

Efektivitas Vermikompos sebagai Substitusi Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Oxisol

Welly Herman^{1)*}, Erlina Rahmayuni²⁾, Aini Novita Murwani³⁾, Sukrianto⁴⁾

^{1)*}Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Bengkulu 38121, Indonesia, email: wellyherman@unib.ac.id

²⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. KH. Ahmad Dahlan, Cireundeu, Ciputat Timur, Jakarta Selatan, 15419, Indonesia, email: erlina.rahmayuni@umj.ac.id

³⁾Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. KH. Ahmad Dahlan, Cireundeu, Ciputat Timur, Jakarta Selatan, 15419, Indonesia

⁴⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. KH. Ahmad Dahlan, Cireundeu, Ciputat Timur, Jakarta Selatan, 15419, Indonesia, email: sukrianto@umj.ac.id

*Penulis Korespondensi: E-mail: wellyherman@unib.ac.id

ABSTRAK

Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditas bernilai ekonomi tinggi, namun produktivitasnya pada tanah Oxisol masih rendah akibat rendahnya kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas vermikompos sebagai substitusi 50% pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produktivitas edamame pada tanah Oxisol serta menentukan dosis yang paling efektif. Penelitian dilaksanakan pada September–Desember 2025 menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan lima perlakuan, yaitu 100% NPK dan kombinasi 50% NPK dengan vermikompos sebanyak 25, 50, 75, dan 100 g/polibag, masing-masing lima ulangan. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan vegetatif, perkembangan akar, jumlah bintil akar, serta komponen hasil. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan uji BNJ taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi vermikompos berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah bintil akar, jumlah polong bernas, jumlah polong hampa, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah akar. Kombinasi 50% NPK dan 100 g vermikompos/polibag memberikan hasil terbaik pada sebagian besar komponen hasil, sedangkan dosis 75 g/polibag menghasilkan jumlah cabang dan bintil akar tertinggi. Vermikompos berpotensi mensubstitusi sebagian (50%) dosis pupuk NPK dalam sistem pemupukan dan meningkatkan produktivitas pada kondisi percobaan ini.

Kata Kunci: Edamame, Oxisol, Substitusi Pupuk NPK, Vermikompos

PENDAHULUAN

Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan kedelai sayur yang dipanen pada fase polong muda dan memiliki nilai ekonomi tinggi karena kandungan protein, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap konsumsi pangan sehat telah mendorong peningkatan permintaan edamame baik di pasar domestik maupun

internasional (Li et al., 2022). Kondisi ini membuka peluang bagi Indonesia untuk mengembangkan budidaya edamame sebagai komoditas unggulan yang mampu mendukung ketahanan pangan sekaligus meningkatkan pendapatan petani (Rahmadani et al., 2023; Ashworth et al., 2022). Namun demikian, produktivitas edamame di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah rendahnya tingkat kesuburan tanah pada

lahan budidaya.

Kesuburan tanah merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan budidaya edamame karena berpengaruh langsung terhadap ketersediaan unsur hara, perkembangan sistem perakaran, pembentukan bintil akar, serta pembentukan dan pengisian polong. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kesuburan tanah melalui pemupukan organik maupun kombinasi pupuk organik dan anorganik mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif, jumlah polong, dan hasil biji edamame (Bella et al., 2025). Santoso et al. (2023) melaporkan bahwa aplikasi pupuk kandang pada tanah masam mampu meningkatkan pertumbuhan morfologi edamame, sedangkan Aldi et al. (2022) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik dan NPK memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan hasil edamame pada tanah aluvial.

Salah satu jenis tanah yang berpotensi untuk pengembangan pertanian di Indonesia adalah Oxisol. Tanah ini dicirikan oleh tingkat pelapukan yang tinggi, kandungan bahan organik rendah, kapasitas tukar kation (KTK) rendah hingga sedang, serta ketersediaan unsur hara yang terbatas (Ferdian et al., 2023). Rendahnya kandungan bahan organik menyebabkan aktivitas mikroorganisme tanah dan proses mineralisasi hara berlangsung kurang optimal sehingga kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman menjadi terbatas (Kasno, 2020). Kondisi tersebut dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan produktivitas apabila tidak dilakukan upaya perbaikan kesuburan tanah.

Perbaikan kesuburan Oxisol dapat dilakukan melalui penambahan bahan organik yang berfungsi meningkatkan kandungan C-organik, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman

(Santi, 2020). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kompos, bokashi, biochar, maupun pupuk organik lainnya mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga mendukung pertumbuhan tanaman pada lahan marginal (Iswahyudi et al., 2020). Pada tanaman edamame, peningkatan bahan organik tanah berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan vegetatif, perkembangan akar, serta pembentukan polong (Karimah et al., 2024).

Salah satu pupuk organik yang berpotensi digunakan pada tanah Oxisol adalah vermikompos. Vermikompos merupakan hasil dekomposisi bahan organik oleh aktivitas cacing tanah dan mikroorganisme yang mengandung unsur hara makro dan mikro, asam humat, asam fulvat, hormon pertumbuhan, serta mikroorganisme yang bermanfaat bagi tanaman. Vermikompos diketahui mampu meningkatkan aktivitas mikroba tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Ashworth et al., 2022). Dengan karakteristik tersebut, vermikompos berpotensi menjadi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik sekaligus memperbaiki kualitas tanah secara berkelanjutan.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan manfaat pupuk organik, biochar, dan kombinasi pupuk organik-anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil edamame (Brooks et al., 2023), penelitian mengenai penggunaan vermikompos pada budidaya edamame di tanah Oxisol masih relatif terbatas. Selain itu, informasi mengenai efektivitas vermikompos dalam substitusi sebagian dosis pupuk NPK pada budidaya edamame juga masih belum banyak dilaporkan. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan pengetahuan mengenai dosis vermikompos yang efektif dalam mendukung pertumbuhan dan

produktivitas edamame pada tanah Oxisol sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik.

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kombinasi vermikompos dan pengurangan dosis pupuk NPK hingga 50% sebagai upaya efisiensi penggunaan pupuk anorganik pada budidaya edamame di tanah Oxisol. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi vermikompos sebagai sumber bahan organik dalam meningkatkan kesuburan tanah, mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman, serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai dosis vermikompos terhadap pertumbuhan, komponen hasil, dan produktivitas tanaman edamame pada tanah Oxisol serta menentukan dosis vermikompos yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga Desember 2025 di lahan percobaan Pondok Cabe Udik, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten, pada ketinggian ± 69 m di atas permukaan laut. Analisis sifat kimia tanah awal dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Sebelum penelitian dilaksanakan, tanah Oxisol dianalisis untuk mengetahui sifat kimia awal yang meliputi pH H_2O , Al-dd, C-organik, N-total, P-tersedia, Ca-dd, Mg-dd, K-dd, Na-dd, kejenuhan basa, dan kapasitas tukar kation (KTK). Analisis dilakukan menggunakan metode standar sebagaimana dijelaskan oleh Eviati et al. (2023).

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas lima perlakuan dan lima ulangan sehingga diperoleh 25 satuan percobaan. Perlakuan yang diuji meliputi P0 = 100% dosis rekomendasi NPK (3,06

g polibag⁻¹), P1 = 50% dosis NPK + 25 g vermikompos polibag⁻¹, P2 = 50% dosis NPK + 50 g vermikompos polibag⁻¹, P3 = 50% dosis NPK + 75 g vermikompos polibag⁻¹, dan P4 = 50% dosis NPK + 100 g vermikompos polibag⁻¹. Setiap satuan percobaan terdiri atas tiga tanaman sampel sehingga total tanaman yang diamati berjumlah 75 tanaman.

Media tanam disiapkan dan dimasukkan ke dalam polibag berukuran 35 cm \times 35 cm seberat 10 kg per polibag. Selanjutnya, benih edamame diseleksi menggunakan metode perendaman dalam air selama satu jam. Benih yang tenggelam dipilih sebagai benih tanam karena memiliki viabilitas yang lebih baik. Penanaman dilakukan dengan menanam tiga benih pada setiap polibag pada kedalaman sekitar 2–3 cm. Pemupukan anorganik menggunakan pupuk majemuk NPK 16-16-16 dilakukan satu kali pada umur 14 hari setelah tanam (HST) dengan cara ditugal pada jarak sekitar 5 cm dari pangkal batang tanaman. Dosis pupuk yang diberikan sebesar 3,06 g/polibag pada perlakuan P0 dan 1,53 g/polibag pada perlakuan P1, P2, P3, dan P4. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman setiap hari sesuai kebutuhan tanaman, penyulaman terhadap benih yang tidak tumbuh, penyiangan gulma secara manual, serta pengendalian hama dan penyakit berdasarkan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT) apabila ditemukan gejala serangan.

Parameter pertumbuhan diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang. Tinggi tanaman diukur dari permukaan media tanam hingga titik tumbuh menggunakan mistar ukur. Jumlah daun dihitung pada daun yang telah membuka sempurna, sedangkan jumlah cabang dihitung berdasarkan cabang yang tumbuh pada batang utama. Pengamatan pada fase panen meliputi bobot basah akar, jumlah bintil akar, jumlah polong bernas, jumlah polong hampa, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji. Panen

dilakukan pada umur 70 HST ketika polong telah mencapai stadia panen konsumsi yang ditandai oleh warna hijau cerah, ukuran polong maksimum, dan biji berkembang penuh. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance/ANOVA*) pada taraf nyata 5%. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Penelitian

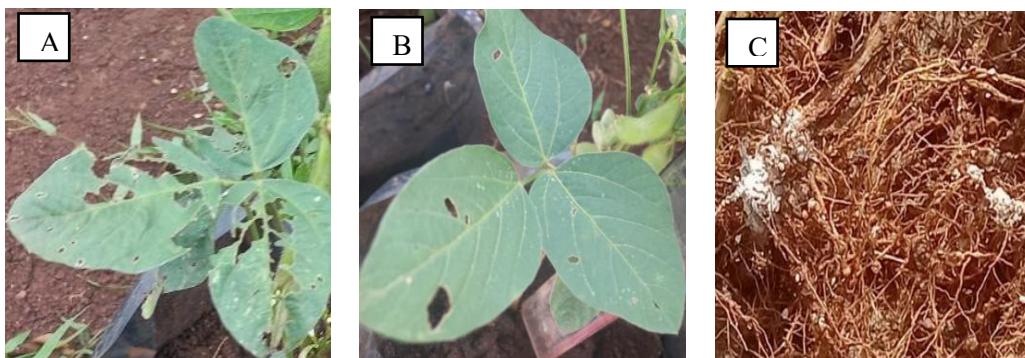
Edamame yang digunakan dalam penelitian ini merupakan varietas bertipe determinate, yaitu tanaman yang pertumbuhan batang utamanya berhenti setelah memasuki fase pembungaan. Oleh karena itu, pengamatan pertumbuhan dilakukan hingga umur 6 minggu setelah tanam (MST). Kondisi lingkungan selama penelitian berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta memengaruhi respons tanaman terhadap perlakuan vermikompos.

Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Wilayah Banten, suhu udara selama periode penelitian berkisar antara 27,5–29,5°C, kelembapan udara 75–90%, dan curah hujan 100–350 mm per bulan. Kondisi lingkungan tersebut masih berada dalam kisaran yang sesuai untuk pertumbuhan edamame. Suhu udara 26–30°C dilaporkan mampu mendukung

aktivitas fotosintesis, respirasi, dan metabolisme tanaman secara optimal sehingga menunjang pertumbuhan vegetatif maupun pembentukan polong (Figini et al., 2020). Curah hujan sebesar 100–400 mm per bulan juga dianggap sesuai untuk pertumbuhan edamame karena mampu menyediakan kebutuhan air tanaman tanpa menyebabkan cekaman kekeringan maupun genangan yang berlebihan. Selain itu, kelembapan udara yang berkisar antara 75–90% mendukung proses transpirasi, pembentukan biomassa, dan perkembangan organ reproduktif tanaman.

Lokasi penelitian berada pada ketinggian ±69 m di atas permukaan laut (dpl), yang lebih rendah dibandingkan kisaran ketinggian optimum budidaya edamame yang dilaporkan sekitar 300–600 m dpl. Meskipun demikian, tanaman tetap mampu tumbuh dan berproduksi dengan baik selama penelitian berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa edamame memiliki kemampuan adaptasi yang cukup baik pada dataran rendah apabila faktor lingkungan lainnya, seperti suhu, kelembapan, dan ketersediaan air, berada pada kondisi yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Selama penelitian berlangsung ditemukan beberapa organisme pengganggu tanaman (OPT), yaitu belalang kayu (*Valanga nigricornis*), kumbang daun (*Phaedonia inclusa*), kutu putih akar (*Pseudococcus* sp.), serta penyakit busuk batang yang disebabkan oleh *Sclerotium rolfsii* (Gambar 1).



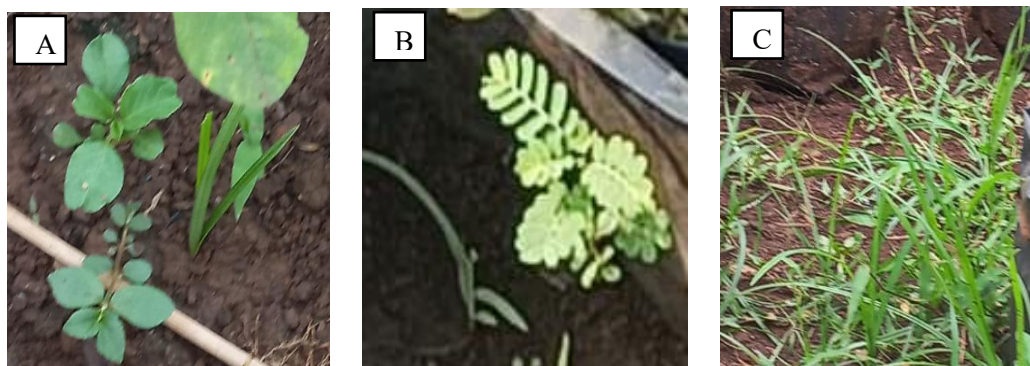
Gambar 1. Organisme pengganggu tanaman yang ditemukan selama penelitian, yaitu (a) belalang kayu (*Valanga nigricornis*), (b) kumbang daun (*Phaedonia inclusa*), dan (c) kutu putih akar (*Pseudococcus* sp.)

Belalang kayu dan kumbang daun merupakan hama pemakan daun yang menyebabkan kerusakan jaringan daun melalui aktivitas makan. Kerusakan tersebut dapat mengurangi luas permukaan fotosintesis sehingga berpotensi menurunkan kemampuan tanaman dalam menghasilkan fotosintat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan pembentukan polong. Sementara itu, kutu putih akar (*Pseudococcus* sp.) menyerang sistem perakaran dengan mengisap cairan tanaman sehingga dapat mengganggu penyerapan air dan unsur hara. Serangan kutu putih akar yang berlangsung terus-menerus dapat menurunkan vigor tanaman dan menghambat pertumbuhan vegetatif.

Selain hama serangga, ditemukan pula penyakit busuk batang yang disebabkan oleh *Sclerotium rolfsii*. Patogen ini merupakan cendawan tular tanah yang umum menyerang tanaman legum dan menyebabkan gejala berupa pembusukan pada pangkal batang, kelayuan tanaman, hingga kematian tanaman pada serangan berat. Kondisi

kelembapan yang tinggi umumnya mendukung perkembangan patogen ini sehingga keberadaannya perlu mendapat perhatian dalam budidaya edamame (Medrado et al., 2022).

Meskipun beberapa OPT ditemukan selama penelitian, intensitas serangan yang terjadi tergolong rendah dan tidak menimbulkan kerusakan yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Pengendalian dilakukan berdasarkan prinsip Pengendalian Hama Terpadu (PHT) melalui pemantauan rutin, sanitasi lahan, serta aplikasi pestisida berbahan aktif profenofos dan PHEFOC® sesuai dosis anjuran. Pengelolaan tersebut dilakukan untuk mencegah peningkatan populasi hama dan perkembangan penyakit yang dapat mengganggu jalannya penelitian. Selain OPT utama, beberapa jenis gulma juga ditemukan pada area penelitian, antara lain bayam duri (*Amaranthus spinosus*), meniran (*Phyllanthus niruri*), dan rumput belulang (*Eleusine indica*) (Gambar 2).



Gambar 2. Gulma yang ditemukan selama penelitian, yaitu (a) bayam duri (*Amaranthus spinosus*), (b) meniran (*Phyllanthus niruri*), dan (c) rumput belulang (*Eleusine indica*).

Keberadaan gulma berpotensi menimbulkan kompetisi dengan tanaman edamame dalam memperoleh air, unsur hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Selain itu, gulma juga dapat menjadi habitat alternatif bagi beberapa jenis hama dan patogen tanaman. Oleh karena itu, pengendalian gulma dilakukan secara manual melalui penyiangan berkala untuk menjaga kondisi pertumbuhan tanaman tetap optimal selama penelitian berlangsung.

Secara keseluruhan, kondisi lingkungan selama penelitian masih mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman edamame. Faktor iklim yang sesuai, ketersediaan air yang

memadai, serta intensitas serangan OPT yang relatif rendah memungkinkan tanaman tumbuh dengan baik. Selain itu, penerapan pemeliharaan tanaman dan pengendalian OPT secara rutin mampu menjaga kondisi pertanaman tetap stabil sehingga evaluasi pengaruh perlakuan vermikompos terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman dapat dilakukan secara optimal.

Analisis Tanah Awal Oxisol

Hasil analisis sifat kimia tanah awal menunjukkan bahwa tanah Oxisol yang digunakan dalam penelitian memiliki tingkat kesuburan yang rendah (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal

Parameter	Nilai	Kriteria*
pH	3,72	Sangat Masam
Al-dd (cmol+)/kg	3,25	-
C-organik (%)	1,36	Rendah
P-tersedia (ppm)	3,70	Sangat Rendah
N-total (%)	0,15	Rendah
Ca-dd (cmol+)/kg	0,22	Sangat Rendah
Mg-dd (cmol+)/kg	0,16	Sangat Rendah
K-dd (cmol+)/kg	0,12	Rendah
Na-dd (cmol+)/kg	0,03	Rendah
Kejenuhan Basa (%)	2,75	Sangat Rendah
KTK (cmol+)/kg	15,28	Rendah

* = kriteria penilaian hasil analisis tanah (Eviati et al. 2023)

Kondisi ini ditunjukkan oleh nilai pH sebesar 3,72 yang termasuk kategori sangat masam, kandungan Al-dd sebesar 3,25 cmol(+)/kg, kandungan C-organik sebesar 1,36%, N-total sebesar 0,15%, P-tersedia sebesar 3,70 ppm, serta kejenuhan basa hanya 2,75%. Karakteristik tersebut merupakan ciri khas tanah Oxisol yang telah mengalami pelapukan lanjut dan pencucian intensif akibat curah hujan tinggi, sehingga sebagian besar kation basa seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , dan Na^{+} hilang dari kompleks pertukaran tanah (Nurnikmat et al., 2020).

Keasaman tanah yang sangat tinggi menyebabkan meningkatnya kelarutan aluminium dalam larutan tanah.

Kandungan Al-dd sebesar 3,25 cmol(+)/kg menunjukkan adanya potensi toksisitas Al yang dapat menghambat pemanjangan akar, mengurangi penyerapan air dan unsur hara, serta menurunkan pertumbuhan tanaman. Hubungan antara pH rendah dan tingginya Al-dd merupakan karakteristik umum tanah masam tropika, di mana ion H^{+} dan Al^{3+} mendominasi kompleks pertukaran kation (Aji dan Teapon, 2020).

Rendahnya nilai P-tersedia (3,70 ppm) menunjukkan bahwa fosfor berada pada tingkat yang sangat rendah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Kondisi ini erat kaitannya dengan tingginya kandungan Al dan Fe pada tanah masam yang menyebabkan fosfor

terfiksasi dalam bentuk Al-P dan Fe-P yang sukar larut. Akibatnya, meskipun fosfor total dalam tanah dapat cukup tinggi, sebagian besar tidak tersedia bagi tanaman (Ramadhana et al., 2019).

Kandungan C-organik sebesar 1,36% dan N-total sebesar 0,15% juga menunjukkan rendahnya cadangan bahan organik tanah. Rendahnya bahan organik berdampak pada menurunnya kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara, mempertahankan kelembapan, memperbaiki struktur tanah, serta mendukung aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus hara. Kondisi tersebut umum ditemukan pada Oxisol yang mengalami pelapukan lanjut dan kehilangan bahan organik akibat dekomposisi yang berlangsung cepat di daerah tropis (Syofiani et al., 2020).

Kandungan kation basa yang sangat rendah, yaitu Ca-dd 0,22 cmol(+)/kg, Mg-dd 0,16 cmol(+)/kg, K-dd 0,12 cmol(+)/kg, dan Na-dd 0,03 cmol(+)/kg, menyebabkan kejenuhan basa tanah hanya mencapai 2,75%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar tapak pertukaran kation didominasi oleh ion H^+ dan Al^{3+} . Rendahnya kejenuhan basa merupakan indikator rendahnya kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman serta mencerminkan tingginya tingkat pencucian basa yang terjadi pada tanah Oxisol (Afendy et al., 2024).

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) sebesar 15,28 cmol(+)/kg tergolong rendah. Meskipun masih memiliki kemampuan menjerap kation, rendahnya kandungan bahan organik dan kation basa menyebabkan fungsi KTK dalam mempertahankan unsur hara belum

optimal. Rendahnya KTK dan kejenuhan basa merupakan indikator bahwa tanah telah mengalami pelapukan lanjut sehingga kemampuan tanah untuk menyimpan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman menjadi terbatas (Wicaksono et al., 2023).

Secara keseluruhan, hasil analisis tanah awal menunjukkan bahwa tanah Oxisol yang digunakan dalam penelitian memiliki tingkat kesuburan yang rendah, ditandai oleh pH sangat masam, kandungan Al-dd tinggi, P-tersedia sangat rendah, kandungan bahan organik dan nitrogen rendah, serta kejenuhan basa yang sangat rendah. Kondisi tersebut menjadikan tanah ini sesuai digunakan sebagai media penelitian untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi vermikompos dalam memperbaiki sifat kimia tanah. Vermikompos diharapkan mampu meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki pH tanah, menurunkan kelarutan aluminium, meningkatkan ketersediaan unsur hara, serta memperbaiki kesuburan tanah sehingga mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman edamame.

Pengaruh Vermikompos terhadap Pertumbuhan dan Akar Edamame

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi vermikompos memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, dan jumlah bintil akar, namun tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah akar (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa respons tanaman edamame lebih dominan terjadi pada pertumbuhan bagian atas dan aktivitas simbiosis akar dibandingkan akumulasi biomassa akar.

Tabel 2. Respons pertumbuhan vegetatif dan komponen akar tanaman edamame terhadap aplikasi vermikompos

Dosis Vermikompos	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Jumlah Cabang (cabang)	Bobot Basah Akar (gram)	Jumlah Bintil Akar (buah)
0,0 g/polibag	29,67c	33,08d	13,20b	2,12a	19,42c

25 g/polibag	30,67a	32,42e	14,67ab	2,22a	19,83b
50 g/polibag	28,67d	34,50c	14,80ab	2,63a	17,25e
75 g/polibag	27,58e	34,83b	16,67a	2,40a	22,33a
100 g/polibag	30,50b	36,17a	14,27ab	2,42a	18,67d

Keterangan : Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Tinggi tanaman menunjukkan variasi respons antar dosis vermikompos, dengan nilai tertinggi pada perlakuan 25 g/polibag (30,67 cm) dan terendah pada 75 g/polibag (27,58 cm). Kondisi ini menunjukkan bahwa dosis moderat lebih efektif dalam mendukung pertumbuhan tinggi tanaman dibandingkan dosis yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan karakter vermikompos sebagai pupuk organik slow-release yang menyebabkan respons pertumbuhan tidak selalu linier terhadap peningkatan dosis (Dadi & Gebirehiwot, 2021). Vermikompos menyediakan unsur hara makro dan mikro secara bertahap melalui proses biokonversi yang meningkatkan ketersediaan NPK dan bahan organik aktif bagi tanaman (Katiyar et al., 2023). Namun, pada dosis yang lebih tinggi, pertumbuhan tinggi tanaman dapat mengalami penurunan akibat pergeseran alokasi fotosintat atau kondisi media yang kurang optimal bagi pertumbuhan batang (Oyege & Bhaskar, 2023).

Jumlah daun menunjukkan peningkatan seiring peningkatan dosis vermikompos, dengan nilai tertinggi pada perlakuan 100 g/polibag (36,17 helai). Peningkatan ini mengindikasikan bahwa ketersediaan nitrogen dari vermikompos berperan penting dalam pembentukan jaringan daun melalui peningkatan sintesis klorofil dan protein. Peningkatan jumlah daun juga berkaitan dengan peningkatan kapasitas fotosintesis yang berkontribusi terhadap akumulasi biomassa tanaman (Katiyar et al., 2023). Selain unsur hara, vermikompos juga mengandung humus dan senyawa bioaktif yang dapat merangsang pertumbuhan vegetatif dan mempercepat pembentukan daun. Namun demikian, respons tanaman terhadap

peningkatan dosis tidak selalu linier karena adanya perbedaan alokasi sumber daya fisiologis antar organ tanaman (Vyas et al., 2022).

Jumlah cabang menunjukkan respons terbaik pada perlakuan 75 g/polibag (16,67 cabang), sedangkan terendah pada kontrol (13,20 cabang). Peningkatan jumlah cabang menunjukkan bahwa perbaikan sifat media tanam akibat pemberian vermikompos mampu merangsang pertumbuhan tunas lateral. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kesuburan tanah, baik fisik, kimia, maupun biologis, yang meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman (Mahala & Sharma, 2022). Aktivitas mikroba tanah yang meningkat akibat penambahan bahan organik juga berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan cabang pada tanaman edamame.

Bobot basah akar tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan dengan kisaran 2,12–2,63 g. Meskipun terdapat kecenderungan peningkatan pada perlakuan 50 g/polibag, secara statistik respons akar relatif stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem perakaran edamame memiliki respons fisiologis akar relatif stabil terhadap perlakuan. Variasi ketersediaan unsur hara menyebabkan dengan perubahan dosis vermikompos tidak secara langsung memengaruhi akumulasi biomassa akar (Dadi & Gebirehiwot, 2021).

Berbeda dengan bobot akar, jumlah bintil akar menunjukkan respons yang nyata terhadap perlakuan vermikompos. Nilai tertinggi terdapat pada 75 g/polibag (22,33 buah), sedangkan terendah pada 50 g/polibag (17,25 buah). Peningkatan

jumlah bintil akar menunjukkan bahwa vermikompos mampu memperbaiki kondisi lingkungan perakaran yang mendukung aktivitas *Rhizobium* dalam proses nodulasi. Hal ini berkaitan dengan peningkatan bahan organik, ketersediaan fosfor, serta aktivitas mikroba tanah yang berperan dalam mendukung simbiosis legum–*Rhizobium* (Calapardo & Manigo, 2024). Selain itu, kandungan humus dan mikroorganisme dalam vermikompos turut meningkatkan aktivitas biologis tanah yang mendukung pembentukan nodul (Senarathne, 2018).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa vermikompos berperan dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan aktivitas simbiosis akar tanaman edamame, namun dengan respons yang berbeda pada setiap parameter. Dosis 75 g/polibag memberikan hasil optimal pada jumlah cabang dan jumlah bintil akar, sedangkan dosis 100 g/polibag menghasilkan jumlah daun

tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kisaran dosis optimum relatif vermikompos yang berbeda untuk setiap komponen pertumbuhan, yang dipengaruhi oleh keseimbangan ketersediaan unsur hara, aktivitas mikroba tanah, serta alokasi sumber daya fisiologis tanaman (Dadi & Gebirehiwot, 2021).

Pengaruh Vermikompos terhadap Fase Generatif dan Komponen Hasil Tanaman

Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi vermikompos memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh komponen hasil tanaman edamame yang diamati, yaitu jumlah polong bernas, jumlah polong hampa, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan bahwa vermikompos berperan penting dalam meningkatkan komponen hasil tanaman pada fase generatif.

Tabel 3. Respons komponen hasil tanaman edamame terhadap aplikasi vermikompos

Dosis Vermikompos	Jumlah Polong Bernas (polong)	Jumlah Polong Hampa (polong)	Berat Biji Per Tanaman (gram)	Berat Per 100 Biji (gram)
0,0 g/polibag	7,92b	2,50b	11,09c	75,54b
25 g/polibag	9,92ab	1,58ab	11,01d	74,92c
50 g/polibag	9,25ab	2,67a	10,83e	73,90e
75 g/polibag	10,25ab	1,33ab	11,81b	74,60d
100 g/polibag	12,25a	0,92c	12,60a	79,93a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Jumlah polong bernas menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya dosis vermikompos, dengan nilai tertinggi pada perlakuan 100 g/polibag (12,25 polong) dan berbeda nyata dibandingkan kontrol (7,92 polong). Peningkatan ini mengindikasikan bahwa ketersediaan unsur hara, terutama fosfor dan kalium, berperan dalam mendukung pembentukan bunga, polong, serta translokasi fotosintat ke organ generatif. Vermikompos diketahui menyediakan unsur hara makro,

mikro, serta bahan organik yang meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pembentukan hasil tanaman (Pooja et al., 2022). Selain itu, peningkatan P dan K berkontribusi terhadap efisiensi pembentukan polong dan pengisian biji (Atteya et al., 2021).

Sebaliknya, jumlah polong hampa cenderung menurun pada dosis tinggi, dengan nilai terendah pada 100 g/polibag (0,92 polong), sedangkan tertinggi pada 50 g/polibag (2,67 polong). Penurunan ini

menunjukkan bahwa peningkatan dosis vermikompos dapat memperbaiki keberhasilan pengisian polong. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan perbaikan ketersediaan hara serta peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah yang mendukung proses penyerbukan dan pengisian biji (Mir et al., 2021). Namun demikian, respons ini dapat bersifat tidak linier tergantung kondisi lingkungan, jenis tanaman, serta interaksi dengan input nutrisi lainnya (Gorai et al., 2024).

Berat biji per tanaman meningkat seiring peningkatan dosis vermikompos, dengan nilai tertinggi pada 100 g/polibag (12,60 g) dan terendah pada kontrol (11,09 g). Peningkatan ini menunjukkan adanya perbaikan efisiensi fotosintesis dan translokasi asimilat ke biji. Vermikompos juga memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, serta menyediakan unsur hara secara bertahap yang mendukung pertumbuhan generatif tanaman (Aslam et al., 2025). Pola serupa juga terlihat pada berat 100 biji, dengan nilai tertinggi pada 100 g/polibag (79,93 g), yang menunjukkan bahwa kondisi nutrisi yang lebih baik mendukung pengisian biji secara optimal. Hasil ini sejalan dengan laporan bahwa bobot biji dipengaruhi oleh ketersediaan hara, aktivitas mikroba tanah, serta sinergi input biologis (Lanzas et al., 2022).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi vermikompos terutama pada dosis 100 g/polibag memberikan pengaruh terbaik terhadap komponen hasil tanaman edamame. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis vermikompos mampu

KESIMPULAN

Aplikasi vermikompos sebagai kombinasi dengan pengurangan 50% dosis pupuk NPK memberikan pengaruh nyata terhadap sebagian besar parameter pertumbuhan dan produktivitas tanaman edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada tanah Oxisol. Vermikompos meningkatkan

memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan ketersediaan unsur hara, serta mendukung proses fisiologis tanaman pada fase generatif. Vermikompos mengandung N, P, K, mikroelemen, bahan organik, dan humus yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah, ketersediaan air, dan aktivitas biologis tanah (Coulbaly et al., 2021). Selain itu, vermikompos juga dilaporkan mengandung senyawa bioaktif dan hormon tumbuh yang dapat merangsang pembungaan, pembentukan polong, dan pengisian biji melalui peningkatan translokasi fotosintat (Sheikha et al., 2022).

Secara mekanistik, peningkatan hasil berkaitan dengan peran fosfor dan kalium dalam pembungaan, pembentukan polong, serta efisiensi transport energi ke biji (Gül & Arslanoğlu, 2020). Aktivitas mikroorganisme tanah yang meningkat akibat vermikompos juga berkontribusi terhadap mineralisasi hara, pelarutan fosfor, dan peningkatan ketersediaan nutrisi (Lida et al., 2024). Meskipun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap vermikompos tidak selalu linier dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, jenis tanaman, serta kombinasi dengan input nutrisi lainnya (Paćzka et al., 2021).

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan adanya kisaran dosis optimum vermikompos untuk meningkatkan hasil edamame, dengan kecenderungan terbaik pada dosis 100 g/polibag, meskipun respons setiap komponen hasil dapat berbeda sesuai mekanisme fisiologis tanaman dan kondisi lingkungan.

jumlah daun, jumlah cabang, jumlah bintil akar, jumlah polong bernas, berat biji per tanaman, serta berat 100 biji, namun tidak berpengaruh nyata terhadap bobot basah akar. Secara umum, kombinasi 50% NPK dengan 100 g vermikompos per polibag memberikan respons terbaik pada sebagian besar komponen hasil, sedangkan dosis 75

g per polibag menunjukkan respons tertinggi pada jumlah cabang dan jumlah bintil akar. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat variasi respons tanaman terhadap pemberian vermikompos pada setiap parameter pertumbuhan dan hasil. Dengan demikian, vermikompos berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk NPK pada budidaya edamame di tanah Oxisol berdasarkan respons pertumbuhan dan hasil tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Afendy, F. I., Hayati, R., & Widiarso, B. (2024). Status Kesuburan Tanah Inceptisol pada Perkebunan Kelapa Sawit PT. Dinamika Multi Prakarsa di Kecamatan Semitau Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 13(2), 724. <https://doi.org/10.26418/jspe.v13i2.7278>
- Aji, H. B., & Teapon, A. (2020). Pengaruh Batuan Induk dan Kimia Tanah Terhadap Potensi Kesuburan Tanah di Kabupaten Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 22(3), 342. <https://doi.org/10.21082/jpntp.v22n3.2019.p342-352>
- Aldi, J., Abdurrahman, T., & Hariyanti, A. (2022). Pengaruh Pupuk Kotoran Kambing dan NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame pada Tanah Aluvial. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(1), 103. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i1.59040>
- Ashworth, A. J., Adams, T. C., Nieman, C. C., Franco, J. G., & Owens, P. (2022). Subsurface banding poultry litter influences edamame yield, forage quality, and leaf greenness. *Agronomy Journal*, 114(3), 1833–1841. <https://doi.org/10.1002/agj2.21048>
- Aslam, Z., Ahmad, A., Aziz, M. M., Mushtaq, Z., Zuhra, N., & Alasmari, A. (2025). Impact of organic and inorganic sources of nutrition on the morpho-physiological, biochemical, yield traits and uptake of nutrients by mung bean (*Vigna radiata* L.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 53(5), 2260–2284. <https://doi.org/10.1080/01140671.2025.2458816>
- Atteya, A. K. G., Albalawi, A. N., El-Serafy, R. S., Albalawi, K. N., Bayomy, H. M., & Genaidy, E. A. E. (2021). Response of Moringa oleifera Seeds and Fixed Oil Production to Vermicompost and NPK Fertilizers under Calcareous Soil Conditions. *Plants*, 10(10), 1998. <https://doi.org/10.3390/plants10101998>
- Bella, A. D., Muyassir, M., & Syakur, S. (2025). Nutrient index value status for edamame (*Glycine max* (L.)) development planning in Bener Meriah Regency. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1477(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1477/1/012007>
- Brooks, K., Reiter, M. S., Zhang, B., & Mott, J. (2023). Edamame Yield and Quality Response to Nitrogen and Sulfur Fertilizers. *Agronomy*, 13(7), 1865. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071865>
- Calapardo, M. J. M., & Manigo, B. I. (2024). Enhancing Herbage Growth, Yield and Quality of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) using Bio-Organic Nutrients in Varied Soil Media. *Sains Malaysiana*, 53(3), 533–547. <https://doi.org/10.17576/jsm-2024-5303-05>
- Coulibaly, S. S., Touré, M. K., Kouamé, A. E., Kambou, I. C., Soro, S., Yéou, K. I., Koné, S., & Zoro, B. I. A. (2021). Vermicompost as an Alternative to Inorganic Fertilizer to Improve Okra

- Productivity in Côte d'Ivoire. *Open Journal of Soil Science*, 11(01), 1–12.
<https://doi.org/10.4236/ojss.2021.111001>
- Dadi, T. G., & Gebirehiwot, H. T. (2021). The Importance, Unexploited Opportunities and Challenges of Vermicomposting Technology in Ethiopia.
<https://doi.org/10.20944/preprints202110.0317.v1>
- Eviati, Sulaeman, Herawaty L, Anggria L, Esman, Tantika HE, Prihatini R, Wuningrum P. 2023. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk. Ed ke-3. Bogor: Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- Figini, M., Francesco, V. D., Finato, N., & Errichetti, E. (2020). Dermoscopy in adult colloid milium. *The Journal of Dermatology*, 47(4).
<https://doi.org/10.1111/1346-8138.15232>
- Gorai, S., Darvhankar, M. S., Mathpal, B., & Bag, A. G. (2024). Judicial nutrient management for sustainable production of groundnut: A Review. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(4), 173–186.
<https://doi.org/10.33545/2618060x.2024.v7.i4c.555>
- Gül, S., & Arslanoğlu, F. (2020). The Influence of Organic Fertilizer Applications on Seed Yield And Some Quality Properties of Soybean Grown As Second Crop. *Uşak Üniversitesi Fen Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 114–126.
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.804807>
- Karimah, R., Purwanto, B. H., Hanudin, E., Utami, S. N. H., & Maimunah, M. A. (2024). Effect of Different Types of Biochar Applications and Phosphate Fertilizer on the Quality and Yield of Edamame Soybeans on Andisols. *Caraka Tani Journal of Sustainable Agriculture*, 39(1), 117.
<https://doi.org/10.20961/carakatani.v39i1.80217>
- Katiyar, R. B., Suresh, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Pratap-Singh, A., Mishra, S., Ayub, R., Jeon, B., & Khan, M. A. (2023). Vermicompost: An Eco-Friendly and Cost-Effective Alternative for Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 15(20), 14701.
<https://doi.org/10.3390/su152014701>
- Lanzas, T., Kumar, M., Bhushan, A., Kumar, S., Chopra, S., Kumar, S., & Samnotra, R. K. (2022). Influence of integrated nutrient management and sowing dates on growth, yield and quality of broad bean (*Vicia faba* L.). *Vegetable Science*, 49(01), 62–68.
<https://doi.org/10.61180/vegsci.2022.v49.i1.10>
- Li, X., Welbaum, G. E., Rideout, S. L., Singer, W. M., & Zhang, B. (2022). Vegetable Soybean and Its Seedling Emergence in the United States.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.102622>
- Lida, S., Doruk, K., Mibang, A., Basar, K., Akli, N., Meena, T., Elavarasi, P., & Keerthana, S. (2024). Enhancing Black Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] Yield with Composts and Biofertilizers: A Comprehensive Analysis of Variety- VL Bhat 201. *Archives of Current Research International*, 24(6), 190–198.
<https://doi.org/10.9734/acri/2024/v24i6777>
- Mahala, P., & Sharma, R. K. (2022). Effect of different growth media on biometric parameter of brinjal and chilli seedlings under shade net house. *Journal of Horticultural Sciences*, 17(2), 347–352.
<https://doi.org/10.24154/jhs.v17i2.1340>
- Medrado, P. H. da S., Júnior, A. L. G., Santos, G. C. dos, Júnior, J. B. T., & Itako, A. T. (2022). Efficiency of different strains of *Trichoderma* on

- the control of *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* and *Sclerotium cepivorum*. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 44, e60072.
<https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v44i1.60072>
- Mir, R. A., Shrivastava, S., Pawaiya, P. S., & Samadhiya, H. (2021). Application of *Aporrectodea caliginosa* to Mitigate the Waste and the Effects of Vermicompost on the Exomorphological Features of *Phaseolus vulgaris*. *Advances in Agriculture*, 2021, 1–9.
<https://doi.org/10.1155/2021/8363203>
- Nurnikmat, T. Z., Arabia, T., & Sufardi, S. (2020). Kandungan Fe, Al, dan Si Bebas dan Status Kesuburan Tanah pada Entisol dan Inceptisol di Lahan Kering Jantho, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(2), 446–456.
<https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i2.10958>
- Ramadhana, D. D., Donantho, D., & Paranoan, R. R. (2019). Penilaian Status Kesuburan Tanah pada Lahan Pascatambang di Areal PT. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 2(1), 24.
<https://doi.org/10.35941/jatl.2.1.2019.2529.24-28>
- Rahmadani, F., Zahrah, S., Sulhaswardi, & Mulyani, S. (2023). The Effect of Giving Vermicompos Fertilizer and NPK 16:16:16 on Growth and Production of Edamame Soyabean (*Glycine Max (L) Merrill*). *Journal of Soilscape and Agriculture*, 2(1), 12–23.
<https://doi.org/10.19184/jsa.v2i1.446>
- Oyege, I., & Bhaskar, M. S. B. (2023). Effects of Vermicompost on Soil and Plant Health and Promoting Sustainable Agriculture. *Soil Systems*, 7(4), 101.
<https://doi.org/10.3390/soilsystems7040101>
- Pooja, P., Rana, M., Sharma, A., Mehla, O., Singh, D., Singh, A., & Verma, S. K. (2022). Vermicompost effect on soil and field crops: A review. *The Pharma Innovation*, 11(11), 2565–2569.
<https://doi.org/10.22271/tpi.2022.v11i11ae.17113>
- Pączka, G., Mazur-Pączka, A., Garczyńska, M., Hajduk, E., Kostecka, J., Bartkowska, I., & Butt, K. R. (2021). Use of Vermicompost from Sugar Beet Pulp in Cultivation of Peas (*Pisum sativum L.*). *Agriculture*, 11(10), 919.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11100919>
- Santi, L. P. (2020). Pemanfaatan Biochar Asal Cangkang Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Serapan Hara dan Sekuestrasi Karbon pada Media Tanah Lithic Hapludults di Pembibitan Kelapa Sawit. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 41(1), 9.
<https://doi.org/10.21082/jti.v41n1.2017.9-16>
- Santoso, U., Nugroho, A. E., Jumar, Saputra, R. A., & Nugraha, M. I. (2023). Morphological Performance of Edamame Applied by Livestock Manure in Acid Dry Land. 439–448.
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-128-9_43
- Senarathne, S. H. S. (2018). Effect of Vermicompost on Growth of Coconut Seedlings under Field Conditions in Sri Lanka. *Cord*, 34(1), 6.
<https://doi.org/10.37833/cord.v34i1.20>
- Sheikha, A. F. E., Allam, A. Y., Taha, M., & Varzakas, T. (2022). How Does the Addition of Biostimulants Affect the Growth, Yield, and Quality Parameters of the Snap Bean (*Phaseolus vulgaris L.*)? How Is This Reflected in Its Nutritional Value? *Applied Sciences*, 12(2), 776.

- <https://doi.org/10.3390/app12020776>
Syofiani, R., Putri, S. D., & Karjunita, N. (2020). Karakteristik Sifat Tanah Sebagai Faktor Penentu Potensi Pertanian Di Nagari Silokek Kawasan Geopark Nasional. *Jurnal Agrium*, 17(1).
<https://doi.org/10.29103/agrium.v17i1.2349>
- Vyas, P., Sharma, S., & Gupta, J. (2022). Vermicomposting with microbial amendment: Implications for bioremediation of industrial and agricultural waste. *Biotechnologia*, 103(2), 203–215.
<https://doi.org/10.5114/bta.2022.116213>
- Wicaksono, B., Sulakhudin, S., & Manurung, R. (2023). Karakteristik Sifat Kimia Tanah Ultisol Kebun Kelapa Sawit Desa Pangkalan Suka Kecamatan Nanga Tayap Kabupaten Ketapang. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(3), 624.
<https://doi.org/10.26418/jspe.v12i3.64124>