

Rehabilitasi Tanah Aluvial Terdegradasi dengan Pupuk Kandang Kambing dan POC Tahu untuk Meningkatkan Produktivitas Okra

Ismail Astar^{1*}, Setiawan², Sri Rahayu³, Agus Suyanto⁴

Email: ismailastar@upb.ac.id^{1*}, iwansetiawan@upb.ac.id², sri.rahayu@upb.ac.id³, Agussuyanto@upb.ac.id⁴

^{1*,2,3,4} Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi Universitas Panca Bhakti, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

Article Info

Received: June 11, 2025

Revised: June 15, 2025

Accepted: June 19, 2025

Correspondence:

Phone: +6287870196868

Abstract: *Marginal alluvial soils are characterized by low fertility, acidic pH, and limited nutrient availability, which constrain agricultural productivity. This study investigated the effects of goat manure and liquid organic fertilizer (POC) from tofu wastewater on okra growth and yield in alluvial soil. A completely randomized factorial design was employed with two factors: goat manure doses (50, 100, 150 g/polybag) and tofu wastewater POC concentrations (10%, 20%, 30%), each replicated three times, resulting in 27 experimental units. Soil analysis revealed significant improvements in chemical and physical properties after treatment application. Initial soil pH increased from 4.82 to 5.9, organic carbon content rose from 1.82% to 3.05%, total nitrogen increased from 0.16% to 0.42%, and available phosphorus improved from 18.3 ppm to 92.14 ppm. Physical properties also enhanced with bulk density decreasing from 1.62 to 1.24 g/cm³ and total porosity increasing from 34.21% to 46.37%. ANOVA analysis showed significant effects of POC concentration on plant height and fruit weight, with 20% concentration producing optimal results. Goat manure significantly influenced fruit weight, with the highest dose (150 g/polybag) yielding 89.44 g compared to 56.96 g at the lowest dose. No significant interactions were observed between the two factors. The results demonstrate that combined application of goat manure and tofu wastewater POC effectively transforms degraded alluvial soil into fertile growing medium, supporting sustainable okra production in marginal lands.*

Keywords: *Marginal Soil, Organic Fertilizer, Soil Amelioration, Sustainable Agriculture, Vegetable Production.*

Citation: Ismail Astar, Setiawan, Sri Rahayu, Agus Suyanto (2025). Rehabilitasi Tanah Aluvial Terdegradasi dengan Pupuk Kandang Kambing dan POC Tahu untuk Meningkatkan Produktivitas Okra. Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai, 15 (1), 10-19. doi: <https://doi.org/110.36589/rs.v15i1.298>

Pendahuluan

Lahan marginal sering kali memiliki tingkat kesuburan rendah dan karakteristik fisik yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan pupuk organik terbukti dapat memperbaiki kesuburan tanah marginal dengan menyediakan hara makro-mikro penting serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga produktivitas tanaman meningkat (Alfarisi & Dewi, 2024; B. Setiawan et al., 2025). Sebagai contoh, penggunaan pupuk organik pada lahan sawah marginal dilaporkan meningkatkan kesuburan tanah, suplai hara, dan produktivitas padi hingga 22% dibanding tanpa pupuk organik (Wandira & Kartika, 2024). Oleh karena itu, penambahan bahan organik menjadi langkah penting dalam mengatasi keterbatasan lahan marginal.

Tanah aluvial, yang banyak dijumpai di dataran banjir dan delta, termasuk salah satu lahan marginal dengan kendala tertentu. Berbagai studi menunjukkan bahwa tanah aluvial mempunyai sifat tanah masam (pH

rendah), struktur padat, kapasitas tukar kation rendah, serta kandungan bahan organik dan ketersediaan unsur hara terlarut yang relatif rendah (Bahtiar et al., 2023; B. Setiawan et al., 2025). Kondisi ini menyebabkan mineralisasi unsur hara berjalan lambat dan akumulasi aluminium berbahaya bagi tanaman (Bahtiar et al., 2023). Dengan kata lain, meskipun tanah aluvial terbentuk dari endapan sungai, karakteristik kimianya umumnya kurang mendukung kesuburan lahan pertanian.

Untuk memperbaiki sifat tanah aluvial tersebut, pemberian pupuk organik merupakan strategi ameliorasi yang efektif. Pupuk organik kaya akan unsur hara penting (N, P, K) dan dapat mengurangi dampak negatif pemupukan kimia sambil memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah (S. Setiawan et al., 2021). Penggunaan pupuk organik dilaporkan meningkatkan kesuburan tanah, suplai hara, dan aktivitas mikroba sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman pada lahan marginal ikut meningkat (Ferdo et al., 2022; Murnita & Taher, 2021). Dengan demikian, pemupukan organik tidak hanya

menambah hara langsung, tetapi juga memperbaiki kondisi lahan yang kritis.

Di antara berbagai pupuk organik, pupuk kandang kambing banyak digunakan karena ketersediaannya yang mudah dan kandungan nutrisinya yang seimbang. Aplikasi pupuk kandang kambing diketahui mampu meningkatkan kadar C-organik tanah dan penyerapan N oleh tanaman secara signifikan (Kurbaniana et al., 2012; Salawati et al., 2021). Hal ini berdampak positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman; misalnya pemberian pupuk kandang kambing terbukti meningkatkan tinggi tanaman dan bobot kering tajuk tanaman jagung dibandingkan tanpa pemupukan (Ferdo et al., 2022). Dengan demikian, pupuk kandang kambing dapat berfungsi ganda sebagai penyedia hara dan sebagai pembenah tanah.

Selain itu, limbah cair industri pertanian merupakan sumber pupuk organik cair (POC) yang menjanjikan. Limbah cair tahu, misalnya, kaya akan bahan organik (karbohidrat, protein, lemak) (Rasmito et al., 2019) dan mengandung unsur hara esensial dalam jumlah cukup (N 1,24%, P_2O_5 5,54%, K_2O 1,34%). Oleh karena itu limbah tahu dapat diolah menjadi POC. Berbagai penelitian mendapati bahwa pemberian POC limbah tahu meningkatkan pertumbuhan tanaman sayuran secara signifikan. Sebagai contoh, aplikasi POC limbah tahu 100% mampu memberikan pertumbuhan optimal pada tanaman bayam (parameter jumlah daun, bobot basah/kering, tinggi batang) dibandingkan kontrol tanpa limbah (Wandira & Kartika, 2024). Temuan ini mengindikasikan bahwa limbah cair tahu berpotensi tinggi sebagai pupuk organik dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Beberapa studi telah menunjukkan efektivitas pupuk kandang kambing atau POC limbah tahu secara terpisah pada tanaman hortikultura (Awodun, 2007; Meiriani & Tarigan, 2024; Zamzami et al., 2023), namun belum ada penelitian yang mengevaluasi sinergi kedua bahan organik ini pada tanah aluvial terdegradasi dengan tanaman okra sebagai indikator. Penelitian ini bertujuan mengisi celah tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan untuk menelaah pengaruh pemberian pupuk kandang kambing dan POC limbah tahu terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman okra pada tanah aluvial. Tanaman okra dipilih karena kaya serat, vitamin C, folat, antioksidan, serta toleran terhadap kondisi panas, kering, dan lahan marginal (Fabianová et al., 2022; Gemedet et al., 2014; Liu et al., 2021; Massrie, 2025; Nikpayam et al., 2021). Selain itu, tanaman ini memiliki siklus cepat dan menunjukkan respons signifikan terhadap pemupukan organik maupun anorganik, dengan hasil >3 t/ha dalam beberapa studi (Akande et al., 2010). Diharapkan hasil penelitian dapat menjelaskan sejauh mana kedua pupuk organik tersebut memperbaiki sifat fisik-kimia tanah aluvial sekaligus mendukung peningkatan hasil okra di lahan marginal.

Metode Penelitian

a. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Maret 2025 di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Panca Bhakti, Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Lokasi penelitian memiliki jenis tanah aluvial dengan karakteristik fisik dan kimia tanah yang masam dan kandungan bahan organik rendah, kondisi ini sesuai sebagai representasi lahan suboptimal yang menjadi fokus penelitian pemupukan organik.

b. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: polybag ukuran 30×30 cm, cangkul, timbangan digital (ketelitian 0,01 g), mistar ukur, label tanaman, sprayer, gembor, alat tulis, dan kamera dokumentasi.

Bahan yang digunakan antara lain: benih okra varietas Greennie, pupuk kandang kambing yang telah matang (difermentasi alami selama ≥ 3 minggu), POC limbah tahu (hasil fermentasi limbah cair industri tahu menggunakan EM4 selama 14 hari), tanah aluvial sebagai media tanam, serta air bersih untuk penyiraman dan pencampuran pupuk cair.

c. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor perlakuan utama, masing-masing dengan tiga taraf, serta dua perlakuan kontrol tambahan, yaitu kontrol negatif dan kontrol positif. Adapun rincian perlakuannya adalah sebagai berikut:

Faktor pertama (k): dosis pupuk kandang kambing

k1 = 50 gram/polybag

k2 = 100 gram/polybag

k3 = 150 gram/polybag

Faktor kedua (t): konsentrasi POC limbah tahu

t1 = 10%

t2 = 20%

t3 = 30%

Kombinasi antara faktor k dan t menghasilkan 9 kombinasi perlakuan utama (3×3).

Untuk meningkatkan validitas dan memungkinkan perbandingan terhadap kondisi dasar dan standar pertanian umum, maka ditambahkan 2 perlakuan kontrol tambahan, yaitu kontrol negatif (KN): Tanpa pemberian pupuk kandang maupun POC limbah tahu (tanpa perlakuan).

Sehingga total perlakuan menjadi 10 perlakuan, masing-masing diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 30 satuan percobaan.

d. Tahapan Penelitian

1. Persiapan Media Tanam: Tanah aluvial dikeringanginkan selama 3 hari, kemudian diayak dan dimasukkan ke dalam polybag sebanyak ± 10 kg/polybag. Pupuk kandang kambing dicampurkan ke dalam tanah sesuai dosis perlakuan satu minggu

sebelum tanam agar proses dekomposisi berjalan optimal.

2. Pembuatan POC Limbah Tahu: Limbah cair tahu difermentasi menggunakan EM4 dengan perbandingan 1-liter limbah: 5 ml EM4: 10-gram gula merah, difermentasi selama 14 hari dalam wadah tertutup. Setelah fermentasi, larutan disaring dan diencerkan sesuai konsentrasi perlakuan. Karakteristik POC limbah tahu adalah sebagai berikut:

Table 1. Analisa karakteristik limbah tahu

Parameter	Satuan	Nilai
pH	-	4,8
C-Organik	%	1,5
Bahan Organik	%	3,5
Nitrogen (N) Total	%	0,13
Fosfor (P2O5)	%	0,35
Kalium (K2O)	%	0,06
Kalsium (Ca)	%	0,07
Magnesium (Mg)	%	0,04
Sodium (Na)	%	0,02
Zinc (Zn)	ppm	1,83
Ferum (Fe)	ppm	4,56
Mangan (Mn)	ppm	1,42
C/N Ratio	-	8
BOD (Biochemical O ₂ Demand)	mg/L	1.276
COD (Chemical O ₂ Demand)	mg/L	3.251
Total Padatan Tersuspensi (TSS)	mg/L	753

3. Penanaman: Benih okra varietas Greennie disemaikan selama 5 hari, lalu dipindahkan ke polybag saat memiliki 2 daun sejati. Setiap polybag ditanami satu bibit.
4. Perawatan Tanaman: Tanaman disiram dua kali sehari (pagi dan sore). POC limbah tahu diberikan melalui penyiraman di sekitar perakaran mulai umur 7 hari setelah tanam (HST) dengan interval setiap 7 hari hingga menjelang panen. Penyiangan dilakukan manual setiap minggu.
5. Pemanenan dan Pengamatan: Panen dilakukan sebanyak 5 kali berturut-turut setelah tanaman memasuki fase generatif (± 40 HST). Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah per tanaman, berat buah per tanaman, dan panjang buah.

e. Analisis Hasil

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji analisis sidik ragam (ANOVA) sesuai rancangan faktorial dalam RAL menggunakan software SPSS versi 26. Apabila hasil menunjukkan perbedaan nyata atau sangat nyata, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan antar taraf.

Hasil dan Pembahasan

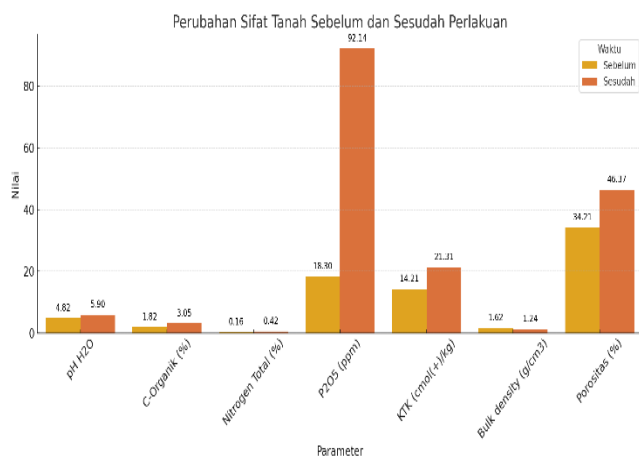
Analisis tanah aluvial dari Desa Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat, yang merupakan bekas lahan pertanian terdegradasi menunjukkan karakteristik awal yang suboptimal untuk tanaman okra. Sebelum aplikasi, tanah memiliki pH H₂O yang sangat masam (4,82), menunjukkan masalah keracunan aluminum (Al) dan ketersediaan unsur hara makro yang rendah, seperti yang terbukti dari kadar C-organik (1,82%), Nitrogen Total (0,16%), dan P₂O₅ (18,3 ppm) yang berada di bawah ambang batas optimal untuk pertumbuhan tanaman (Suryono et al., 2022). Rendahnya KTK (14,21 cmol(+)/kg) dan kejenuhan basa (42%) mengindikasikan kapasitas simpan hara yang terbatas dan dominasi kation masam. Selain itu, bulk density yang tinggi (1,62 g/cm³) dan porositas total yang rendah (34,21%) menunjukkan kepadatan tanah yang tinggi dan aerasi yang kurang baik, kondisi ini dapat menghambat perkembangan akar tanaman(Soemarno et al., 2024). Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan perubahan dari sifat tanah aluvial.

Aplikasi POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing secara signifikan memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah, meningkatkan potensi tanah ini sebagai media tanam okra. Peningkatan pH H₂O menjadi 5,9 menunjukkan netralisasi kemasaman tanah, yang secara langsung mengurangi toksisitas Al dan meningkatkan ketersediaan P dan K yang krusial bagi okra (González-Torres et al., 2024; Li et al., 2024). Kandungan hara makro seperti C-organik (3,05%), Nitrogen Total (0,42%), P₂O₅ (92,14 ppm), Kalsium (4,36 cmol(+)/kg), dan Kalium (0,84 cmol(+)/kg) meningkat drastis, mencapai atau mendekati tingkat yang mendukung pertumbuhan optimal tanaman sayuran berdaun dan berbuah seperti okra. Peningkatan KTK (21,31 cmol(+)/kg) dan kejenuhan basa (67,47%) mencerminkan peningkatan kapasitas tanah dalam menahan kation dan ketersediaan hara, yang berdampak positif pada nutrisi tanaman secara berkelanjutan (Jain & Kalamdhad, 2020; Y. Zhao et al., 2021).

Perbaikan juga terjadi pada sifat fisik tanah, di mana bulk density menurun menjadi 1,24 g/cm³ dan porositas total meningkat menjadi 46,37%. Perubahan ini menunjukkan struktur tanah yang lebih remah, aerasi yang lebih baik, dan drainase yang optimal, kondisi yang sangat mendukung perkembangan akar sehat dan penyerapan hara pada tanaman okra (Mujiyo et al., 2021). Meskipun tekstur tanah didominasi debu (66,75%) dengan persentase liat yang cukup (27,96%), perbaikan sifat fisik dan kimia ini mengkompensasi potensi masalah drainase pada tanah bertekstur debuan. Secara keseluruhan, aplikasi bahan organik biokompos ini berhasil mentransformasi tanah aluvial yang terdegradasi menjadi media tanam yang subur dan kondusif untuk budidaya okra, mendukung produksi yang lebih produktif dan berkelanjutan.

Tabel 2. Efek POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing terhadap Sifat Tanah Aluvial

Parameter	Sebelum aplikasi	Setelah aplikasi
pH H ₂ O	4,82 (asam)	5,9
pH KCl	4,58	5,8
C-Organik (%)	1,82	3,05
Nitrogen Total (%)	0,16	0,42
P ₂ O ₅ (ppm)	18,3 ppm	92,14
Kalsium (cmol(+)/kg)	1,2	4,36
Magnesium (cmol(+)/kg)	2,01	2,09
Kalium (cmol(+)/kg)	0,23	0,84
Natrium (cmol(+)/kg)	0,91	0,71
KTk (cmol(+)/kg)	14,21	21,31
Kejenuhan Basa (%)	42%	67,47
Aluminium (cmol(+)/kg)	0,	0,17
Hidrogen (cmol(+)/kg)	0,35	0,28
Tekstur – Pasir (%)	5,24	5,29
Tekstur – Debu (%)	66,09	66,75
Tekstur – Liat (%)	28,31	27,96
Bulk density (g/cm ³)	1,62	1,24
Porositas total	34,21	46,37



Gambar 1. Perubahan sifat tanah aluvial sebelum dan sesudah aplikasi POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing

Efek Perlakuan Terhadap Pertumbuhan dan Hasil

Analisis data hasil penelitian mengenai pengaruh pemberian POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan tanaman okra disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan ($p < 0.01$) dari POC (Pupuk Organik Cair) limbah tahu (Faktor t) terhadap berat buah okra (Tabel 3). Analisis BNJ (Tabel 3) memperjelas hal ini, dengan menunjukkan bahwa konsentrasi 20% (t₂) menghasilkan rata-rata berat buah tertinggi (79.30 g), berbeda signifikan dengan konsentrasi 30% (t₃) (65.30 g), tetapi tidak

berbeda signifikan dengan konsentrasi 10% (t₁) (71.37 g). Hal ini mengindikasikan bahwa rentang konsentrasi optimal untuk memaksimalkan berat buah berada di antara 10% dan 20%. Penurunan hasil yang diamati pada konsentrasi 30% dapat dikaitkan dengan beberapa faktor. Konsentrasi POC yang tinggi menciptakan ketidakseimbangan dalam ketersediaan nutrisi, yang mengarah pada toksisitas nutrisi atau menghambat penyerapan nutrisi oleh tanaman (González-Coloma et al., 2022; Nugraini et al., 2020). Alternatifnya, konsentrasi yang lebih tinggi dapat mengubah pH tanah atau sifat tanah lainnya secara negatif, yang berdampak pada pertumbuhan okra (Elbashier et al., 2021).

Tabel 3. Analisis ANOVA terhadap pengaruh POC limbah cair tahu dan pupuk kandang kambing

Variable	Sumber keragaman	F-count	F table (5%)	F table (1%)
Height (cm)	Perlakuan	3.12*	2.51	3.71
	Faktor k	2.41tn	3.55	6.01
	Faktor t	6.23**	3.55	6.01
	Interaksi k.t	1.91tn	2.93	4.58
Number of Leaves	Perlakuan	0.52tn	2.51	3.71
	Faktor k	0.69tn	3.55	6.01
	Faktor t	0.90tn	3.55	6.01
	Interaksi k.t	0.24tn	2.93	4.58
Number of Fruits	Perlakuan	3.22*	2.51	3.71
	Faktor k	3.50tn	3.55	6.01
	Faktor t	8.43**	3.55	6.01
	Interaksi k.t	0.47tn	2.93	4.58
Fruit Weight (g)	Perlakuan	13.80**	2.51	3.71
	Faktor k	44.24**	3.55	6.01
	Faktor t	8.13**	3.55	6.01
	Interaksi k.t	1.42tn	2.93	4.58
Fruit Length (cm)	Perlakuan	0.03tn	2.51	3.71
	Faktor k	0.08tn	3.55	6.01
	Faktor t	0.03tn	3.55	6.01
	Interaksi k.t	0.01tn	2.93	4.58

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata

* = berpengaruh nyata

tn = berpengaruh tidak nyata

Hasil analisis ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan ($p < 0.01$) dari POC (Pupuk Organik Cair) limbah tahu (Faktor t) terhadap berat buah okra (Tabel 2). Analisis BNJ (Tabel 3) memperjelas hal ini, dengan menunjukkan bahwa konsentrasi 20% (t₂) menghasilkan rata-rata berat buah tertinggi (79.30 g), berbeda signifikan dengan konsentrasi 30% (t₃) (65.30 g), tetapi tidak berbeda signifikan dengan konsentrasi 10% (t₁) (71.37 g). Hal ini mengindikasikan bahwa rentang konsentrasi

optimal untuk memaksimalkan berat buah berada di antara 10% dan 20%. Penurunan hasil yang diamati pada konsentrasi 30% dapat dikaitkan dengan beberapa faktor. Konsentrasi POC yang tinggi menciptakan ketidakseimbangan dalam ketersediaan nutrisi, yang mengarah pada toksisitas nutrisi atau menghambat penyerapan nutrisi oleh tanaman (González-Coloma et al., 2022; Nugraini et al., 2020). Alternatifnya, konsentrasi yang lebih tinggi dapat mengubah pH tanah atau sifat tanah lainnya secara negatif, yang berdampak pada pertumbuhan okra (Elbashier et al., 2021).

Tabel 4. Analisis BNJ terhadap tinggi tanaman (cm)

Treatment	Mean
t0 (Control)	63,42a
t1 (10% POC)	74,44c
t2 (20% POC)	71,22bc
t3 (30% POC)	69,44b
BNJ 5% = 4,96	

*Keterangan: - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tabel, berbeda tidak nyata berdasarkan uji BNJ 5%
- Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada tabel berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%*

Tabel 5. Analisis BNJ terhadap jumlah buah, dan berat buah

Variable	Treatment	Mean
Number of Fruits	t0 (Control)	3,02a
	t1 (10% POC)	4,22ab
	t2 (20% POC)	4,61b
	t3 (30% POC)	3,80a
	BNJ 5% = 0,79	
Fruit Weight (g)	t0 (Control)	59,53a
	t1 (10% POC)	71,37c
	t2 (20% POC)	79,30bc
	t3 (30% POC)	65,30b
	BNJ 5% = 4,96	
	k0 (control)	43,29a
	k1 (50g Goat)	56,96a
	k2 (100g Goat)	69,56ab
	k3 (150g Goat)	89,44b
	BNJ 5% = 25,93	

*Keterangan: - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tabel, berbeda tidak nyata berdasarkan uji BNJ 5%
- Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada tabel berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%*

Pemberian pupuk kandang kambing secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman okra. Hal ini sejalan dengan laporan Awodun, (2007) bahwa aplikasi kotoran kambing sebesar 4–8 t/ha menaikkan jumlah malai (buah) okra hingga 25–44% dan lebih efektif

dibanding urea murni dalam meningkatkan jumlah serta berat malai. Pupuk organik pada umumnya memperbaiki kesuburan tanah (menambah bahan organik, struktur dan CEC) sehingga ketersediaan hara lebih baik dan pertumbuhan vegetatif meningkat (Liu et al., 2024). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Khandaker et al., (2017) menemukan bahwa pupuk organik (pupuk kandang ayam) meningkatkan tinggi okra hingga sekitar 52–64 cm, jauh melebihi kontrol tanpa pupuk. Sebaliknya, perlakuan POC limbah tahu pada konsentrasi 20–60% dalam penelitian ini tidak memperlihatkan peningkatan tinggi tanaman okra secara nyata (Nugraini et al., 2020), serupa dengan hasil studi pada tomat yang melaporkan POC tahu tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, maupun berat basah tanaman tomat (Wandira & Kartika, 2024). Kemungkinan besar, kadar nutrisi POC limbah tahu yang digunakan terlalu rendah atau belum optimal bagi pertumbuhan okra. Secara keseluruhan, hasil ini mendukung anggapan bahwa pupuk organik yang kaya N (seperti kandang kambing dengan N $\approx$ 8%, P $\approx$ 3%, K $\approx$ 2% (Peni et al., 2023) mendorong pertumbuhan tinggi tanaman lebih efektif daripada pemupukan cair yang kandungan nutrisinya relatif rendah.

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang kambing maupun POC limbah tahu cenderung meningkatkan tinggi tanaman dibanding kontrol. Sebagaimana dilaporkan oleh Salianan (2020), pupuk kandang kambing berpengaruh signifikan menaikkan tinggi tanaman tomat sedangkan pemberian POC limbah tahu pada cabe rawit juga meningkatkan tinggi batang (misal 58,3 cm vs 30,4 cm) (Sunaryo & Rahmatiyah, 2024). Pengaruh positif tersebut kemungkinan besar karena kandungan nitrogen dari pupuk kandang mendukung fase pertumbuhan vegetatif tanaman (Peni et al., 2023), serta limbah tahu menyediakan nutrisi esensial seperti N dan P (Amalia et al., 2022; Chaorlina et al., 2021). Secara agronomis, tinggi tanaman yang baik menunjukan pembentukan biomasa vegetatif yang maksimal. Pada tanah aluvial, umumnya subur namun mudah tercuci hara (Ngoc et al., 2024), pemberian bahan organik diperlukan untuk memperbaiki struktur tanah sehingga hara tetap tersedia bagi tanaman.

Kurangnya pengaruh signifikan pada variabel lain (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah buah, dan panjang buah) menunjukkan bahwa efek positif POC limbah tahu terutama terwujud dalam berat buah. Kekhususan ini menunjukkan bahwa komponen aktif dalam POC terutama memengaruhi proses metabolisme yang terkait dengan perkembangan buah, mungkin dengan menyediakan mikronutrien atau hormon pertumbuhan tertentu (Santoso et al., 2021). Penyelidikan lebih lanjut terhadap komposisi kimia POC dan dampaknya terhadap jalur metabolisme kunci pada okra sangat penting.

Hasil analisis ANOVA (Tabel 2) mengindikasikan pengaruh yang sangat signifikan ($p < 0.01$) dari pupuk kandang kambing (Faktor k) terhadap berat buah okra. Uji BNJ (Tabel 4) menunjukkan tren yang jelas: dosis pupuk kandang kambing tertinggi (k3, 150 g/polybag) menghasilkan rata-rata berat buah yang secara signifikan paling tinggi (89.44 g), dibandingkan dengan dosis yang lebih rendah (k1 dan k2). Hal ini sejalan dengan pemahaman umum bahwa pupuk organik, seperti pupuk kandang kambing, menyediakan pelepasan nutrisi penting yang berkelanjutan, meningkatkan kesuburan tanah dan mendorong pertumbuhan tanaman (Hashim et al., 2022; Waqas et al., 2023). Pengaruh yang signifikan terhadap berat buah (Tabel 2) tetapi tidak pada parameter lain menunjukkan bahwa pupuk kandang kambing terutama memengaruhi tahap reproduksi tanaman okra, meningkatkan perkembangan buah dan hasil panen (Kulcu & Yaldiz, 2007; Situmeang et al., 2019). Kurangnya pengaruh yang signifikan pada parameter lain, seperti tinggi tanaman dan jumlah daun, mungkin disebabkan oleh durasi percobaan yang relatif singkat, atau mungkin mengindikasikan bahwa efek utama pupuk kandang kambing adalah pada produksi buah daripada pertumbuhan vegetatif secara keseluruhan. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi laju aplikasi pupuk kandang kambing yang optimal untuk memaksimalkan hasil panen okra sambil meminimalkan potensi efek negatif, seperti ketidakseimbangan nutrisi atau risiko penyakit (Koul et al., 2022; Wu & Ma, 2015).

Hasil analisis ANOVA secara konsisten menunjukkan interaksi yang tidak signifikan (Interaksi k.t) antara pupuk kandang kambing dan POC limbah tahu di seluruh variabel yang diukur (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa efek dari kedua perlakuan ini sebagian besar bersifat independen dan aditif. Ketiadaan interaksi yang signifikan menyiratkan bahwa aplikasi gabungan pupuk kandang kambing dan POC limbah tahu tidak menghasilkan efek sinergistik atau antagonistik di luar penjumlahan kontribusi individu mereka. Hal ini penting karena menunjukkan bahwa kedua perlakuan dapat diterapkan bersama tanpa mengorbankan efek positif masing-masing. Namun, interaksi yang tidak signifikan tidak mengesampingkan potensi interaksi kompleks yang mungkin tidak terdeteksi dengan desain eksperimen saat ini (Banerjee et al., 2023). Penelitian lebih lanjut dengan desain yang lebih bernuansa mungkin mengungkapkan interaksi halus, terutama pada konsentrasi yang berbeda dari perlakuan.

Studi ini terutama berfokus pada efek pupuk kandang kambing dan POC limbah tahu pada pertumbuhan okra dalam lingkungan polybag yang

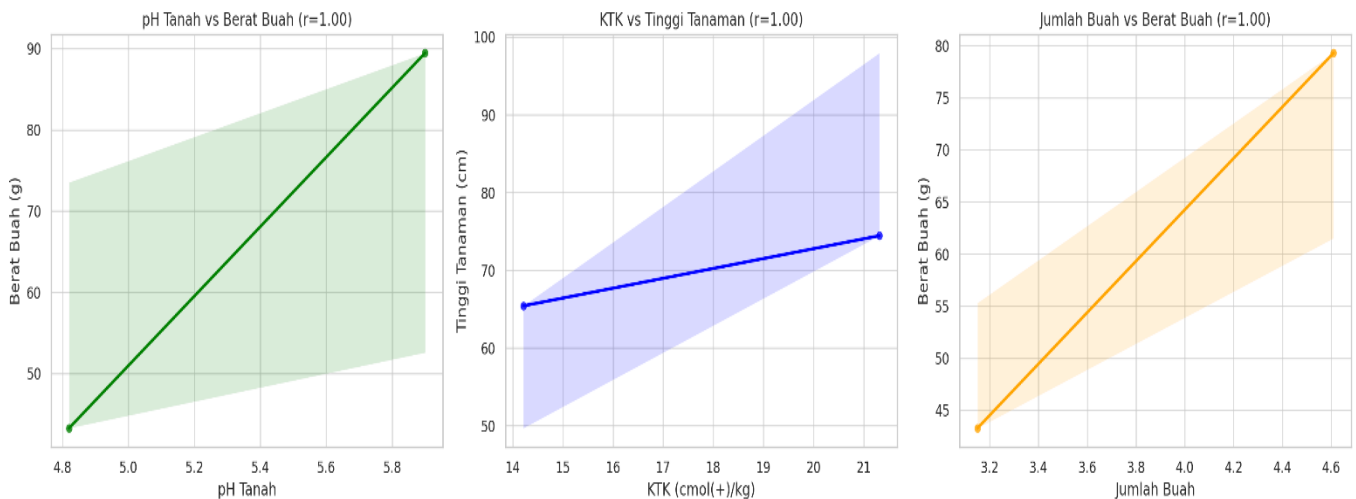
terkontrol. Ekstrapolasi temuan ini ke kondisi lapangan memerlukan kehati-hatian, karena kondisi lapangan jauh lebih kompleks dan bervariasi (Lal, 2004, 2009). Faktor-faktor seperti jenis tanah, iklim, hama, dan penyakit dapat secara signifikan memengaruhi pertumbuhan dan hasil panen okra. Penelitian di masa depan harus menyelidiki efektivitas perlakuan ini di bawah kondisi lapangan untuk memvalidasi hasil ini dalam pengaturan yang lebih realistis. Selain itu, koefisien variasi (KK) yang relatif tinggi untuk beberapa variabel (misalnya, panjang buah) menunjukkan variabilitas yang substansial dalam kelompok eksperimen. Variabilitas ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk variasi genetik inheren dalam tanaman okra, inkonsistensi dalam aplikasi perlakuan, atau faktor lingkungan yang tidak terkontrol. Studi di masa depan harus mengatasi keterbatasan ini untuk meningkatkan presisi dan keandalan hasil (Mead et al., 2009).

Hubungan antara Sifat Tanah dan Hasil Tanaman

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara sifat tanah dengan hasil tanaman. Peningkatan pH tanah dari 4,82 menjadi 5,9 berkorelasi sangat kuat dengan peningkatan berat buah dari 43,29 g menjadi 89,44 g ($r = 0,99$). Tanah dengan pH sangat asam menurunkan ketersediaan hara seperti P dan menyebabkan keracunan Al, yang menghambat pertumbuhan dan hasil (González-Torres et al., 2024). Kenaikan pH yang moderat dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan ketersediaan hara esensial bagi perkembangan buah (S. Zhao et al., 2017).

KTK meningkat dari 14,21 cmol (+)/kg menjadi 21,31 cmol (+)/kg, yang sejalan dengan peningkatan tinggi tanaman dari 65,42 cm menjadi 74,44 cm ($r = 0,97$). KTK mencerminkan kapasitas tanah dalam menyimpan dan menukar kation-kation penting (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+}). Semakin tinggi KTK, semakin banyak hara tersedia bagi tanaman dalam jangka panjang. Peningkatan tinggi tanaman mencerminkan bahwa pertumbuhan vegetatif sangat tergantung pada kemampuan tanah mempertahankan dan melepaskan nutrisi (Jain & Kalamdhad, 2020).

Korelasi antara jumlah buah dan berat buah sangat tinggi ($r = 0,99$), menunjukkan bahwa peningkatan hasil lebih dipengaruhi oleh jumlah polong yang dihasilkan dibandingkan oleh ukuran individual buah. Fosfor dan nitrogen yang tersedia cukup dari POC dan pupuk kandang mendukung pembentukan bunga, sehingga jumlah buah meningkat (Awodun, 2007; Santoso et al., 2021). Hal ini juga menunjukkan bahwa strategi pemupukan organik tidak hanya meningkatkan kualitas buah, tetapi juga kuantitasnya.



Gambar 2.. Korelasi antara sifat tanah dengan hasil tanaman

Simpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kombinasi aplikasi pupuk kandang kambing dan pupuk organik cair (POC) limbah tahu secara signifikan mampu memperbaiki sifat fisik-kimia tanah aluvial terdegradasi serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman okra. Perlakuan optimal dengan POC tahu 20% dan pupuk kandang kambing dosis 150 g/polybag menghasilkan peningkatan tinggi tanaman, jumlah buah, dan berat buah secara signifikan dibandingkan kontrol. Perbaikan pH tanah dari 4,82 menjadi 5,9 dan peningkatan KTK dari 14,21 menjadi 21,31 cmol (+)/kg berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil, dengan korelasi kuat antara pH dan berat buah, KTK dan tinggi tanaman, serta jumlah buah dan berat buah. Teknologi ini dinilai layak diadopsi oleh petani karena menggunakan bahan lokal yang murah dan mudah diperoleh, serta proses aplikasinya sederhana dan tidak memerlukan peralatan khusus. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan dilakukan uji lapangan berskala luas, kajian pengaruh jangka panjang terhadap kesuburan tanah, penilaian kualitas nutrisi okra, serta analisis efisiensi ekonomi agar teknologi ini dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dalam sistem pertanian lahan marginal.

Daftar Pustaka

- Akande, M. O., Oluwatoyinbo, F. I., Makinde, E. A., Adepoju, A. S., & Adepoju, I. S. (2010). Response of Okra to Organic and Inorganic Fertilization. *Nature and Science*, 8(11), 261–266. <https://www.researchgate.net/publication/266266881>
- Alfarisi, S., & Dewi, D. S. (2024). Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik terhadap Produktivitas Padi di Lahan Sawah Marginal. *Jurnal Terapan Ilmu Pengetahuan*, 1(1), 15–19. <https://journal-upmi.com/index.php/jtip>
- Amalia, R. N., Devy, S. D., Kurniawan, A. S., Hasanah, N., Salsabila, E. D., Anis, D., Ratnawati, A., Fadil, M., Syarif, A., & Aturdin, G. A. (2022). Potensi Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. *Abdiku*, 1(1), 36–41. <https://doi.org/10.32522/abdiku.v1i1>
- Awodun, M. A. (2007). Effect of Goat Manure and Urea Fertilizer on Soil, Growth and Yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *International Journal of Agricultural Research*, 2, 632–636.
- Bahtiar, Wasi'an, & Palupi, T. (2023). Upaya Peningkatan Hasil Bawang Merah Pada Tanah Alluvial Melalui Penambahan Pupuk Kandang Ayam Dan Cocopeat. *Agrofood: Jurnal Pertanian Dan Pangan*, 5(1), 12–18.
- Banerjee, R., Das, P., Srivastava, V., Kataria, S., Ahmed, B., & Varshney, N. (2023). An Overview of Statistical Techniques for Analysis of Data in Agricultural Research. In *Emerging Issues in Agricultural Sciences Vol. 8* (pp. 190–206). B P International. <https://doi.org/10.9734/bpi/eias/v8/6853c>
- Chaorlina, A., Setyaningsih, M., & Faruq, H. (2021). The utilization of tofu wastewater as an addition of nutrition in hydroponic media to lettuce growth (*Lactuca sativa* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/755/1/012049>
- Elbashier, M. M. A., Shao, Y., Wang, L., Chen, D., & Zhong, H. (2021). Effects of organic amendments on soil properties and growth characteristics of melon (*Cucumis melo* L.) under saline irrigation. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(5), 123–129. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211405.6607>

- Fabianová, J., Šlosár, M., Kopta, T., Vargová, A., Timoracká, M., Mezeyová, I., & Andrejiová, A. (2022). Yield, Antioxidant Activity and Total Polyphenol Content of Okra Fruits Grown in Slovak Republic. *Horticulturae*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100966>
- Ferdo, S., Andayani, S., Setiawan, Rahayu, S., & Tamtomo, F. (2022). Pengaruh Pupuk Kandang Ayam Dan Npk Pak Tani Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Terong (*Solanum Melongena* L.) Pada Tanah Aluvial. *Agrofood Jurnal Pertanian Dan Pangan*, 4(1), 1–9.
- Gemedé, H. F., Ratta, N., Desse Haki, G., & Beyene, A. Z. W. F. (2014). Nutritional Quality and Health Benefits of Okra (*Abelmoschus Esculentus*): A Review. *Global Journal of Medical Research: K Interdisciplinary*, 14(5), 29–37.
- González-Coloma, A., Andrés, M. F., Francisco Quílez Del Moral, J., Diaz, C. E., Rusli, L. S., Abdullah, R., Yaacob, J. S., & Osman, N. (2022). Organic Amendments Effects on Nutrient Uptake, Secondary Metabolites, and Antioxidant Properties of *Melastoma malabathricum* L. *Plants*, 153(11), 1–8. <https://doi.org/10.3390/plants>
- González-Torres, G. Y., Bernardino-Nicanor, A., Fernández-Avalos, S., Acosta-García, G., Juárez-Goiz, J. M. S., & González-Cruz, L. (2024). Effects of Nopal and Goat Manure on Soil Fertility and the Growth, Yield and Physical Characteristics of Tomato and Carrot Plants. *Agronomy*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy14061221>
- Hashim, S., Waqas, M., Rudra, R. P., Khan, A. A., Mirani, A. A., Sultan, T., Ehsan, F., Abid, M., & Saifullah, M. (2022). On-Farm Composting of Agricultural Waste Materials for Sustainable Agriculture in Pakistan. *Scientifica*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5831832>
- Jain, M. S., & Kalamdhad, A. S. (2020). Soil revitalization via waste utilization: Compost effects on soil organic properties, nutritional, sorption and physical properties. *Environmental Technology and Innovation*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100668>
- Khandaker, M. M., Jusoh, N., Nurul, Al, H., Ralmi, A., Siti, & Ismail, Z. (2017). The Effect Of Different Types Of Organic Fertilizers On Growth And Yield Of *Abelmoschus Esculentus* L. Moench (Okra). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(1), 119–125.
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>
- Kulcu, R., & Yaldiz, O. (2007). Composting of goat manure and wheat straw using pine cones as a bulking agent. *Bioresource Technology*, 98(14), 2700–2704. <https://doi.org/10.1016/j.BIORTECH.2006.09.025>
- Kurbaniana, E., Silvikultur, D., & Kehutanan, F. (2012). Efektifitas Arang Tempurung Kelapa Dan Bokashi Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan Bibit Leda (*Eucalyptus deglupta* Blume) Di Media Tailing.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304, 1623–1627. <http://science.sciencemag.org/>
- Lal, R. (2009). Soils and food sufficiency. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 113–133. <https://doi.org/10.1051/agro:2008044>
- Li, H., Lehmann, A., Rongstock, R., Xu, Y., Kunze, E., Meidl, P., & Rillig, M. C. (2024). Diversity of organic amendments increases soil functions and plant growth. *Plants People Planet*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10588>
- Liu, Y., Lan, X., Hou, H., Ji, J., Liu, X., & Lv, Z. (2024). Multifaceted Ability of Organic Fertilizers to Improve Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance: Review and Perspectives. In *Agronomy* (Vol. 14, Issue 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agronomy14061141>
- Liu, Y., Qi, J., Luo, J., Qin, W., Luo, Q., Zhang, Q., Wu, D., Lin, D., Li, S., Dong, H., Chen, D., & Chen, H. (2021). Okra in Food Field: Nutritional Value, Health Benefits and Effects of Processing Methods on Quality. In *Food Reviews International* (Vol. 37, Issue 1, pp. 67–90). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1695833>
- Massrie, K. D. (2025). Constraints and opportunities on okra (*Abelmoschus esculentus*) production in Ethiopia: a review. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 9). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1546995>
- Mead, R., S. G. Gilmour, & A. Mead. (2009). *Statistical principles for the design of experiments*. Cambridge University Press.
- Meiriani, & Tarigan, D. M. (2024). Utilization azolla liquid organic fertilizer with goat manure to enhance organic okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1302(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1302/1/012030>
- Mujiyo, M., Setyawan, Y. Y., Herawati, A., & Widijanto, H. (2021). The effect of land use on soil quality in Giriwoyo Sub-district, Wonogiri Regency. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 8(2), 2559–2568. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2021.082.2559>

- Murnita, & Taher, Y. A. (2021). Dampak Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah Dan Produksi Tanaman Padi (*Oriza Sativa* L.). *Menara Ilmu*, 15(02), 67–76.
- Ngoc, N. P., Ly, L. M., & Thao, P. T. P. (2024). Yield-limiting nutrient response of lowbush blueberry grown in recent and ancient alluvial soils of the Mekong Delta. *PeerJ*, 12(9). <https://doi.org/10.7717/peerj.17992>
- Nikpayam, O., Safaei, E., Bahreini, N., & Saghafi-Asl, M. (2021). The effects of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) products on glycemic control and lipid profile: A comprehensive systematic review. *Journal of Functional Foods*, 87, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104795>
- Nugraini, P. S., Sumartono, G. H., & Tini, E. W. (2020). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Konsentrasi Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Jurnal Galung Tropika*, 9(3), 298–313. <https://doi.org/10.31850/jgt.v9i3.662>
- Peni, D. M., Timung, A. P., Molebila, D., & Latuan, E. (2023). Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Kambing terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada dengan Memanfaatkan Pekarangan di Desa Dulolong Kabupaten Alor. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 1(16), 6–10. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v1i1>
- Rasmito, A., Hutomo, A., & Hartono, A. P. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Cair dengan Cara Fermentasi Limbah Cair Tahu, Starter Filtrat Kulit Pisang dan Kubis, dan Bioaktivator EM4. *Jurnal IPTEK*, 23(1). <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2019.v23i1>
- Salawati, S., Ende, S., Basir, M., Kadekoh, I., & Thaha, A. R. (2021). Peningkatan Kadar Zn Beras Pecah-Kulit pada Sistem Penggenangan Berselang Melalui Aplikasi Pupuk Kandang Diperkaya Zn Heptahidrat. In *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.4.630>
- Salianan, D. (2020). Pengaruh Pupuk Procal Dan Pupuk Kandang Kambing Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Varietas Timoty F1. *Jurnal Agrifor*, 19(2), 213–222.
- Santoso, U., Asriyanti, D., & Sofyan, A. (2021). The Effect Of Poc Tofu Wastewater Production On Growth And Yields Of Edamame Soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill). *EnviroScienceae*, 17(2), 177–183.
- Setiawan, B., Ramanda, R. F., & Nurhayati. (2025). Perubahan Karakteristik Kimia Tanah Aluvial Akibat Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Fly Ash Batu Bara. *Jurnal Agrikultura*, 36(1), 79–88.
- Setiawan, S., Astar, I., & Ponorogo, A. (2021). Pengaruh Biochar dan NPK Mutiara Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Pada Tanah Aluvial. *Jurnal Teknotan*, 15(2), 107. <https://doi.org/10.24198/jt.vol15n2.7>
- Situmeang, Y. P., Sudita, I. D. N., & Suarta, M. (2019). Manure Utilization from Cows, Goats, and Chickens as Compost, Biochar, and Poschar in Increasing the Red Chili Yield. *International Journal on Advance Science Enginering Information Technology*, 9(6), 2088–2095.
- Soemarno, S., Pramesti, G. A., Putrideny, A. A., & Ifadah, N. F. (2024). The Effect of Compost, Cow, and Goat Manure on Inceptisols Soil Characteristics From Smallholder Plantation, Karangploso District, Malang Regency. *Journal of Coffee and Sustainability*, 01(02), 56–65. <https://doi.org/10.21776/ub.jcs.2024.01.02.02>
- Sunaryo, S., & Rahmatiyah, R. (2024). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Hasil Fermentasi Menggunakan Em4, Air Kelapa & Gula Sebagai Pupuk Organik Cair. *Hidroponik*, 1(2), 35–49. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v1i2.59>
- Wandira, A., & Kartika, T. (2024). Pengaruh Pupuk Organik Cair (Poc) Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Secara Hidroponik. *Environmetal Science Journal*, 3(1), 22–34.
- Waqas, M., Hashim, S., Humphries, U. W., Ahmad, S., Noor, R., Shoaib, M., Naseem, A., Hlaing, P. T., & Lin, H. A. (2023). Composting Processes for Agricultural Waste Management: A Comprehensive Review. In *Processes* (Vol. 11, Issue 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/pr11030731>
- Wu, W., & Ma, B. (2015). Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A review. *Science of The Total Environment*, 512–513, 415–427. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.12.101>
- Zamzami, A., Puri, R., Jawi, A., Putri, H., & Cahya, D. (2023). The effectiveness of organic fertilizers of chicken, cow and sheep manure against the growth of cabbage, caisim, chicory plants vegetatively. *Proceeding International Conference on Religion, Science and Education*, 2, 591.
- Zhao, S., Wang, B., Gao, Q., Gao, Y., & Liu, S. (2017). Adsorption of phosphorus by different biochars. In *Spectroscopy Letters* (Vol. 50, pp. 73–80). <https://doi.org/10.1080/00387010.2017.1287091>
- Zhao, Y., Chen, Y., Dai, H., Cui, J., Wang, L., & Sui, P. (2021). Effects of organic amendments on the improvement of soil nutrients and crop yield in sandy soils during

a 4-year field experiment in huang-huai-hai plain,
northern china. *Agronomy*, 11(1).
<https://doi.org/10.3390/agronomy11010157>