Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Effectiveness of Tofu Wastewater Liquid Organic Fertilizer on Okra Growth in Peat Soil

Valencia Vivin*, Elvi Rusmiyanto Pancaning Wardoyo, Zulfa Zakiah
Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia;

Article History
Received : August 11th, 2026
Revised : November 13th, 2026
Accepted : November 23th, 2026

*Corresponding Author:
Valencia Vivin, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia;
Email: valenciavivin07@gmail.com

Abstract: Peat soils present considerable challenges for crop production because their high acidity and poor nutrient status can restrict plant development. Addressing these conditions requires appropriate nutrient management to improve the growing environment for okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). This research investigated the application of liquid organic fertilizer (LOF) formulated from tofu-processing effluent and assessed its concentration response in okra cultivated in peat media. A laboratory-scale cultivation experiment was carried out between October and December 2025, following a Completely Randomized Design consisting of five fertilizer levels: 0%, 10%, 20%, 30%, and 40%. Each treatment was replicated three times. Growth performance was assessed through plant height, leaf production, stem thickness, chlorophyll concentration, shoot and root biomass under fresh and dry conditions, and the shoot-to-root ratio. Statistical evaluation employed parametric or non-parametric procedures according to the outcomes of data normality testing. Among the concentrations examined, the 40% LOF treatment produced the greatest mean values for plant height, chlorophyll a concentration, and fresh shoot biomass. These findings indicate that tofu wastewater can be considered a potential raw material for liquid organic fertilizer in okra cultivation on peat soil.

Keywords: *Abelmoschus esculentus*; Liquid organic fertilizer; Peat soil; Tofu wastewater.

Pendahuluan

Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) tergolong komoditas hortikultura anggota famili Malvaceae yang dikonsumsi sebagai sumber pangan berkat kandungan nutrisi dan khasiatnya bagi kesehatan (Millah *et al*., 2022). Buah okra mempunyai tanin yang bisa berkontribusi terhadap perbaikan jaringan yang terluka (Chandra *et al*., 2022), dan metabolit sekunder berupa alkaloid, kemudian terpenoid sampai flavonoidnya (Priyanto *et al*., 2023). Komposisi nutrisi dalam 100 gram okra terdiri atas kadar air 88,6 gram, protein 2,1 gram, karbohidrat 8,2 gram, serat 1,7 gram, vitamin C 23 ml, dan energi mencapai 26 kilokalori (Gemede *et al*., 2015).

Kemampuan beradaptasi pada beragam kondisi lingkungan dan toleransinya terhadap kekeringan mendukung potensi pengembangan okra di Indonesia. Produksi okra nasional meningkat awalnya 1.131,7 ton bisa ke 1.360 ton pada 2014 (Arifiana *et al*., 2020). Kalbar sendiri produksi okra merosot turun mencapai 3,02%, dari 13.352,5 ton pada 2021 menjadi sekitar 13.000 ton pada 2022 (BPS Kalimantan Barat, 2023). Kondisi tersebut berhubungan dengan praktik budidaya yang belum optimal, termasuk pengelolaan pemupukan (Anjasmara *et al*., 2025).

Kalimantan Barat memiliki lahan gambut yang luasnya 1.543.752 hektar yang punya sebuah potensi dipakai untuk kegiatan tani (BPS Kalimantan Barat, 2016). Penggunaan kawasan gambut untuk kegiatan budidaya terkendala oleh reaksi tanah yang sangat masam, minimnya kandungan nutrisi, struktur berongga, dan kapasitas retensi air yang relatif rendah. Karakteristik tersebut bisa menghambat pertumbuhan tanaman (Pradana *et al*., 2023). Perbaikan kualitas lahan gambut perlu dilaksanakan guna mengoptimalkan karakteristik media tanam dan menunjang kecukupan nutrisi

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

yang dibutuhkan selama pertumbuhan vegetatif tanaman.

Pupuk organik cair (POC) bisa dimanfaatkan sebagai salah satu bahan untuk mendukung pengelolaan tanah gambut. Ahmad *et al*. (2024) menjabarkan bahwa POC mengandung senyawa organik, unsur hara, dan mikroorganisme yang berpotensi memengaruhi pH tanah, aktivitas perombakan materi organik dan kandungan zat hara. Menurut Suriadikarta (2006), pemberian pupuk berbasis organik mampu memperkaya materi organik dalam tanah sekaligus merangsang perkembangan mikroorganisme. Air buangan industri tahu bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku POC lantaran masih menyimpan nutrisi yang bernilai bagi tanaman dan belum diolah secara maksimal (Suhairin *et al*., 2020).

Limbah cair tahu memiliki nitrogen, fosfor sampai kalium yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber hara bagi tanamannya (Aliyenah *et al*., 2015). Fermentasi bahan tersebut bisa mengubah karakteristik bahan organik dan meningkatkan ketersediaan sebagian unsur hara (Amin *et al*., 2017). Pengolahan air sisa produksi tahu menjadi pupuk organik cair turut menekan risiko pencemaran akibat pelepasan buangan tanpa pengolahan ke ekosistem sekitar.

Sejumlah kajian telah melaporkan penggunaan POC untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Alfatih *et al*. (2025) mengungkapkan bahwa pemberian POC Jakaba dengan dosis 70 mL/L memberi hasil pertumbuhan okra paling optimal. Lestari *et al*. (2022) menemui bahwa POC berbahan kulit buah pada konsentrasinya 85 mL/L menambah percepat waktu berbunga okra merah yang ditanam di tanah gambut. Aliyenah *et al*. (2015) melaporkan peningkatan berat basahnya dan berat keringnya kangkung darat setelah pemberian POC limbah cair tahu pada konsentrasi 15%. Darmawan (2021) kajiannya menjabarkan dimana aplikasi pupuk organik cair dengan bahan buangan industri tahu mencapai 90 mL pada setiap tanaman memberi capaian pertumbuhan dan hasil panen kacang hijau tertinggi.

Hasil kajian sebelumnya menemui dimana respons tanaman terhadap POC bisa berbeda menurut bahan baku, konsentrasi, jenis tanaman, dan kondisi media tanam. Kajian mengenai pemakaian POC limbah cair tahu pada tanaman okra yang dibudidayakannya di tanah gambut masih terbatas. Kajian ini dijalankan guna menguji pengaruhnya berbagai konsentrasi POC limbah cair tahu kepada pertumbuhannya okra serta menentukan konsentrasi yang menghasilkan respons terbaik di antara perlakuan yang diuji.

Bahan dan Metode

Alat dan bahan

Alat yang dimanfaatkan yakni gelas ukur, gembor, sprayer, polybag, timbangan analitik, jangka sorong (*vernier caliper*), spektrofotometer, oven, dan soil tester. Bahan kajian terdiri atas benih okra (*Abelmoschus esculentus*) varietas Devana F1, tanah gambut, limbah cair tahu, EM-4, gula merah, dolomit, pupuk kandang kotoran walet, rockwool, aseton 80%, dan air bersih.

Metode Penelitian

Kegiatan eksperimentalnya dijalankan tiga bulan, mulai Oktober hingga Desember 2025, dengan tempat pengamatan di rumah kasa dan Laboratorium Biologi, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Pengujian disusun memakai metode RAL yang melibatkan lima taraf pengenceran pupuk organik cair, yakni 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Tiap taraf diuji mencapai tiga kali, menghasilkan 15 satuan pengamatan. Satu satuan percobaan ditempatkan dalam sebuah polybag yang ditanami satu individu okra. Tiap unit percobaan berupa satu polybag berukuran 40 × 40 cm yang berisi satu bibit okra (15 polybag), alhasil setiap polybag diperlakukan sebagai satu ulangan independen. P1 (0% POC) merupakan kontrol tanpa POC, bukan kontrol tanpa input hara, karena seluruh perlakuan menerima media dasar berupa dolomit dan pupuk kandang walet.

Tahap pembuatan pupuk organik cair (POC)

POC dibuat dengan memfermentasi 20 L limbah cair tahu yang ditambahkan 660 mL larutan gula merah (dibuat dari 0,5 kg gula merah) dan 135 mL EM-4. Fermentasi berlangsung selama 14 hari. Kandungan unsur hara POC selanjutnya diuji oleh lab Fakultas Pertanian bidang Ilmu Tanah di Lab Pengujian Kimia dan Kesuburan Tanah, Prodi Ilmu Tanah, Fapet, Universitas Tanjungpura. Parameter yang dianalisis meliputi pH, C-organik, N-total, P, K, Ca, dan Mg. Fermentasi dilaksanakan dalam ember yang ditutup rapat dan diletakkan di tempat teduh dengan komposisi 96,17% limbah cair tahu, 3,17% larutan gula merah, dan 0,65% EM-4. POC dinyatakan matang apabila beraroma

seperti tapai, berwarna kuning kecokelatan, tidak berbusa berlebihan, dan tidak berbau busuk (Suryati *et al*., 2019). Saat pembuatan POC suhu fermentasi tidak diukur, pengadukan hanya dilaksanakan pada hari pertama pembuatan, dan POC tidak disaring sebelum diaplikasikan ke tanaman.

Persiapan Media Tanam dan Penanaman

Media tanam disiapkan dengan mencampurkan 3 kg tanah gambut, 146,1 g dolomit, dan 200 g pupuk kandang kotoran walet. Campuran tersebut diinkubasi selama dua minggu. Biji okra terlebih dahulu dicelupkan ke air bersuhu hangat selama 6–12 jam, lalu dikecambahkan pada rockwool selama tujuh hari. Bibit selanjutnya dipindahkan ke polybag berukuran 40 × 40 cm. Seluruh perlakuan, termasuk P1 (0% POC), diberikan perlakuan dengan ditambahnya dolomit dan pupuk kandang walet dengan dosis yang sama. Dosis dolomit yang ditetapkan berdasar kepada analisa kebutuhan kapur tanah gambut (LPKKT Faperta UNTAN). Untuk menaikkan pH dari 4,01 menjadi 6,5 diperlukan 4,87 g $CaCO_3$ per 100 g tanah, alhasil untuk 3 kg gambut digunakan 146,1 g (4,87 g × 30).

Aplikasi POC dan Pemeliharaan Tanaman

POC diberikan mencapai 90 mL per tanaman setiap lima hari, mulai umur 8 hingga 33 hari setelah tanam. Konsentrasi larutan disesuaikan dengan perlakuan. Perawatan selama masa budidaya dilaksanakan dengan memberi air secara berkala dan membersihkan tumbuhan pengganggu memakai tangan. Pengambilan hasil tanaman dilaksanakan ketika mencapai usia 38 HST. Campuran pupuk disiapkan dengan menambahkan air ke dalam POC pekat berdasar kepada rasio volume (v/v), sedangkan kelompok kontrol memperoleh 90 mL air tanpa pupuk pada waktu pemberian yang seragam. Larutan setiap perlakuan disiapkan mencapai 400 mL (P2: 40 mL POC, P3: 80 mL, P4: 120 mL, dan P5: 160 mL, masing-masing ditambah air hingga 400 mL), melebihi kebutuhan yakni 270 mL per perlakuan (3 tanaman × 90 mL), untuk menjaga homogenitas pencampuran dan untuk menyediakan cadangan agar setiap tanaman menerima volume yang seragam, yakni tepat 90 mL. Larutan disiramkan ke tanah memakai gembor pada pagi jam 07.00 atau sore hari 16.00 WIB. Pengaplikasian mencapai enam kali aplikasi (umur 8, 13, 18, 23, 28, dan 33 hari setelah tanam) masing-masing mencapai 90 mL, setiap tanaman menerima total 540 mL larutan, yakni sekitar 54 mL (P2), 108 mL (P3), 162 mL (P4), dan 216 mL (P5) POC murni.

Pengamatan Parameter

Parameter pengamatannya memakai tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, kandungan klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil total, berat basah tajuk, berat basah akar, berat kering tajuk, berat kering akar, dan rasio tajuk-akarnya. Kandungan klorofil dianalisa memakai metode Arnon (1949), dengan aseton 80% sebagai pelarut dan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombangnya 663 serta 645 nm. Mencapai 0,4 g daun segar digerus dengan mortar dan diekstraksi dengan 10 mL aseton 80% (Arshad *et al*., 2023). Sampel memakai organ daun muda yang telah mengembang sepenuhnya (daun ke-3 dan 4 dari pucuknya) dengan tulang daun utama dibuang.

Penggerusan manual dilaksanakan secara konstan selama 10 menit hingga ampas daun memutih, pada suhu ruang dengan cahaya yang minimal (wadah dilapisi aluminium foil) untuk mencegah degradasi pigmen. Blanko berupa aseton 80% tanpa sampel daun yang digunakan untuk kalibrasi awal spektrofotometer. Penentuan kandungan klorofil dalam sampel dilaksanakan dengan mengacu pada metode Arnon (1949) dimana klorofil a = 12,7 A663 − 2,69 A645, klorofil b = 22,9 A645 − 4,68 A663, dan klorofil total = 8,02 A663 + 20,2 A645. Konsentrasi pigmen klorofil *a*, *b*, dan total ditetapkan berdasar kepada nilai absorbansi yang terbaca pada panjang gelombangnya 663 dan 645 nm. Data absorbansi tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan perhitungan masing-masing pigmen.

Nilai konsentrasi yang diperoleh dalam satuan mg/L selanjutnya dinyatakan sebagai kandungan klorofil per gram berat basah memakai perhitungan C × V × DF/m. Pada perhitungan tersebut, C merupakan konsentrasi pigmen hasil analisa (mg/L), V ialah volume larutan ekstrak mencapai 0,01 L, DF mencerminkan tingkat pengenceran dengan nilai 1 karena larutan tidak mengalami pengenceran, sedangkan m merujuk pada bobot bahan tanaman yang dianalisis, yakni 0,4 g. Hasil akhir dinyatakan dalam satuan mg/g berat basah.

Analisis Data

Data dianalisis berdasar kepada hasil uji normalitas dan homogenitas. Normalitas diuji

memakai Shapiro–Wilk dan Kolmogorov–Smirnov dengan koreksi Lilliefors, sedangkan homogenitas ragam diuji memakai uji Levene. Pengolahan statistiknya mengacu ke hasil pengujian prasyarat. Apabila sebaran data bersifat normal dan varians antarkelompok bersifat seragam, pengujian dilaksanakan dengan ANOVA satu faktor, disertai analisa lanjutan Duncan. Apabila distribusi data normal, tetapi varians mencerminkan ketidaksamaan, digunakan Welch ANOVA yang diteruskan dengan prosedur Games–Howell. Adapun data dengan distribusi tidak normal dievaluasi memakai metode nonparametrik Kruskal–Wallis. Seluruh pengujian memakai taraf nyata 5%. Apabila ANOVA Welch signifikan tetapi uji lanjut Games–Howell tidak mendeteksi perbedaan antarpasangan, bukti perbedaan antarperlakuan dinyatakan terbatas.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Perolehan analisa kandungan unsur hara POC limbah cair tahu disajikan berdasar kepada pengujian laboratorium dan konversi hasil analisa P serta K menjadi P_2O_5 dan K_2O dengan mengacu pada Eviati dan Sulaeman (2009). Data pertumbuhan, kandungan klorofil, dan biomassa tanaman okra disajikan sebagai nilai rerata setiap perlakuan beserta hasil pengujian statistik. Karakteristik pupuk organik cair (POC) dievaluasi berdasar kepada persyaratan teknis minimal dalam Permentan No 70/Permentan/SR.140/10/2011 (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2011). Meskipun peraturan tersebut telah dicabut melalui Permentan No 01 Tahun 2019, peraturan tersebut tetap digunakan sebagai pembanding indikatif dalam kajian ini, bukan sebagai standar regulasi yang masih berlaku. Analisa POC dijalankan di Lab Pengujian Kimia dan Kesuburan Tanah, Prodi Ilmu Tanah, Fapet, Universitas Tanjungpura, mulai dari pH, C-organik, N-total, dan P, K, Ca, dan Mg yang diekstraksi dengan HNO_3 (ppm), ekstraksi ini terpisah dari ekstraksi pigmen klorofil dengan aseton. P dan K dikonversi menjadi P_2O_5 dan K_2O dengan rumus Eviati dan Sulaeman (2009) yakni: % P_2O_5 = P (ppm) × 2,29/10.000 dan % K_2O = K (ppm) × 1,2046/10.000, alhasil P = 382,83 ppm menjadi 0,087% P_2O_5 dan K = 1.025,10 ppm menjadi 0,124% K_2O. Seluruh analisa kimia POC dilaksanakan oleh pihak laboratorium.

Tabel 1. Analisa Kandungan Nutrisi POC Limbah Cair Tahu (standar mutu: Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011)

Parameter	Simbol	Satuan	Hasil uji	Standar mutu	Status mutu
pH	pH	–	3,58	4–9	Tidak memenuhi
Karbon organik	C	%	0,48	min. 6	Tidak memenuhi
Nitrogen total	N	%	0,06	3–6	Tidak memenuhi
Rasio C/N	C/N	–	8,00	–	Tidak ada acuan
Hasil ekstraksi HNO_3					
Fosfor	P_2O_5	%	0,087	3–6	Tidak memenuhi
Kalium	K_2O	%	0,124	3–6	Tidak memenuhi
NPK total	N + P_2O_5 + K_2O	%	0,271	3–6	Tidak memenuhi
Kalsium	Ca	ppm	66,39	–	Tidak ada acuan
Magnesium	Mg	ppm	71,61	–	Tidak ada acuan

Keterangan :
- ppm = bagian per juta.
- Status mutu POC mengacu pada batas minimum hara makro (N, P_2O_5, dan K_2O) dalam Permentan No 70/Permentan/SR.140/10/2011. Kandungannya NPK total digunakan sebagai pembanding indikatif, sedangkan parameter C/N, Ca, dan Mg tidak memiliki batas standar dalam ketentuan tersebut.
- Parameter yang tidak memenuhi persyaratan standar mutu: pH, C-organik, N, P_2O_5, K_2O, dan NPK total.

Hasil analisis memberi cerminan dimana POC limbah cair tahu memiliki pH 3,58, kandungan C-organiknya 0,48%, dan nitrogen totalnya 0,06%, dengan rasionya C/N 8,00. Hasil ekstraksi HNO_3 mencerminkan kandungan P_2O_5 mencapai 0,087%, K_2O mencapai 0,124%, Ca mencapai 66,39 ppm, dan Mg mencapai 71,61 ppm. Seluruh parameter yang memiliki acuan standar tidak memenuhi persyaratan mutu: pH 3,58 berada di bawah kisaran 4–9; C-organik 0,48% jauh di bawah minimum 6%; N-total (0,06%), P2O5 (0,087%), dan K2O (0,124%) jauh di bawah kisaran 3–6%; serta NPK total (0,271%) di bawah kisaran 3–6%. POC limbah

cair tahu yang dipakai pada kajian ini tidak mencukupi standar mutu pupuk cair organik, maka respons pertumbuhan pada kajian ini wajib dimaknai menjadi tanggapan atas produk berkadar hara rendah, bukan terhadap pupuk yang memenuhi standar.

Tabel 2. Rerata tumbuhnya tanaman okra karena diberi POC limbah cair tahu usia 35 hst. Data dijabarkan sebagai rerata ± SD (n = 3)

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Diameter batang (mm)
P1 (Kontrol)	$38{,}37^{ab} \pm 8{,}693$	$7{,}67^{ns} \pm 0{,}577$	$4{,}67^{a} \pm 0{,}203$
P2 (10%)	$42{,}63^{a} \pm 2{,}902$	$8{,}33^{ns} \pm 0{,}577$	$5{,}55^{a} \pm 0{,}035$
P3 (20%)	$47{,}07^{a} \pm 2{,}228$	$8{,}67^{ns} \pm 0{,}577$	$5{,}39^{a} \pm 0{,}612$
P4 (30%)	$53{,}43^{ab} \pm 2{,}984$	$8{,}67^{ns} \pm 1{,}155$	$5{,}29^{a} \pm 0{,}170$
P5 (40%)	$57{,}80^{b} \pm 1{,}513$	$10{,}33^{ns} \pm 0{,}577$	$6{,}03^{a} \pm 0{,}683$

Keterangan :
- Perbedaan huruf pada kolom yang sama mencerminkan perbedaan nyata (uji Games–Howell).
- Perlakuan yang dibarengi huruf yang sama tidak beda nyata (taraf 5%).
- ns = tidak signifikan.
- Nilai setelah tanda ± mencerminkan standar deviasi (SD) dari n = 3 ulangan.

Uji Welch ANOVA (Tabel 2) mencerminkan pengaruh perlakuan atas tinggi tanamannya dan diameter batangnya, tapi untuk diameter batangnya, pada uji lanjut Games-Howell tidak mendeteksi perbedaan nyata antar pasangan perlakuan. Lalu, berdasar kepada uji nonparametrik Kruskal–Wallis, pemberian POC limbah cair tahu tidak memberi efek yang nyata atas kuantitas daunnya.

Hasil uji lanjut Games–Howell, tinggi tanaman pada perlakuan P5 (57,80 ± 1,513 cm) berbeda nyata dengan P2 (42,63 ± 2,902 cm) dan P3 (47,07 ± 2,228 cm). Tinggi tanaman pada P1 (38,37 ± 8,693 cm) dan P4 (53,43 ± 2,984 cm) tidak begitu beda nyata dengan perlakuannya yang lain. Rerata tinggi tanaman paling tingginya ditemui pada P5 (POC 40%). Hasil demikian mencerminkan bahwa P5 memeroleh nilai tertinggi di antara konsentrasi yang diuji, tetapi belum terbukti berbeda nyata dari P1 dan P4. Lalu, pada diameter batang karena uji lanjut tidak mendeteksi perbedaan antarpasangan, bukti pengaruh perlakuan terhadap diameter batang terbatas dan tidak dipakai dasar untuk menyimpulkan respons biologis yang kuat.

Tabel 3. Rerata kandungan klorofilnya daun okra akibat pemberian POC limbah cair tahu usia 28 hst. Data disajikan sebagai rerata ± SD (n = 3)

Perlakuan	Klorofil *a* (mg/g FW)	Klorofil *b* (mg/g FW)	Klorofil total (mg/g FW)
P1 (Kontrol)	$0{,}08503^{a} \pm 0{,}0037$	$0{,}19160^{ns} \pm 0{,}0459$	$0{,}27650^{ns} \pm 0{,}0424$
P2 (10%)	$0{,}10203^{ab} \pm 0{,}0090$	$0{,}10097^{ns} \pm 0{,}0906$	$0{,}20293^{ns} \pm 0{,}0817$
P3 (20%)	$0{,}10423^{abc} \pm 0{,}0294$	$0{,}22487^{ns} \pm 0{,}2502$	$0{,}32893^{ns} \pm 0{,}2206$
P4 (30%)	$0{,}11873^{b} \pm 0{,}0071$	$0{,}12533^{ns} \pm 0{,}0782$	$0{,}24397^{ns} \pm 0{,}0711$
P5 (40%)	$0{,}15153^{c} \pm 0{,}0062$	$0{,}17073^{ns} \pm 0{,}0421$	$0{,}32220^{ns} \pm 0{,}0371$

Keterangan :
- Perbedaan huruf pada kolom yang sama mencerminkan perbedaan nyata (uji Games-Howell).
- Perlakuan yang dibarengi huruf yang sama *tidak* berbeda nyata (taraf 5%).
- ns = tidak signifikan.
- Huruf FW pada tabel merupakan singkatan dari *Fresh Weight*, yang berarti berat basah atau berat segar.
- Nilai setelah tanda ± mencerminkan standar deviasi (SD) dari n = 3 ulangan.
- Nilai klorofil *a, b,* dan total masing-masing dihitung langsung memakai persamaan Arnon (1949), dengan tingginya SD pada klorofil *b* P3 mencerminkan variasi alami antarulangan.

Hasil analisa pada Tabel 3 menemui dimana pemberian POC limbah cair tahu mempunyai pengaruh nyata atas kandungan klorofil *a*, tapi tidak memberi pengaruh nyata atas kandungan klorofil *b* dan klorofil totalnya. Rerata kandungan klorofil *a* paling tingginya ditemui pada P5 (POC 40%), yakni sampai 0,15153 ± 0,0062 mg/g berat segar (FW).

Perolehan Games–Howell, kadar klorofil *a* pada P5 memperlihatkan perbedaan signifikan dibandingkan P1, P2, dan P4, sedangkan terhadap P3 tidak ditemui perbedaan bermakna. Pada P1, perbedaan signifikan hanya dijumpai ketika diperbandingkan dengan P4, sedangkan hasil pengujiannya atas P2 dan P3 tidak memperlihatkan perbedaan statistik. Kelompok P2 dan P3 juga memperlihatkan hasil yang tidak berbeda signifikan terhadap P4. Umumnya penambahan dosis POC memperlihatkan kecenderungan kenaikan kadar klorofil *a*, meskipun respons tersebut bervariasi antartingkat perlakuan.

Kandungan klorofil *b* mencerminkan variasi antarulangan yang cukup besar, terutama pada P3. Salah satu ulangan P3 memiliki nilai 0,5119 mg/g FW, sedangkan dua ulangan lainnya masing-masing mencapai 0,0533 dan 0,1094 mg/g FW. Kondisi tersebut menyebabkan simpangan baku P3 (0,2502) lebih besar daripada nilai reratanya (0,22487) dan secara statistik kandungan klorofil *b* maupun klorofil total tidak mencerminkan perbedaan nyata antarperlakuan.

Tabel 4. Rerata biomassa tanaman okra dikarenakan pemberian POC limbah cair tahu usia 38 hst. Data disajikan sebagai rerata ± SD (n = 3)

Perlakuan	Berat basah tajuk (g)	Berat basah akar (g)	Berat kering tajuk (g)	Berat kering akar (g)	Rasio tajuk akar
P1 (Kontrol)	$19{,}93^{a} \pm 6{,}361$	$0{,}90^{ns} \pm 0{,}557$	$1{,}57^{ns} \pm 0{,}513$	$0{,}09^{ns} \pm 0{,}050$	$18{,}82^{ns} \pm 4{,}824$
P2 (10%)	$25{,}60^{a} \pm 2{,}722$	$1{,}73^{ns} \pm 0{,}451$	$1{,}80^{ns} \pm 0{,}173$	$0{,}16^{ns} \pm 0{,}028$	$15{,}94^{ns} \pm 3{,}837$
P3 (20%)	$22{,}40^{a} \pm 8{,}058$	$1{,}60^{ns} \pm 1{,}054$	$1{,}70^{ns} \pm 0{,}300$	$0{,}14^{ns} \pm 0{,}086$	$17{,}93^{ns} \pm 13{,}909$
P4 (30%)	$28{,}77^{a} \pm 6{,}353$	$1{,}83^{ns} \pm 0{,}473$	$2{,}53^{ns} \pm 1{,}021$	$0{,}13^{ns} \pm 0{,}048$	$14{,}36^{ns} \pm 3{,}877$
P5 (40%)	$47{,}13^{b} \pm 6{,}345$	$2{,}53^{ns} \pm 0{,}551$	$2{,}73^{ns} \pm 0{,}651$	$0{,}18^{ns} \pm 0{,}059$	$16{,}10^{ns} \pm 2{,}973$

Keterangan :
- Perbedaan huruf pada kolom yang sama mencerminkan perbedaan nyata (uji Duncan 5%).
- Perlakuan yang dibarengi huruf yang sama *tidak* beda nyata (taraf 5%).
- ns = tidak signifikan.
- Nilai setelah tanda ± mencerminkan standar deviasi (SD) dari n = 3 ulangan.

Analisis pada Tabel 4 menemui dimana pemberiannya POC limbah cair tahu memberi pengaruh nyata kepada berat basah tajuk tanaman okra. Berdasar kepada uji ANOVA satu arah, pengaruh perlakuan terhadap berat basah akarnya, berat kering tajuknya, berat kering akarnya, dan rasio tajuk-akar tidak nyata.

Rerata berat basah tajuk cenderung naik pada konsentrasi POC yang lebih tinggi, meskipun pola antarperlakuan tidak sepenuhnya monoton. Berdasar kepada uji Duncan pada taraf 5%, perlakuan P5 (40%) menghasilkan berat basah tajuk tertinggi, yakni 47,13 g, dan berbeda nyata diperbandingkan kontrol (P1) serta perlakuan P2, P3, dan P4. Temuan ini mencerminkan bahwa P5 memeroleh berat basah tajuk paling tinggi di antara konsentrasi yang diuji. Berat basah tajuk yang lebih tinggi pada P5 tidak dibarengi oleh berat kering tajuk yang berbeda nyata, alhasil peningkatan tersebut belum bisa dinya*tidak*an sebagai penambahan biomassa.

Pembahasan

Pemberian POC limbah cair tahu memberi respons yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman okra pada tanah gambut. Pengaruh nyata hanya terlihat pada tinggi tanamannya, kandungan klorofil *a*, dan berat basah tajuknya, sedangkan diameter batangnya, jumlah daunnya, kandungan klorofil *b*, klorofil totalnya, berat basah akarnya, berat kering tajuknya, berat kering akarnya, dan rasio tajuk akarnya tidak mencerminkan perbedaan nyata. Hasil tersebut mencerminkan bahwa POC limbah cair tahu punya posisi menjadi sumber hara pelengkap, sementara pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh perbaikan kondisi media melalui pemberian dolomit dan pupuk kandang kotoran walet yang meningkatkan ketersediaan unsur hara. Karena seluruh perlakuan, termasuk P1, menerima dolomit dan pupuk kandang, kajian ini menilai efek tambahan POC di atas media dasar yang telah diameliorasi, bukan efek POC diperbandingkan kontrol tanpa input hara.

Mutu POC yang digunakan juga perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil. Berdasar kepada Tabel 1, pH (3,58), C-organik (0,48%), N-totalnya (0,06%), P_2O_5 (0,087%), K_2O (0,124%), dan NPK total (0,271%) kurang mencukupi syarat teknis minimalnya pupuk

organik cair. Kandungan hara makro yang sangat rendah berarti suplai N, P, dan K dari setiap aplikasi POC kecil, alhasil respons tanaman yang terbatas pada sebagian parameter sejalan dengan kualitas produk tersebut. Selain itu, pH POC yang asam (3,58) berpotensi memengaruhi reaksi media; tapi media yang telah diameliorasi dengan dolomit dan pupuk kandang diperkirakan memiliki kapasitas penyangga pH yang lebih tinggi (Brady & Weil, 2016), meskipun pH media pada akhir kajian tidak diukur. Temuan ini merupakan keterbatasan kajian dan mencerminkan bahwa POC tersebut belum bisa dika*tidak*an memenuhi standar mutu.

Perlakuan P5 (40%) menghasilkan rerata tinggi tanaman tertinggi. Hasilnya mencerminkan akan adanya kecondongan kenaikan tinggi tanamannya pada konsentrasi POC yang lebih banyak, meskipun perbedaan nyata hanya ditemui antara P5 dan perlakuan P2 serta P3. Kandungan Ca dan Mg dalam POC berpotensi mendukung proses fisiologis tanaman, tetapi kontribusi kedua unsur tersebut tidak bisa dipisahkan dari pengaruh dolomit dan pupuk kandang yang diberikan pada seluruh perlakuan (Ilham *et al*., 2019; Istikorini *et al*., 2022; Nopriani *et al*., 2025). Kalsium mempunyai peran guna pembentukan dinding selnya dan perkembangan jaringan meristem, sedangkan magnesium merupakan atom pusat molekul klorofil (Tang & Luan, 2017; Hauer-Jákli & Tränkner, 2019) yang berkesinambungan dengan peningkatan pertumbuhan vegetatif. Secara fisiologis, kalsium berperan mendukung pembelahan dan pemanjangan sel, tapi, karena Ca dan Mg juga berasal dari dolomit yang diberikan pada seluruh perlakuan dan kadar Ca (66,39 ppm) serta Mg (71,61 ppm) dalam POC rendah, peningkatan tinggi tanaman tidak bisa diatribusikan secara spesifik pada kedua unsur tersebut.

Diameter batang mencerminkan hasil yang signifikan pada pengujian Welch ANOVA, tetapi uji lanjut Games–Howell tidak menemui perbedaan nyata antarpasangan perlakuan. Hasil uji omnibus tersebut belum didukung oleh perbedaan yang teridentifikasi pada setiap pasangan perlakuan. Variasi rerata diameter batang belum cukup konsisten untuk mencerminkan respons yang berbeda antarkonsentrasi POC. Kondisi media yang menerima dolomit dan pupuk kandang dalam dosis seragam turut mendukung pertumbuhan batang pada seluruh perlakuan. Pertumbuhan diameter batang juga berkesinambungan dengan akumulasi fotosintat selama perkembangan tanaman (Marschner, 2012). Hasil Welch ANOVA tersebut memberi gambaran indikasi awal, karena tanpa perbedaan antarpasangan bukti pengaruh perlakuan terhadap diameter batang terbatas.

Diberikannya POC limbah cair tahu memberi pengaruh nyata kepada kandungan klorofil *a*, tapi *tidak* memberi pengaruh nyata kepada kandungan klorofil *b* dan yang total. Peningkatan klorofil *a* paling tinggi mengacu pada angka yakni pada perlakuan P5 (40%) yang diduga berkesinambungan dengan peran Ca dan Mg, tetapi kontribusi kedua unsur tersebut dari POC tidak bisa dipisahkan dari dolomit dan pupuk kandang yang diberikan pada seluruh perlakuan. Unsur kalsium punya peran guna menjaga stabilitas membran tilakoid dan fungsi fotosistem II, sedangkan Mg merupakan atom pusat molekul klorofil yang berperan dalam penyerapan dan transfer energi cahaya selama fotosintesis (Komenda, 2024; Hauer-Jákli & Tränkner, 2019). Kandungan klorofil *b* dan klorofil total yang tidak memberi pengaruh nyata berkesinambungan dengan rendahnya kandungan nitrogen pada POC. Nitrogen merupakan komponen utama penyusun molekul klorofil, alhasil keterbatasan unsur tersebut membatasi sintesis klorofilnya (Mengesha, 2021; Wang *et al*., 2021).

Pemberian POC limbah cair tahu memberi pengaruh nyata terhadap berat basah tajuknya, sedangkan berat basah akarnya, berat kering tajuknya, berat kering akarnya, dan rasio tajuk akar tidak mencerminkan pengaruh nyata. Peningkatan berat basah tajuk mengindikasikan bahwa POC masih mendukung pertumbuhan vegetatif melalui penyediaan unsur hara dan senyawa organik terlarut meskipun kandungan N dan P relatif rendah (Husain, 2018; Ismail *et al*., 2025). Peningkatan berat basah tajuk pada kajian ini diduga berkesinambungan dengan keberadaan kalium (K_2O) mencapai 0,124% yang berperan dalam menjaga tekanan turgor sel, mengatur keseimbangan air, dan membantu translokasi hasil fotosintesis ke jaringan tanaman yang sedang tumbuh (Marschner, 2012).

Marschner (2012) menjabarkan bahwa asupan hara kalium bisa memicu dan menjaga turgiditas jaringan, dan menaikkan berat basah sayuran. Kondisi demikian mencerminkan bahwa kandungan kalium (K_2O) mencapai 0,124% pada kajian ini masih bisa berkontribusi dalam menjaga tekanan turgor sel dan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman,

alhasil berat basah tajuk meningkat. Tidak adanya pengaruh nyata pada berat basah akarnya, berat kering tajuknya, dan berat kering akarnya mencerminkan bahwa rendahnya kandungan nitrogen dan fosfor pada POC membuat pembentukan biomassa struktural tidak terbentuk secara optimal (Brady & Weil, 2016). Kondisi media tanam yang telah diameliorasi memakai dolomit dan pupuk kandang juga telah memenuhi kebutuhan hara dasar tanaman sehingga tambahan POC lebih memberi pengaruh terhadap pertumbuhan fisiologis diperbandingkan akumulasi bahan kering. Berat basah tajuk yang meningkat tanpa peningkatan berat kering tajuk yang nyata bisa mencerminkan perbedaan kandungan air jaringan atau status turgor, alhasil kenaikan berat basah tidak bisa disamakan dengan akumulasi biomassa. Kadar air jaringan tidak diukur secara langsung pada kajian ini sehingga penjelasan tersebut masih bersifat dugaan.

Parameter kuantitas daunnya juga tidak memperlihatkan ada pengaruh nyata kepada pemberian POC limbah cair tahu, yang mencerminkan bahwa perbedaan perlakuan pemupukan tidak selalu dibarengi oleh perbedaan jumlah daun tanaman. Rendahnya kandungan nitrogen (N) pada POC limbah tahu menyebabkan respons pertumbuhan vegetatif, termasuk pembentukan daun, menjadi terbatas dikarenakan N menjadi elemen sentral penyusunan protein struktural dan enzim yang mengatur pembelahan serta pemanjangan sel (Ma *et al*., 2023). Kekurangan unsur N menghambat proses proliferasi dan elongasi sel vegetatif, alhasil perkembangan tanaman berlangsung lambat dengan respons yang cenderung serupa pada setiap kelompok perlakuan. Hasilnya senada dengan kajiannya Analia *et al*. (2024) yang menemui dimana peningkatan jumlah daun memerlukan ketersediaan N yang cukup, sedangkan pemberian N dalam jumlah rendah belum mampu menghasilkan perbedaan pertumbuhan vegetatif yang nyata.

Respons pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kandungan hara POC limbah cair tahu yang relatif rendah serta kondisi media tanam gambut yang telah diperbaiki melalui pemberian dolomit dan pupuk kandang kotoran walet. Perbaikan media meningkatkan ketersediaan hara sehingga pertumbuhan tanaman pada seluruh perlakuan telah didukung oleh kondisi media yang lebih baik. POC limbah cair tahu berperan sebagai sumber hara tambahan dan bahan organik, alhasil pengaruhnya lebih terlihat pada pertumbuhan tinggi tanamannya, pembentukan klorofil a, dan peningkatan berat basah tajuknya diperbandingkan terhadap pembentukan biomassa struktural tanaman.

A. Darmawan (2021) menjabarkan bahwa POC limbah cair tahu mempunyai unsur hara yang bisa mendukung tumbuh kembang vegetatif tanaman. Kajiannya Marian dan Tuhuteru (2019) menjabarkan pula bahwa pemberian POC limbah cair tahu menaikkan pertumbuhan vegetatif dan bobot segar tanaman sawi putih pada konsentrasi tertentu. Temuan demikian selaras dengan hasil kajian ini, yakni pada konsentrasi tertentu yakni konsentrasi 40% menghasilkan nilai rerata tertinggi di antara konsentrasi yang diuji pada tanaman okra, terutama atas tinggi tanamannya, kandungan klorofil a, dan berat basah tajuk. Karena 40% merupakan konsentrasi tertinggi yang diuji dan tidak terdapat pemodelan dosis–respons, konsentrasi optimum belum bisa ditentukan.

Keterbatasan Penelitian

Kajian ini mempunyai banyak keterbatasannya. Pertama, jumlah ulangan hanya tiga per perlakuan sehingga daya uji statistik rendah dan nilai SD sangat sensitif terhadap satu pengamatan. Asumsi normalitas dan homogenitas juga diuji per kelompok (bukan pada residual) dengan n = 3 sehingga dayanya rendah, dan data klorofil *b* memiliki variasi antarulangan yang besar. Kedua, kajian dilaksanakan dalam satu musim tanam di rumah kasa sehingga hasilnya belum bisa digeneralisasi ke kondisi lapang atau musim lain. Ketiga, seluruh media telah diberi dolomit dan pupuk kandang walet sehingga efek POC tidak terpisah dari pengaruh amelioran dasar, dan P1 merupakan kontrol tanpa POC, bukan kontrol tanpa input hara. Keempat, kualitas POC berada di bawah standar mutu (pH, C-organik, N, P_2O_5, K_2O, dan NPK total), suhu fermentasi tidak dipantau, pengadukan hanya dilaksanakan pada hari pertama, dan POC tidak disaring sebelum diaplikasikan. Kelima, sifat kimia tanah tidak diukur pada akhir kajian (pH media hanya diukur setelah inkubasi memakai soil tester) sehingga perubahan pH dan ketersediaan hara media akibat POC tidak bisa dipastikan. Keenam, 40% merupakan konsentrasi tertinggi yang diuji sehingga titik optimum tidak bisa ditentukan.

Kesimpulan

Diberinya pupuk organik cair dengan bahan dasar limbah cair tahu mempunyai pengaruh kepada pertumbuhan tanaman okra, terkhusus di tinggi tanamannya, kandungan klorofil a, dan berat basah tajuk. Konsentrasi POC 40% (P5) memberi nilai rerata tertinggi pada ketiga parameter tersebut di antara konsentrasi yang diuji, sedangkan diameter batangnya, jumlah daunnya, kandungan klorofil b dan totalnya, berat basah akarnya, berat kering tajuk dan akarnya, dan rasio tajuknya dan akar tidak memperlihatkan pengaruh nyata. Namun, hasil ini dibatasi oleh jumlah ulangan yang sedikit, mutu POC di bawah standar, dan media yang telah diberi dolomit dan pupuk kandang. 40% menjadi konsentrasi tertinggi yang diuji, bukan konsentrasi optimum. Hasil kajian ini memberi data ilmiah terkait potensi POC limbah cair tahu menjadi pupuk organik alternatif pada budidaya okra di tanah gambut.

Referensi

Ahmad, T. R. D., Hadijah, S., & Surachman. (2024). Pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil bawang daun pada tanah gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, *13*(1), 249–254. https://doi.org/10.26418/jspe.v13i1.70870

Alfatih, M., Firmansyah, A., & Bahar, E. (2025). The effect of giving Eternal Lucky Mushroom POC (JAKABA) on the growth and yield of okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.). *PUCUK: Jurnal Ilmu Tanaman*, *5*(1), 65–70.

Aliyenah, Napoleon, A., & Yudono, B. (2015). Pemanfaatan limbah cair industri tahu sebagai pupuk cair organik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Jurnal Penelitian Sains*, *17*(3), 102–110. https://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/download/57/51

Amin Al Ahmad, Y., Yulia, E. A., & Nurbaiti. (2017). Pemanfaatan limbah cair tahu untuk pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *JOM FAPERTA*, *4*(2). https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERTA/article/view/16969

Analia, N., Arabia, T., & Khalil, M. (2024). Pengaruh guano terhadap nitrogen total bahan tanah Inceptisol, pertumbuhan dan hasil, dan kadar nitrogen daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, *9*(2), 253–259.

Anjasmara, A., Surachman, S., & Warganda, W. (2025). Pengaruh pemberian red mud dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil okra pada tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Sains Pertanian Equator*.

Arifiana, N. B., Soeparjono, S., & Avivi, S. (2020). Peningkatan produksi dan kualitas benih okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) menggunakan aplikasi fosfor dan GA3. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, *4*(2), 154–163. https://doi.org/10.25047/agriprima.v4i2.360

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, *24*(1), 1–15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Arshad, M., Kamaruddin, S. A., Abd. Aziz, K. N., Khazali, A. S., Hashim, M. A., Zulkiffle, M. A., Hashim, A. R., Bakar, L. M., & Abdullah, M. Z. (2023). Quantification of chlorophyll content in leaves of *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Durio zibethinus*, *Garcinia mangostana*, *Spinacia oleracea*, *Piper betle*, *Piper sarmentosum*, and *Centella asiatica*. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*, *5*(14), 125–132. https://doi.org/10.35631/IJIREV.514009

Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat. (2016). *Kalimantan Barat dalam angka*.

Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat. (2023). *Kalimantan Barat dalam angka*.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.

Chandra, B. P., Laksmitawati, R., & Rahmat, D. (2022). Pengaruh gel ekstrak buah okra (*Abelmoschus esculentus* L.) pada luka mencit hiperglikemik. *Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, *3*(2), 268–276. https://doi.org/10.31764/lf.v3i2.9252

Darmawan, A. (2021). Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman legum. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, *9*(2), 85–93.

Darmawan, M. S. (2021). *Pengaruh pemberian POC limbah cair tahu dan mulsa organik terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (Vigna radiata L.)* [Skripsi, Universitas Borneo Tarakan].

Eviati & Sulaeman. (2009). *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Gemede, H. F., Ratta, N., Haki, G. D., & Beyene, W. F. (2015). Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): A review. *Journal of Food Processing and Technology*, *6*(6), 1–10.

Hauer-Jákli, M., & Tränkner, M. (2019). Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: A systematic review and meta-analysis from 70 years of research. *Frontiers in Plant Science*, *10*, Article 766. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00766

Husain, M. H. (2018). *Respon pertumbuhan dan hasil tanaman okra (Abelmoschus esculentus L.) pada penambahan beberapa dosis pupuk organik cair limbah cair tahu* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Malang].

Ilham, F., Prasetyo, T., & Prima, S. (2019). Pengaruh pemberian dolomit terhadap beberapa sifat kimia tanah gambut dan pertumbuhan serta hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Solum*, *16*(1), 19–28. https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/1179254

Ismail, A., Setiawan, S., Rahayu, S., & Suyanto, A. (2025). Rehabilitasi tanah aluvial terdegradasi dengan pupuk kandang kambing dan POC tahu untuk meningkatkan produktivitas okra. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, *13*(1), 45–59.

Istikorini, Y., Nurhafifah, Hartoyo, A., Solikhin, A., & Octiaviani, E. A. (2022). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria and bionanomaterial membrane applications on chemical properties of peat soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1041*, Article 012015.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah*.

Komenda, J., Sobotka, R., & Nixon, P. J. (2024). The biogenesis and maintenance of photosystem II: Recent advances and current challenges. *The Plant Cell*, *36*(10), 3997–4013. https://doi.org/10.1093/plcell/koae082

Lestari, P. M., Abdurrahman, T., & Sasli, I. (2022). *Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair kulit buah-buahan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman okra merah pada tanah gambut* [Laporan penelitian, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura].

Ma, D., Teng, W., Mo, Y.-T., Yi, B., Chen, W.-L., Pang, Y.-P., & Wang, L. (2023). Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on plant growth, element levels in plants and soil, and the relationships among nutrient concentrations, plant yield, and nutrient status in *Erythropalum scandens* (Blume). *Journal of Plant Nutrition*, *47*(1), 82–96.

Marian, E., & Tuhuteru, S. (2019). Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk organik cair pada pertumbuhan dan hasil tanaman sawi putih (*Brassica pekinensis*). *Agritrop*, *17*(2), 135–145. https://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP/article/download/2663/2238

Marschner, P. (Ed.). (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.

Mengesha, M. (2021). Effect and roles of nitrogen supply on photosynthesis. *International Journal of Photochemistry and Photobiology*, *5*(2), 19–27. https://doi.org/10.11648/j.ijpp.20210502.12

Millah, R., Irianto, I., & Arzita, A. (2022). Pertumbuhan dan hasil tanaman okra (*Abelmoschus esculentus* L.) terhadap pemberian bokashi limbah sayuran. *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, *5*(2), 49–56. https://doi.org/10.22437/agroecotania.v5i2.23039

Nopriani, L. S., Ramadhani, F., Ishaq, R. M., Kurniawan, S., Hidayat, M. T., & Albarki, G. K. (2025). Pengaruh dolomit terhadap sifat kimia tanah, bakteri pelarut fosfat, serapan Ca, Mg, P dan produksi jagung manis. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, *12*(1), 211–221. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.1.20

Pradana, G. F., Darussalam, & Palupi, T. (2023). Pengaruh pemberian bokashi lamtoro dan frekuensi NPK terhadap pertumbuhan dan hasil okra pada tanah gambut. *Jurnal Pertanian Agros*, *25*(4), 3871–3877. https://doi.org/10.37159/jpa.v25i4.3526

Priyanto, Y., Christijanti, W., Lisdiana, & Marianti, A. (2023). Aktivitas antioksidan daun kelor (*Moringa oleifera*) pada tikus

diabetik induksi aloksan. *Life Science*, *12*(1), 97–106. https://doi.org/10.15294/lifesci.v12i1.65968

Suhairin, S., Muanah, M., & Dewi, E. S. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair di Lombok Tengah NTB. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, *4*(1), 374–377. https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i1.3144

Suriadikarta, D. A. (2006). *Pupuk organik dan pupuk hayati*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Suryati, Misriana, Mellyssa, W., Razi, F., & Hayati, R. (2019). Pemanfaatan limbah air kelapa sebagai pupuk organik cair. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 3, No. 1, hlm. 58–61). https://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/view/1762

Tang, R.-J., & Luan, S. (2017). Regulation of calcium and magnesium homeostasis in plants: From transporters to signaling network. *Current Opinion in Plant Biology*, *39*, 97–105. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.06.009

Wang, N., Fu, F., Wang, H., Wang, P., He, S., Shao, H., Ni, Z., & Zhang, X. (2021). Effects of irrigation and nitrogen on chlorophyll content, dry matter and nitrogen accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Scientific Reports*, *11*, Article 16651.