangat rendah (2,17–3,89 mg/kg). Penggunaan pupuk organik berdampak positif pada ketersediaan fosfor dalam tanah. Beberapa perlakuan menunjukkan nilai K yang cukup rendah, seperti pada perlakuan NPK + Urea + kompos (0,51 cmol/kg), yang termasuk dalam kategori sedang (S), sementara pada perlakuan lain dengan pupuk N tunggal (Agsari *et al.*, 2020) menunjukkan nilai kalium yang sangat rendah (0,19 cmol/kg).

Selain itu, kapasitas tukar kation (KTK) pada perlakuan dengan pupuk NPK + Urea (Lumbanraja *et al.*, 2020; Rahwuni *et al.*, 2020) menunjukkan nilai KTK yang cukup tinggi (8,40 mg/kg), yang mencerminkan kemampuan tanah untuk mempertahankan unsur hara yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lain yang memiliki nilai KTK lebih rendah. Secara

keseluruhan, meskipun terdapat beberapa kesamaan dalam pH tanah dan C-organik yang rendah, perbedaan signifikan terletak pada kandungan fosfor, kalium, dan KTK, yang menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik lebih efektif dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara di tanah, sedangkan kombinasi pupuk kimiawi dan organik juga memberikan efek positif pada kapasitas tanah untuk menyimpan unsur hara.

Hasil penelitian Zheng *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pengelolaan intensif gabungan yang melibatkan pengolahan tanah dalam, pemupukan, dan mulsa bahan organik menyebabkan peningkatan signifikan pada konsentrasi AK, AN, AP, NH₄⁺, NO₃⁻, OM, TN, dan TP (P < 0,05). Namun demikian, pengelolaan ini juga mengakibatkan penurunan pH yang nyata (P < 0,05). Perubahan tersebut menurunkan keragaman mikrobiota tanah dan akar rimpang, tetapi tidak berdampak signifikan pada komposisi komunitas dan kapasitas fungsionalnya. Hal ini sejalan dengan hasil *literature review* yang menunjukkan bahwa pH relatif agak masam yaitu 4 penelitian berkisar 5,80 – 5,84 (Agsari *et al.*, 2020; Lumbanraja *et al.*, 2020; Rahwuni *et al.*, 2020; Fadillah *et al.*, 2022). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa Pembajakan tanah secara intensif dan perlakuan pemupukan tanaman, termasuk kombinasi pupuk mineral dengan pupuk kandang, secara konsisten meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung (Kiboi *et al.*, 2019).

Kesimpulan

Hasil penelitian memberikan kesimpulan bahwa, berbagai teknik olah tanah dan

pemupukan diaplikasikan untuk meningkatkan hasil pertanaman jagung di lahan kering. Tanpa olah tanah, ketersediaan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan kapasitas tukar kation (KTK) sangat terbatas, sehingga tidak mendukung pertumbuhan jagung secara optimal. Perlakuan olah tanah minimum terbukti memberikan hasil terbaik, di mana fosfor tersedia hingga 17,55 mg/kg, kalium 0,78 cmol/kg, dan karbon organik meningkat menjadi 2,44%, dengan pH tanah sedikit alkalis (7,65). Teknik ini juga terbukti efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah tanpa menyebabkan perubahan pH yang signifikan. Di sisi lain, olah tanah intensif meskipun memberikan variasi yang lebih tinggi dalam ketersediaan fosfor dan kalium, cenderung memerlukan pemupukan lebih intensif dan penggunaan pupuk kimia yang bisa berdampak pada keberlanjutan tanah. Oleh karena itu, olah tanah minimum dengan pemupukan organik atau campuran NPK dan urea merupakan strategi yang paling efektif dan berkelanjutan untuk pengelolaan tanaman jagung di lahan kering.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingannya dan telah memberikan dukungan dan menampung pemikiran-pemikiran yang tertuang dalam jurnal ini.

Referensi

- Agsari, D., Utomo, M., Hidayat, K. F., & Niswati, A. (2020). Respon Serapan Hara Makro-Mikro dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Pemupukan Nitrogen dan Praktik Olah Tanah Jangka Panjang. *Journal of Tropical Upland Resources (J. Trop. Upland Res.)*, 2(1), 46–59.
<https://doi.org/10.23960/jtur.vol2no1.2020.78>
- Astiko, W., Ernawati, N. M. L., & Putu Silawibawa, I. (2023). Impact of different soil tillage added bio-Ameliorant on nutrient concentration and growth maize-soybean intercropping adaptive to climate change in dry land. *E3S Web of Conferences*, 1–6.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346701001>
- Aviva, S. N. (2023). *Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang terhadap P-Terpanen dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (Vigna Radiata L.) Tahun Ke-35*. Universitas Lampung.
- BRIN. (2024). *Optimasi SDG Lokal Tanaman Pangan Lahan Kering di Indonesia*. <https://brin.go.id/orpp/posts/kabar/optimasi-sdg-lokal-tanaman-pangan-lahan-kering-di-indonesia>
- Ćirić, V., Prekop, N., Šeremešić, S., Vojnov, B., Pejić, B., Radovanović, D., & Marinković, D. (2023). The Implication of Cation Exchange Capacity (Cec) Assessment for Soil Quality Management and Improvement. *Agriculture and Forestry*, 69(4), 113–134.
<https://doi.org/10.17707/AgricultForest.69.4.08>
- Dai, Z., Hu, J., Fan, J., Fu, W., Wang, H., & Hao, M. (2021). No-tillage with mulching improves maize yield in dryland farming through regulating soil temperature, water and nitrate-N. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107288>
- Dong, L., Han, X., Zheng, J., Liu, X., Liu, Z., Luo, Y., Shao, X., Wang, Y., & Wang, L. (2022). Long-term no-tillage enhanced maize yield and potassium use efficiency under spring drought year. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(4), 564–574.
<https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000400564>
- Fadillah, N., Utomo, M., Afianti, N. A., & Sarno, S. (2022). Perubahan Sifat Kimia Tanah pada Profil Tanah Akibat Penerapan Sistem Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang pada Lahan Pertanaman Jagung (*Zea Mays* L.) di Kebun Percobaan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(4), 627–632.
<https://doi.org/10.23960/jat.v10i4.6465>
- Fiorini, A., Boselli, R., Maris, S. C., Santelli, S., Ardenti, F., Capra, F., & Tabaglio, V. (2020). May conservation tillage enhance soil C and N accumulation without decreasing yield in intensive irrigated croplands? Results from an eight-year maize monoculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 296.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106926>
- Githongo, M. W., Kiboi, M. N., Ngetich, F. K., Musafiri, C. M., Muriuki, A., & Fliessbach, A. (2021). The effect of minimum tillage and animal manure on maize yields and soil

- organic carbon in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *Environmental Challenges*, 5, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100340>
- Hasibuan, S., Hutapea, S., & Mardiana, S. (2022). Pengaruh Pengolahan Tanah dan Pemberian Mulsa Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Hasil Produksi Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Strut L). *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 4(2), 111–123.
<https://doi.org/10.31289/jiperta.v4i2.1382>
- Jambak, M. K. F. A., Baskoro, D. P. T., & Wahjunie, E. D. (2017). Characteristics of Soil Physic on Soil Conservation Tillage System (Case Study Of Cikabayan Research Farm, Bogor). *Soil and Land Bulletin*, 1(1), 44–50.
- Johan, P. D., Ahmed, O. H., Omar, L., & Hasbullah, N. A. (2021). Phosphorus transformation in soils following co-application of charcoal and wood ash. *Agronomy*, 11(10), 1–25.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11102010>
- Kang, B. T., Moody, K., & Adesina, J. O. (1980). Effects of fertilizer and weeding in no-tillage and tilled maize. *Fertilizer Research*, 1, 87–93.
<https://doi.org/10.1007/BF01073180>
- Kiboi, M. N., Ngetich, K. F., Fliessbach, A., Muriuki, A., & Mugendi, D. N. (2019). Soil fertility inputs and tillage influence on maize crop performance and soil water content in the Central Highlands of Kenya. *Agricultural Water Management*, 217, 316–331.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.014>
- Liu, C., Han, X., Chen, X., Yan, J., Lu, X., Song, B., Wang, W., Zou, W., & Ma, X. (2024). Inversion Tillage Combined with Organic Fertilizer Application Increased Maize Yield via Improving Soil Pore Structure and Enzymatic Activity in Haplic Chernozem. *Agronomy*, 14(5), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14050927>
- Lumbanraja, R., Lumbanraja, J., Norvpriansyah, H., & Utomo, M. (2020). Perilaku Pertukaran Kalium (K) dalam Tanah, K Terangkut serta Produksi Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Olah Tanah dan Pemupukan di Tanah Ultisol Gedung Meneng pada Musim Tanam Ketiga. *Journal of Tropical Upland Resources (J. Trop. Upland Res.)*, 2(1), 1–15.
<https://doi.org/10.23960/jtur.vol2no1.2020.69>
- Matheus, R., Basri, M., Rompon, M. S., & Neonufa, N. (2017). Strategi Pengelolaan Pertanian Lahan Kering dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan di Nusa Tenggara Timur. *PARTNER*.
<https://doi.org/10.35726/jp.v22i2.246>
- Preston, C. (2019). *Soil pH Effects on Potassium and Phosphorus Fertilizer Availability and Management*. <https://nutrien-ekonomics.com/news/soil-ph-effects-potassium-and-phosphorus-fertilizer-availability-and-management/>
- Rahwuni, A., Lumbanraja, J., Norvpriansyah, H., Utomo, D. M., Agroteknologi, J., Pertanian, F., & Lampung, U. (2020). Pengaruh Olah Tanah dan Pemupukan terhadap Stabilitas Agregat Tanah dan Biomassa Akar dalam Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Lahan Kering Gedung Meneng pada Musim Tanam Ke-3 Effect of Tillage and Fertilizers on Stability of Soil Aggregate and. *Journal of Tropical Upland Resources ISSN, 02(02)*, 276–286.
- Rosolem, C. A., & Steiner, F. (2017). Effects of soil texture and rates of K input on potassium balance in tropical soil. *European Journal of Soil Science*, 68(5), 658–666.
<https://doi.org/10.1111/ejss.12460>
- Sitorus, A., Kotta, N. R. E., & Hosang, E. Y. (2020). Keragaan Pertumbuhan dan Produksi Jagung Hibrida pada Agroekosistem Lahan Kering Iklim Kering Nusa Tenggara Timur. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-8 “Komoditas Sumber Pangan Untuk Meningkatkan Kualitas Kesehatan Di Era Pandemi Covid-19,”* 1–11.
- Teressa, D., Kibret, K., Dechasa, N., & Wogi, L. (2024). Soil properties and nutrient uptake of maize (*Zea mays*) as influenced by mixed manure and blended inorganic fertilizer in Haramaya district, eastern Ethiopia. *Heliyon*, 10(16), 1–21.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35784>
- Tolessa, D., Preez, C. C. Du, & Ceronio, G. M. (2007). Effect of tillage system and nitrogen fertilization on yield and yield components of maize in Western Ethiopia. *South African Journal of Plant and Soil*,

- 24(2), 63–69.
<https://doi.org/10.1080/02571862.2007.10634783>
- Ustiatik, R., Ariska, A. P., Ramadhan, R. K., Aziz, N. R., Hadi, R. I., Yusuf, R. M., Pujo, A., Vista, M., Rinandy, P., Hidayat, T., Nugroho, W. A., & Kurniawan, S. (2024). Bio - physico - chemical Soil Characteristic: Intensive Tillage vs No Tillage. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 13(4), 1196–1205.
- Yu, Q., Xu, L., Wang, M., Xu, S., Sun, W., Yang, J., Shi, Y., Shi, X., & Xie, X. (2022). Decreased soil aggregation and reduced soil organic carbon activity in conventional vegetable fields converted from paddy fields. *European Journal of Soil Science*, 73, 1–12.
<https://doi.org/10.1111/ejss.13222>
- Zhang, Y., Xie, D., Ni, J., & Zeng, X. (2020). Conservation tillage practices reduce nitrogen losses in the sloping upland of the Three Gorges Reservoir area: No-till is better than mulch-till. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 300.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107003>
- Zheng, Y., Liu, X., Cai, Y., Shao, Q., Zhu, W., & Lin, X. (2022). Combined intensive management of fertilization, tillage, and organic material mulching regulate soil bacterial communities and functional capacities by altering soil potassium and pH in a Moso bamboo forest. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1–17.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.944874>
- Zhou, J., Sun, T., Shi, L., Kurganova, I., Lopes de Gerenyu, V., Kalinina, O., Giani, L., & Kuzyakov, Y. (2023). Organic carbon accumulation and microbial activities in arable soils after abandonment: A chronosequence study. *Geoderma*, 435, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.16496>