



## EFEKTIVITAS PUPUK ORGANIK CAIR DAN PUPUK NPK PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN CABAI

### EFFECTIVENESS OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER AND NPK FERTILIZER ON CHILI PLANT GROWTH AND YIELD

Rini Suryani\*, Rizky Septika Utami

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pat Petulai. Jl. Basuki  
Rahmat No. 13 Dwi Tunggal, Kelurahan Jalan Baru, Kecamatan Curup, Kabupaten  
Rejang Lebong, Provinsi Bengkulu, Indonesia

\*Korespondensi email : [azmi.10juni@gmail.com](mailto:azmi.10juni@gmail.com)

#### ABSTRAK

Cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang memerlukan ketersediaan unsur hara optimal untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan buah. Pemupukan menjadi faktor utama dalam peningkatan produktivitas cabai, baik melalui penggunaan pupuk anorganik seperti NPK maupun pupuk organik cair (POC). Tinjauan literatur ini membahas peran serta efektivitas aplikasi POC dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai. Hasil telaah menunjukkan bahwa NPK menyediakan unsur makro utama nitrogen, fosfor, dan kalium yang berperan dalam pembentukan klorofil, perkembangan akar, pembungaan, dan peningkatan produksi buah. POC berkontribusi dalam memperbaiki sifat tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, serta menyediakan unsur mikro. Kombinasi POC dan NPK dinilai lebih efektif dibandingkan penggunaan tunggal karena meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan mendukung pertanian berkelanjutan. Namun, diperlukan penelitian lanjutan terkait standar kualitas POC dan dosis optimum kombinasi untuk budidaya cabai.

**Kata kunci :** cabai, pupuk organik cair, NPK, integrasi pemupukan, hasil tanaman, pertanian berkelanjutan

#### ABSTRACT

*Chili pepper (Capsicum annuum L.) is a high economic value horticultural commodity that requires optimal nutrient availability to support vegetative growth and fruit formation. Fertilization is a key factor in increasing chili productivity, both through the use of inorganic fertilizers such as NPK and liquid organic fertilizer (LOF). This literature review discusses the role and effectiveness of LOF and NPK application on the growth and yield of chili plants. The review findings show that NPK supplies the primary macronutrients nitrogen, phosphorus, and potassium, which function in chlorophyll formation, root development, flowering, and increased fruit production. LOF contributes to improving soil properties, enhancing microbial activity, and supplying micronutrients. The combination of LOF and NPK is considered more effective than single use because it increases nutrient uptake efficiency and supports sustainable agriculture. However, further research is needed regarding LOF quality standards and the optimum dosage of the combination for chili cultivation.*

**Keywords:** chili peppers, liquid organic fertilizer, NPK, fertilizer integration, crop yield, sustainable agriculture

## PENDAHULUAN

Cabai adalah salah satu komoditas hortikultura dengan nilai ekonomi tinggi. Untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan buah, cabai memerlukan nutrisi yang cukup. Produktivitas cabai dipengaruhi oleh penerapan pupuk yang tepat, baik pupuk anorganik, seperti NPK, maupun pupuk organik, seperti pupuk organik cair (POC). Kombinasi kedua jenis pupuk tersebut memiliki potensi untuk meningkatkan hasil tanaman dan menjaga kesuburan tanah. Namun, penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dapat menurunkan kualitas tanah, sehingga perlu diintegrasikan dengan pupuk organik untuk mendukung produktivitas jangka panjang (Halawa et al., 2025; Miftahuljanna et al., 2023).

Pemupukan adalah salah satu tindakan utama dalam pemeliharaan tanaman, untuk mencapai pertumbuhan optimal. Pupuk berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen, kualitas tanah, dan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Constantia & Ferniah, 2020). Namun, penggunaan pupuk anorganik yang terus menerus akan menghabiskan stok mikroelemen seperti seng, besi, tembaga, mangan, magnesium, molibdenum, dan boron. Kondisi ini menyebabkan tanaman terhambat, mengalami penurunan produktivitas, dan lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit (Muliandini & Rahmayanti, 2022).

Berbeda dengan itu, penggunaan pupuk organik cair meningkatkan kesuburan tanah dan secara bersamaan memasok makro dan mikro nutrisi esensial seperti N, P, K, S, Ca, Mg, B, Mo, Cu, Fe, dan Mn yang dibutuhkan oleh tanaman (Zahroh et al., 2018). Pupuk organik cair juga memiliki keuntungan bahwa komponen-komponennya telah terdekomposisi sehingga lebih mudah dan cepat diserap oleh tanaman dibandingkan dengan pupuk padat (Makmur & Magfirah, 2018). Ketersediaan nutrisi dalam bentuk ion sederhana memungkinkan tanaman untuk memanfaatkan nutrisi secara efisien dalam mendukung proses fisiologis dan metabolisme seluler (Halawa et al., 2025).

Makmur & Magfirah (2018) menggambarkan pendekatan rasional terhadap pemupukan sebagai pendekatan yang mempertimbangkan, antara lain, keseimbangan dalam penerapan nutrisi yang terkandung dalam pupuk. Kelebihan satu nutrisi dapat menghambat penyerapan nutrisi lainnya, dan karenanya dapat berdampak negatif pada hasil panen. Oleh karena itu, pemahaman tentang interaksi nutrisi dan ketersediaan nutrisi di dalam tanah merupakan aspek kunci dalam mengembangkan strategi pemupukan yang efektif dan efisien (Amalia et

al., 2018). Penerapan pupuk organik cair dan pupuk NPK secara terintegrasi telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia dan mengurangi pencemaran lingkungan (Purnamasari et al., 2023). Kombinasi ini juga meningkatkan kandungan nutrisi, memperbaiki sifat tanah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, serta menjaga hasil yang tinggi (Ayal et al., 2018; Supriyanta et al., 2021). Pendekatan terintegrasi terhadap pemupukan ini dianggap sebagai cara untuk mengatasi kekurangan penggunaan pupuk tunggal dan mencapai pertanian berkelanjutan (Prasetyo & Evizal, 2021; Widyabudiningsih et al., 2021).

Nutrisi tanaman, yang merupakan bahan dasar untuk pertumbuhan, dapat dianalogikan dengan makanan bagi tanaman (Tando, 2019). Agar tanaman dapat berfungsi, ada dua kategori yaitu makro dan mikro nutrisi, namun hanya N, P, dan K yang dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar (Kasmawan et al., 2018). Dalam pertumbuhan vegetatif, Nitrogen dibutuhkan untuk pembentukan klorofil dan daun, fosfor dibutuhkan untuk akar dan dalam pembentukan bunga, sementara kalium dibutuhkan dalam pembentukan karbohidrat dan dalam ketahanan tanaman terhadap stres (Atmiyati & Hermawati, 2025; Kurniawan et al., 2017). Kekurangan salah satu nutrisi esensial tersebut dapat menghambat proses metabolisme dan secara signifikan menurunkan produktivitas tanaman (Kasmawan et al., 2018). Oleh karena itu, ketersediaan Nitrogen, Fosfor, dan Kalium yang memadai di dalam tanah adalah faktor utama yang memungkinkan tanaman tumbuh dan menghasilkan secara optimal (Tando, 2019). Selain keberadaan nutrisi, produktivitas tanaman juga ditentukan oleh kualitas tanah dan pengelolaan pemupukan yang memadai.

Ketersediaan nutrisi sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman tanah (Azurianti et al., 2022). Sementara subsistem tanah yang terlalu asam atau basa dapat menghambat kelarutan dan penyerapan nutrisi, pH tanah harus dikelola agar nutrisi tersedia bagi tanaman (Dewi et al., 2021; Makmur & Karim, 2020). Ketidakseimbangan kekurangan nutrisi dapat menyebabkan stunting, bahkan menyebabkan tanaman mengalami racun atau kekurangan. Oleh karena itu, penyediaan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam jumlah seimbang adalah faktor utama yang mendukung produksi optimal (Kurniawan et al., 2022; Novita et al., 2023).

Pemupukan yang tepat adalah faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas tanaman cabai, terutama merangsang penyediaan makro

nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan dan hasil optimal (Liu et al., 2024). Penyediaan unsur nutrisi yang tidak tepat, selain menghambat pertumbuhan tanaman, juga dapat menyebabkan pemborosan biaya. Oleh karena itu, pemupukan harus memprioritaskan kebutuhan dasar tanaman dalam menentukan dosis dan jenis pupuk yang tepat (Tando, 2019). Ketersediaan nutrisi yang seimbang sangat penting untuk keberhasilan metabolisme tanaman. Dalam dunia pertanian, kontribusi unsur hara terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangatlah vital. Tanpa unsur hara, tanaman tidak dapat berkembang dengan subur. Unsur hara pertumbuhan, seperti nitrogen, berfungsi untuk memperbaiki pertumbuhan vegetatif dan pembentukan protein. Sedangkan, unsur hara pembuatan fosfor berperan aktif dalam transfer energi serta meningkatkan efisiensi kerja kloroplas. Kalium membantu mencegah kerontokan bunga serta mempercepat pemasakan buah (Kurnia et al., 2021; Kurniawan et al., 2019; Ramayana et al., 2021). Sekali lagi, kalium juga berperan meningkatkan kekebalan tanaman terhadap hama dan penyakit, sehingga daun, bunga, dan buah tanaman tidak mudah gugur (Rustan et al., 2022).

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam tinjauan literatur ini adalah pendekatan analisis deskriptif dengan mengumpulkan, mengkaji, dan membandingkan berbagai sumber literatur yang relevan mengenai aplikasi POC (Pupuk Organik Cair) dan pupuk NPK dalam meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman cabai. Penelitian ini mencakup studi-studi sebelumnya yang membahas efektivitas kedua jenis pupuk tersebut dalam mendukung perkembangan tanaman cabai, baik dalam kondisi lapangan maupun eksperimen laboratorium. Data yang diperoleh dari berbagai jurnal, artikel, dan penelitian terkait akan dianalisis untuk mengidentifikasi pola-pola kesimpulan yang dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai manfaat dan potensi penggunaan POC dan pupuk NPK pada pertumbuhan tanaman cabai.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Konsep Dasar Pupuk Organik Cair (POC)**

Pupuk cair organik (POC) adalah contoh pupuk cair yang terbuat dari bahan organik yang telah difermentasi dengan makro dan mikro nutrisi yang dapat diserap dengan mudah oleh tanaman. POC dapat meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologis tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, dan juga dapat

mengandung promotor pertumbuhan tanaman. Pada tanaman cabai, penggunaan POC sangat bermanfaat karena meningkatkan pertumbuhan akar, memperbaiki penyerapan nutrisi, dan mendukung pertumbuhan vegetatif.

POC juga mengandung makro nutrisi nitrogen, fosfor, dan kalium, yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen penting untuk pembentukan tunas, batang, dan daun; fosfor mendukung biomassa akar dan pembentukan buah; dan kalium meningkatkan kekebalan tanaman terhadap hama dan penyakit (Hasibuan et al., 2021). Selain itu, keberadaan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam POC menyebabkan pembentukan klorofil daun, meningkatkan vigor tanaman, dan merangsang pertumbuhan serta produksi tanaman (Suprapti & Sukma, 2022).

Dalam POC, nitrogen berperan besar dalam memfasilitasi pertumbuhan vegetatif, terutama dalam meningkatkan pembentukan klorofil melalui sintesis protein dan asam amino di dalam organ-organ tanaman (Novianto et al., 2020). Unsur nitrogen diperlukan sebagai penyusun protein yang membentuk jaringan tanaman dan sangat memengaruhi pertumbuhan tanaman di dalam tanah (Kusumawati et al., 2022). Nitrogen sebagai unsur penyusun protein sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman dan sangat memengaruhi pertumbuhan secara umum terutama pada fase vegetatif (Aditya & Permatasari, 2023). Unsur ini berperan dalam pembentukan asam amino, asam nukleat, nukleotida, dan klorofil tanaman, sehingga tanaman lebih hijau dan pesat pertumbuhannya serta meningkatkan protein hasil panen (Suhastyo, 2019).

Sama seperti nitrogen, fosfor juga berperan dalam memfasilitasi pembentukan sistem perakaran yang baik, serta mendukung perkembangan bagian vegetatif, yaitu bunga, biji, dan buah. Kalium, di sisi lain, berfungsi sebagai pengatur translokasi hasil fotosintesis serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Anggraini et al., 2020; Pertiwi et al., 2020; Rahardi et al., 2022). Fosfor yang terkandung dalam pupuk organik cair berperan memacu pertumbuhan akar, mempercepat pembentukan bunga, pematangan buah dan biji, serta mempercepat masa panen (Paramacanti, 2023).

POC juga memiliki fungsi penting dalam merangsang aktivitas mikroorganisme tanah yang menguntungkan seperti rhizobia, mikoriza, dan bakteri, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Indah, 2023). Sumber C organik adalah persyaratan utama, untuk mikroba tumbuh dan menjadi aktif, termasuk mikroba yang melarutkan fosfat dan yang membantu membebaskan fosfor tetap sehingga tanaman dapat menyerapnya dalam

bentuk ion (Yuliatiningsih et al., 2022). Fosfor yang diserap dalam jumlah yang cukup akan merangsang proses pembelahan sel dan pemanjangan akar, sehingga meningkatkan panjang akar (Yuliatiningsih et al., 2022). Peningkatan panjang dan luas permukaan akar juga meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi, sehingga memenuhi kebutuhan fisiologisnya dengan lebih efisien (Rais & Darwanto, 2016; Widodo et al., 2021).

Selain fosfor, kalium dalam POC berperan dalam proses fotosintesis dan dalam translokasi karbohidrat, karena kalium meningkatkan penyerapan karbon dioksida serta pergerakan gula dalam sintesis pati dan protein (Yusuf et al., 2018). Dengan demikian, kalium juga berkontribusi pada perbaikan kualitas hasil tanaman. Selain makro nutrisi, POC juga mengandung mikro nutrisi seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Zinc (Zn), Boron (B), dan Magnesium (Mg), yang memiliki peranan penting dalam fisiologi tanaman. Peran Mn dalam sintesis protein dan aktivasi enzim kunci siklus Krebs yang mendukung sintesis klorofil (Novianto et al, 2020). Tembaga, sebagai transporter elektron dalam kloroplas, dan magnesium, sebagai komponen pusat klorofil yang mengikat nitrogen untuk membentuk senyawa organik (Sangadji, 2019; Wasis & Badrudin 2019), juga sangat penting. Zinc dan boron, sebagai mikroelemen, juga berkontribusi pada pembentukan klorofil dan bertindak sebagai katalis dalam sintesis protein (Anhar et al, 2021; Mahadi et al, 2023). Pupuk, bersama dengan makro dan mikro nutrisi serta aktivasi mikroba tanah yang menguntungkan, memiliki potensi untuk bertindak sebagai sumber nutrisi yang penting yang merangsang pertumbuhan tanaman cabai dan juga meningkatkan kesuburan tanah dalam sistem pertanian berkelanjutan.

### **Konsep Dasar Pupuk NPK**

Pupuk NPK adalah pupuk anorganik yang mengandung tiga makronutrien; nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Nitrogen penting untuk pertumbuhan daun dan batang, fosfor mendorong perkembangan akar dan berbunga, dan kalium penting untuk pembentukan buah serta meningkatkan ketahanan tanaman. Untuk tanaman cabai, penerapan pupuk NPK penting untuk peningkatan berbunga, pembentukan buah, dan berat panen, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada dosis optimum sehingga tidak menyebabkan nutrisi yang tidak seimbang.

Pupuk NPK mengandung nitrogen yang penting untuk pembelahan sel dan pembesaran sel, fosfor yang membantu pembentukan daun, dan kalium yang mengatur pergerakan stomata

dalam pertumbuhan vegetatif dan mendukung (Novita et al., 2020). Nitrogen adalah komponen utama klorofil dan protein yang mendorong pertumbuhan vegetatif, fosfor terlibat dalam transfer energi dan dalam pengembangan akar serta sistem buah, sementara kalium berperan sebagai aktivator enzim dalam fotosintesis dan respirasi serta memperkuat batang tanaman (Ria et al, 2021; Titiaryanti dan Hastuti, 2023).

Unsur hara paling penting bagi tanaman untuk membangun bagian-bagian vegetatif seperti daun, batang, dan akar, adalah nitrogen (Damanik & Setyorini, 2021). Pemberian pupuk majemuk NPK telah terbukti meningkatkan ketersediaan nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman (Ramayana et al., 2021). Nitrogen merangsang pertumbuhan, menambah tinggi tanaman, dan membuat tanaman lebih hijau dengan mengandung banyak klorofil yang penting untuk fotosintesis (Shanti & Nirmala, 2018). Nitrogen juga berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan jaringan sel serta organ sel yang menyeluruh pada tanaman (Rahmah et al., 2021). Nitrogen juga berperan sebagai salah satu komponen dasar dalam sintesis protein, enzim, asam amino, dan klorofil yang mengatur banyak reaksi metabolisme pada tanaman (Novita et al., 2023).

Fosfor adalah makronutrien penting yang dibutuhkan untuk pembentukan energi pada tanaman melalui pembentukan ATP (Azizah et al., 2021). Fosfor membantu dalam pembentukan energi untuk aktivitas sel termasuk pembesaran dan pemanjangan sel batang (Marian & Tuhuteru, 2019). Sinaga et al., (2018) menyatakan bahwa fosfor juga dibutuhkan sebagai sumber energi untuk metabolisme dan sebagai komponen membran sel. Fosfor merupakan komponen asam nukleat, dan terlibat dalam proses fotosintesis dan pengaturan enzim (Kumar et al., 2021; Shahzad et al., 2019). Rosawanti (2020) menyatakan bahwa fosfor juga mempercepat pematangan buah, memperkuat batang, dan menyimpan serta mentransfer energi dalam bentuk ATP. Fosfor adalah salah satu dari tiga makronutrien yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar bersamaan dengan Nitrogen dan Kalium (Pane et al., 2022).

Kalium sebagai aktivator enzim fotosintesis dan respirasi, serta dalam pengaturan Tekanan Turgor sel (Dewi et al., 2021). Kalium juga berperan dalam translokasi karbohidrat, sintesis protein, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan (Launuru et al., 2020; Titiaryanti & Hastuti, 2023). Kalium meningkatkan laju fotosintesis dan dengan demikian fotosintat yang dihasilkan digunakan untuk pertumbuhan tanaman (Anjani et al., 2022). Selain itu, kalium membantu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap

serangan hama dan penyakit (Basmal et al., 2019) dan juga membantu dalam transportasi ion ke semua bagian tanaman (Harjanto et al., 2021). Selain nutrisi utama, pupuk NPK juga mengandung makronutrien sekunder seperti kalsium, magnesium, dan sulfur. Kalsium berfungsi untuk mempertahankan aktivitas meristem, sementara magnesium adalah komponen klorofil, dan sulfur terlibat dalam pembentukan protein dan vitamin (Aryani et al., 2019; Widodo et al., 2021). Elemen sulfur juga membantu dalam pembentukan klorofil dan meningkatkan penyerapan nitrogen dan fosfor (Kurniawan et al., 2023; Lessy & Pratiwi, 2020).

Pupuk NPK juga dilengkapi dengan mikroelemen seperti besi, boron, mangan, tembaga, seng, molibdenum, dan klorin, yang dibutuhkan dalam jumlah kecil tetapi sangat penting dalam metabolisme tanaman (Kasmawan, 2018). Mikronutrien berfungsi sebagai kofaktor enzim serta katalis dalam berbagai proses fisiologis tanaman (Istina, 2016; Novita et al., 2023; Wijayakusuma et al., 2023). Mangan, misalnya, berfungsi sebagai aktivator enzim dalam siklus Krebs serta membantu fotosintesis (Seran, 2017; Solangi et al., 2024). Mikronutrien lainnya seperti besi, tembaga, seng, dan boron juga mendukung metabolisme fisiologis tanaman (Seran, 2017; Zulfarosda et al., 2023; Najib, 2020). Oleh karena itu, pupuk NPK menyediakan elemen primer, sekunder, dan mikro yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai. Fosfor juga meningkatkan kemampuan akar untuk menyerap nitrogen dan kalium yang membentuk klorofil dalam fotosintesis untuk memproduksi karbohidrat dan protein yang penting untuk pembentukan buah (Putra et al., 2019). Oleh karena itu, aplikasi pupuk NPK merupakan salah satu strategi utama untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai.

### **Pengaruh POC Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Cabai**

Penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik cair memiliki kemampuan untuk meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun serta memperbaiki kondisi tanah. Efek pupuk organik cair terhadap hasil cabai bervariasi tergantung pada jenis pupuk organik, konsentrasi, dan metode aplikasi. Secara umum, pupuk organik cair lebih efektif sebagai pupuk pendukung karena kandungan nutrisinya relatif lebih rendah dibandingkan pupuk kimia.

Meskipun begitu, pupuk organik cair mengandung berbagai makro dan mikro nutrisi serta hormon tanaman yang memainkan peranan penting dalam proses fisiologis

tanaman. Konten nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, kalsium, besi, mangan, dan gibberelin dalam pupuk organik cair dapat mendukung inisiasi bunga dan meningkatkan ketersediaan fosfor melalui aktivitas mikroba pelarut fosfat (Yuliatiningsih et al., 2022). Mikro nutrisi magnesium, yang merupakan komponen klorofil, sangat penting dalam proses fotosintesis, sehingga ketersediaan makro dan mikronutrisi akan meningkatkan fotosintesis dan produksi karbohidrat untuk pertumbuhan tanaman (Selpiya et al., 2021).

Nutrisi serta unsur POC mengandung hormon tumbuh dan zat pengatur tumbuh yang berfungsi memacu pada penyerapan mikro dan vegetatif tanaman secara cepat (Hasten et al., 2022). POC memberikan unsur hara yang esensial serta N, P, K yang tersedia pada tanaman dan mudah diserap oleh tanaman yang berfungsi mempotensikan fotosintesis lebih optimal (Ramadhani & Mahmudah, 2020). POC dan berilah tanaman *Lactuca sativa* yang pada peningkatan fotosintesis N dan Mg lebih tersedia, yang berkorelasi pada peningkatan total klorofil daun (Eka et al., 2017).

Hasil dari penyediaan hara yang optimal berfungsi pada peningkatan luas daun dan biomassa vegetatif. N dalam tanaman diperlukan pada pembentukan jaringan daun (Aditya & Permatasari, 2023; Leksono, 2021). Proses fotosintesis menghasilkan energi dan karbohidrat yang dibutuhkan untuk pembentukan protoplasma, sehingga memperbesar ukuran sel, dan peningkatan berat basah tanaman (Eka et al., 2017; Leksono, 2021).

Penyesuaian dan peningkatan konsentrasi yang optimal harus diatur dengan baik karena dosis yang terlalu tinggi dapat mengganggu osmosis dan regulasi air dalam jaringan daun, yang mengakibatkan pertumbuhan vegetatif terhambat (Eka et al., 2017). Ion larutan tanah yang berlebihan dapat menurunkan potensial air, sehingga menghambat transportasi air dan nutrisi ke jaringan tanaman, dan dapat menyebabkan toksik akar (Aditya & Permatasari, 2023). Ketidakseimbangan yang disebabkan oleh penerapan dosis yang tidak tepat dapat menjadi bentuk defisiensi nutrisi yang menghambat aktivitas enzim, dan mengganggu metabolisme fisiologis tanaman (Eka et al., 2017).

Secara fisiologis, nitrogen memiliki peran dalam memanjang dan melebar daun serta dalam pembentukan klorofil, sedangkan fosfor berperan dalam metabolisme nitrogen dan dalam proses fotosintesis (Mahadi et al., 2023). Nitrogen juga merupakan komponen klorofil dan asam amino yang mendorong pertumbuhan, mendukung percabangan, dan meningkatkan produksi daun, serta massa dan hasil

keseluruhan dari tanaman (Aditya & Permatasari, 2023). Nitrogen adalah salah satu nutrisi esensial yang dibutuhkan dalam pembentukan protein di sel organ vegetatif tanaman (Mahadi et al., 2023). Nitrogen juga merupakan komponen klorofil, sehingga meningkatkan laju fotosintesis, dan juga mempengaruhi perkembangan jaringan meristem daun (Hanum & Jazilah, 2021).

Sedangkan, nitrogen yang cukup, membuat daun menjadi lebar dan menjadikan tanaman semakin produktif, karena klorofil lebih terfokus pada pembentukan asimilasi, yang mendukung pertumbuhan vegetatif (Chosim et al., 2024). Namun, pada kasus-kasus tertentu, seperti pada (Simbolon et al., 2018) menunjukkan, bahwa pada saat yang sama, tanaman secara jinak, dapat membentuk biji dan terhambat pada faktor-faktor biotik (hama dan penyakit), selama pada proses vegetatif, terdapat kelebihan suplai nitrogen. Menghambat potensi klorogenik dan aktivitas vegetatif, dengan mendefisiensi nitrogen, yang berkontribusi penting pada protoplas, dan secara langsung mendukung sintesis protein serta aktivitas fotosintesis, di dalam klorofil (Yusuf et al., 2018).

Secara umum bisa dilihat pada (Siswanto & Widowati, 2017; Yulian et al., 2016) bahwa, mendefisiensi nitrogen (N), pada tanaman (yang terjadi secara umum), menjadikan tanaman terhambat pertumbuhannya, berukuran kecil, serta berakar dangkal. Gejala yang tampak adalah daun tanaman menjadi pudar, dengan klorofil yang tidak dapat terbentuk dengan baik. Gejala lain pada (Manasikana et al., 2019; Narimah et al., 2022) adalah berkurangnya volume sistem perakaran yang diikuti oleh kehilangan daun (yang terasa) secara cepat. Lebih lanjut, dapat dilihat, bahwa karena banyak terjadinya proses yang tidak diinginkan, seperti yang jelas berhubungan dengan metabolisme (dalam hal ini berhubungan dengan pembentukan klorofil), dan pertumbuhannya, mendefisiensi nitrogen, juga berhubungan dengan menjadikan daun tanaman berwarna kuning. Gejala lain pada (Inaya et al., 2021; Suharjo et al., 2023) menyatakan, bahwa gejala ini seakan berhubungan secara langsung dengan adanya proses pertumbuhan yang terhambat karena aktivitas dari metabolisme yang tersendat.

Hasil penelitian Yusmayani (2019) menjelaskan bahwa nitrogen merupakan unsur hara yang sangat penting untuk menunjang proses fotosintesis pada tumbuhan. Mengingat kita pada Rahayu et al., (2019) bahwa dengan adanya proses fotosintesis yang kurang, maka sangat berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif tumbuhan. Nitrogen sangat berperan penting di dalam molekul klorofil, semakin tinggi kandungan nitrogen pada

tumbuhan, pertumbuhan vegetatifnya semakin subur dan warnanya semakin hijau. Hal ini diperkuat juga pada penelitian yang dilakukan oleh Tando (2019).

Meningkatnya nitrogen pada tumbuhan juga meningkatkan kandungan klorofil dan turgiditas sel daun (Widodo & Damanhuri, 2021). Sel-sel daun dapat melakukan ekspansi yang maksimal pada turgiditas yang optimal. Hal ini berpengaruh pada luas permukaan daun yang sangat menunjang untuk fotosintesis (Nurifah & Fajarfika, 2020; Saptorini et al., 2020).

Dari hal ini, kita dapat menyimpulkan bahwa adanya pengaruh POC pada pertumbuhan cabai sangat tergantung pada unsur hara yang tersedia, hormon tumbuh, dan kemampuan POC pada fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif. POC juga bermanfaat pada peningkatan pertumbuhan vegetatif cabai. POC tidak boleh digunakan sembarangan pada tanaman, karena dapat berdampak negatif seperti mengganggu keseimbangan fisiologis tanaman.

#### **Pengaruh Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Cabai**

Pemupukan NPK memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai, terutama dalam produksi buah. Ada penelitian yang menunjukkan hubungan dosis-respons di mana peningkatan dosis NPK hingga tingkat tertentu meningkatkan hasil, dan dosis yang berlebihan mengurangi efisiensi pemupukan serta berdampak negatif terhadap tanaman dan lingkungan.

Dari tiga nutrisi utama dalam NPK, nitrogen adalah yang paling bergerak dan paling cepat diserap oleh tanaman. N adalah komponen utama dari klorofil, dan terlibat dalam pembentukan protein dan enzim yang mendukung pertumbuhan vegetatif dan produktivitas tanaman. Oleh karena itu, pasokan nitrogen yang cukup selalu penting selama fase vegetatif, karena mendukung pertumbuhan daun, batang, akar, dan organ lain dari tanaman. Di sisi lain, pasokan nitrogen yang tidak mencukupi menyebabkan rendahnya kandungan klorofil, mengurangi kemampuan fotosintesis tanaman, dan jumlah produk asimilasi yang dihasilkan rendah.

Kebutuhan nitrogen dan unsur fosfor pada tanah cukup bagi pupuk NPK berfungsi dalam transfer energi serta pembentukan sistem akar yang lebih baik. Kalium berkontribusi pada transportasi asimilat, meningkatkan kualitas buah, dan memperkuat toleransi tanaman terhadap stres lingkungan (Muliandini & Rahmayanti, 2022; Samiri et al., 2019). N, P, dan K meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman yang mengisyaratkan bahwa pertumbuhan generatif tanaman, terutama pembungaan dan

pembentukan buah, akan optimal (Hendarto et al., 2021).

Penerapan pupuk NPK pada dosis yang direkomendasikan telah terbukti meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai, termasuk peningkatan jumlah cabang dan jumlah buah yang dihasilkan (Furqoni & Sugiyanta, 2025). Oleh karena itu, dosis pupuk NPK yang tepat menjadi salah satu faktor utama dalam mendukung produktivitas cabai secara optimal.

### **Sinergi Kombinasi POC dan NPK**

Kombinasi pupuk organik cair dan pupuk NPK memiliki potensi untuk memberikan hasil yang lebih baik daripada penggunaan secara individu. NPK menyediakan nutrisi yang tersedia dengan mudah bagi tanaman, sementara POC meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi. Pendekatan pemupukan terpadu ini lebih ramah lingkungan dan mendukung sistem pertanian berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik dosis tinggi.

Kombinasi pupuk organik cair dan NPK mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi melalui perbaikan sifat kimia dan biologi tanah sehingga nutrisi anorganik yang diberikan dapat digunakan oleh tanaman secara maksimal (Halawa et al., 2025). Kombinasi ini juga mencegah degradasi tanah dan pencemaran lingkungan, yang sering terjadi akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan (Halawa et al., 2025). POC mengandung makro dan mikro nutrisi penting yang bekerja secara sinergis dengan NPK, di mana nitrogen dan fosfor mendukung pertumbuhan vegetatif yang optimal dan pembentukan tajuk yang produktif (Atmiyati & Hermawati, 2025; Dewi et al., 2024). Ketersediaan nutrisi yang seimbang dari kedua jenis pupuk juga merangsang pembungaan lebih awal dan meningkatkan persentase pembentukan buah yang siap panen (Miftahuljanna et al., 2023; Pratiwi et al., 2021).

Aplikasi pupuk organik cair bersama dengan pupuk NPK terbukti mampu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak struktur tanah dan membunuh organisme tanah yang bermanfaat (Widyabudiningsih et al., 2021). Pengurangan penggunaan pupuk NPK dan penggantian dengan pupuk organik yang ramah lingkungan, termasuk POC, direkomendasikan untuk meminimalkan jejak karbon dan mendukung keberlanjutan ekosistem pertanian (Idawati et al., 2024). Aplikasi pupuk organik yang dipadukan dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan efisiensi penggunaan pupuk, dengan interaksi positif dalam

penggunaan kedua jenis pupuk (Purnamasari et al., 2023). Ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan POC secara signifikan berbeda dari kontrol negatif karena kalium dalam POC lebih tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman cabai (Karim et al., 2019).

Mengintegrasikan pupuk organik cair dan anorganik juga bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang relatif mahal dan memiliki pasokan yang terbatas, serta mencegah kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan dosis tinggi secara berulang (Ayal et al., 2018; Narimah et al., 2022). Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan telah mengurangi kesuburan tanah, sehingga diperlukan strategi pemupukan yang terpadu untuk memelihara keseimbangan pada agroekosistem (Irnawati et al., 2025). Pemupukan anorganik dalam takaran yang berlebihan juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga mengurangi kesuburan tanah (Syamsiyah et al., 2023).

Tanah dapat diperbaiki kesuburannya dengan memanfaatkan POC, yang mempunyai keunggulan unsur haranya sudah terlarut dan lebih cepat diserap oleh tanaman dibandingkan dengan pupuk organik padat (Prasetyo & Evizal, 2021). POC juga mengandung senyawa organik aktif dan hormon yang dapat merangsang pertumbuhan mikrobia, sehingga membantu fosfor yang terikat pada koloid tanah untuk menjadikannya lebih tersedia bagi tanaman (Yuliatiningsih et al., 2022). Sebaliknya, pemanfaatan pupuk anorganik secara berlebihan tanpa diimbangi dengan input organik dapat berpotensi menjadikan tanah lebih terdegradasi dan produktivitasnya dalam jangka panjang dapat berkurang (Prasetyo & Evizal, 2021; Rezaldi & Hidayanto, 2022).

Tanah yang terdegradasi akibat penggunaan pupuk anorganik dapat dikaitkan dengan sisa pupuk yang dapat mengikat partikel tanah akibat kekerasan tanah, yang dapat menurunkan pH tanah, serta mengurangi populasi organisme tanah yang disebabkan oleh menurunnya bahan organik tanah (Fateha et al., 2020). Degradasi lahan mempengaruhi produktivitas lahan, disebabkan karena menurunnya aktivitas biologis tanah, yang menghambat proses mineralisasi dan sirkulasi hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Hermansyah et al., 2023; Khairiah et al., 2023). Penggunaan pupuk anorganik yang berkelanjutan dan tanpa menambah input organik akan menyebabkan tanah semakin terdegradasi dan menurunnya produktivitas, sehingga pupuk organik sebagai pelengkap dan penyeimbang sangat dibutuhkan (Widiyanti et al.,

2022). Penggunaan kombinasi pupuk organik cair dan pupuk anorganik dapat meningkatkan produksi asalkan dipakai pada waktu dan dosis yang tepat (Supriyanta et al., 2021).

Penggunaan pupuk anorganik jangka panjang tanpa tambahan input organik juga dapat berpotensi mengikis hara dan mineral penting tanah yang menyebabkan kurangnya kesuburan tanah dan mengganggu keseimbangan pada ekosistem (Sudirman et al., 2020; Suprapti et al., 2023). Penggunaan pupuk anorganik tanpa dibarengi penggunaan pupuk organik dapat menyebabkan kesuburan lahan seryah tanah kritis (Bertham et al., 2022; Soemarno et al., 2021). Oleh karena itu, untuk mempertahankan keseimbangan kesuburan tanah dari segi fisika, kimia, dan biologi dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk organik (Suprapti & Sukma, 2022).

POC menyediakan berbagai nutrisi makro dan mikro yang bekerja sama dengan pupuk NPK, di mana nitrogen dan fosfor mendukung pertumbuhan vegetatif yang optimal dan pembentukan tunas produktif (Dimawarnita et al., 2024). Pasokan nutrisi yang seimbang dari kedua pupuk ini mendorong pembungaan lebih awal dan meningkatkan pembentukan buah yang dapat dipanen (Mappanganro et al., 2019; Susilo, 2018). Di sisi lain, penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus tanpa pupuk organik dapat menyebabkan perubahan pada struktur, kimia, dan biologi tanah serta menurunkan kualitas tanah secara fisik, biologis, dan kimiawi (Aminah et al., 2023; Elfayetti et al., 2017). Keadaan seperti itu dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi, efisiensi pemupukan yang rendah, kerusakan struktur tanah, dan rendahnya aktivitas mikroba tanah (Anugrah, 2022; Roba, 2018). Tanah yang rusak akan kesulitan mendukung pertumbuhan tanaman dan perlu diperbaiki agar dapat kembali ke produktivitas yang optimal (Marjenah & Simbolon, 2021). Meskipun pupuk organik memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas tanah, penggunaannya umumnya memerlukan kuantitas yang lebih besar dibandingkan pupuk anorganik di lahan yang sama (Bertham et al., 2022). Meskipun demikian, pupuk organik cair memiliki keuntungan tidak merusak tanah dan tanaman, bahkan selama penggunaan terus-menerus, dan mengandung bahan pengikat yang memungkinkan larutan pupuk dimanfaatkan langsung oleh tanaman (Yudistira et al., 2022). Oleh karena itu, kombinasi POC dan NPK merupakan strategi pemupukan yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai sambil mempertahankan kesuburan tanah dan keberlanjutan agroekosistem.

### **Kesenjangan Penelitian**

Karim et al., (2019) dan Sebayang dan Sebayang (2020) menyatakan bahwa masih ada berbagai isu yang memerlukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh pupuk POC dan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil cabai. Sebuah celah utama dalam literatur adalah tidak adanya standar yang konsisten dan seragam untuk kualitas dan kandungan nutrisi POC. Karena POC dibuat menggunakan berbagai bahan organik dengan kualitas dan komposisi yang berbeda yang dapat mengarah pada ketidakkonsistenan nilai nutrisi, maka sulit untuk menetapkan formulasi standar untuk berbagai kultivar cabai. Literatur sebagian besar telah berfokus pada variasi jenis POC dan sebagian besar mengabaikan potensi variasi komponennya (Karim et al., 2019; Makmur & Magfirah, 2018).

Selain itu, penelitian mengenai kombinasi POC-NPK terkait dosis optimal dan frekuensi aplikasi masih minimal. Sebagian besar studi tidak sepenuhnya atau secara memadai menganalisis pengaruh pupuk gabungan ini terhadap pertumbuhan tanaman di berbagai tanah dan iklim, khususnya di daerah tropis dan di negara-negara dengan iklim tropis, seperti Indonesia (Rosliani et al., 2025). Dampak jangka panjang dari berbagai jenis pupuk terhadap kesehatan tanah sering kali diabaikan.

Penelitian tambahan masih diperlukan untuk membahas potensi implikasi ekonomi dari kombinasi pupuk. Ketergantungan petani pada pupuk kimia masih tinggi, meskipun pasokan pupuk anorganik sering kali habis, dan harga pupuk relatif tinggi (Amalia et al., 2018; I'thisom et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan studi komprehensif untuk menganalisis efisiensi pertanian dan potensi untuk mengurangi biaya produksi dengan menggunakan kombinasi pupuk organik cair dan NPK sebagai pengganti pemupukan (Halawa et al., 2025). Diharapkan pendekatan ini akan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, yang memiliki harga fluktuatif di pasar (Anjani et al., 2022; Makmur & Magfirah, 2018), dan mendukung penerapan pertanian berkelanjutan untuk memulihkan kualitas tanah dan produktivitas cabai (Andriyani et al., 2023).

Selanjutnya, penelitian empiris tentang kombinasi optimal pupuk organik cair dan NPK untuk budidaya cabai masih perlu diperluas, khususnya untuk pengembangan komposisi pupuk organik cair yang memenuhi standar dan efektivitas komparatif dengan variasi lain dari formulasi pupuk organik cair (Ekawandani & Halimah, 2021). Penelitian juga diperlukan untuk

mengeksplorasi penggunaan limbah organik, seperti limbah pasar, sebagai bahan baku untuk pupuk organik cair guna mengurangi biaya produksi pupuk bagi petani cabai (Putri et al., 2023).

Meneliti efisiensi berbagai jenis bioaktivator selama proses fermentasi POC selain bahan baku juga harus dilakukan untuk memahami ketersediaan nutrisi optimal untuk tanaman (Haryanta & Widya, 2024). Sejumlah studi telah mengungkapkan bahwa POC yang dibuat dari limbah pisang kapok kaya akan makro nutrisi N, P, K, Ca, dan Mg, sehingga memenuhi standar pemerintah, dan dapat digunakan sebagai pupuk alternatif (Karim et al., 2019). Selain itu, POC yang dihasilkan dari limbah tahu yang difermentasi dengan EM4, air kelapa, dan gula juga telah terbukti meningkatkan tingkat nutrisi; dengan demikian, ada potensi untuk lebih banyak formulasi POC menggunakan jenis limbah organik yang berbeda. Oleh karena itu, celah penelitian ini menunjukkan perlunya lebih banyak studi untuk menetapkan standar POC, mengidentifikasi kombinasi terbaik dari level dosis dengan NPK, menilai kualitas buah dan kesehatan tanah jangka panjang, serta mengevaluasi secara ekonomi efisiensi aplikasi terpadu pupuk dalam sistem budidaya cabai di Indonesia.

## KESIMPULAN

Terbukti, pupuk NPK sangat berperan yang sangat besar dalam meningkatkan hasil cabai, NPK menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif cabai. Pupuk POC berfungsi untuk membantu pertumbuhan cabai dengan memperbaiki kondisi tanah (tanah menjadi lebih aerasi dan berinteraksi lebih baik dengan hara) sehingga penyerapan hara menjadi lebih efisien. Pupuk POC dan NPK yang dipadukan menjadi sebuah strategi pemupukan yang berpotensi untuk meningkatkan produktivitas cabai secara optimal dan berkelanjutan. Namun, untuk menetapkan yang terbaik dalam dosis kombinasi, dibutuhkan buah yang lebih berkualitas, dari pada penelitian yang lebih untuk menilai dan berdampak pada kesuburan tanah dalam waktu yang lebih lama. Untuk lebih efisien dan lebih luas dalam lapangan, POC yang sudah diformulasikan dengan limbah organik, dengan fermentasi yang optimal, dan dengan budidaya yang lebih nyata, masih perlu di lebih dahulu lakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

Aditya, H. F., & Permatasari, F. D. (2023). Effect of different doses of liquid organic fertilizer on the growth of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Applied Plant*

- Technology*, 2(2), 128.  
<https://doi.org/10.30742/japt.v2i2.109>
- Amalia, W., Hayati, N., & Kusrinah, K. (2018). Perbandingan pemberian variasi konsentrasi pupuk dari limbah cair tahu terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Al-Hayat Journal of Biology and Applied Biology*, 1(1), 18.  
<https://doi.org/10.21580/ah.v1i1.2683>
- Aminah, A., Saida, S., Nuraeni, N., Numba, S., Syam, N., & Palad, M. S. (2023). Respon pertumbuhan dan produksi kacang hijau terhadap pemberian pupuk organik cair HerbaFarm dan pupuk NPK. *Perbal Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 11(2), 103.  
<https://doi.org/10.30605/perbal.v11i2.2311>
- Andriyani, I., Wahyuningsih, S., Novita, E., & Ernanda, H. (2023). Aplikasi pupuk organik untuk memperbaiki kualitas tanah pada lahan pertanian intensif di Hulu DAS Bedadung. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 11(1), 217–225.  
<https://doi.org/10.24843/beta.2023.v11.i01.p22>
- Anggraini, L., Kuswoyo, V. A., & Marsya, M. A. (2020). Pembuatan pupuk organik cair dari limbah pasar dengan perbandingan hasil menggunakan bioaktivator air tahu dan EM4. *Jurnal Jaring SainTek*, 1(1), 15–20.  
<https://doi.org/10.31599/jaring-saintek.v1i1.185>
- Anhar, T. M. S., Sitingjak, R. R., Fachrial, E., & Pratomo, B. (2021). Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit di tahap pre-nursery dengan aplikasi pupuk organik cair kulit pisang kepok. *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*, 24(1).  
<https://doi.org/10.30596/agrium.v23i2.6915>
- Anjani, B. P. T., Santoso, B. B., & Sumarjan. (2022). Pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) sistem tanam wadah pada berbagai dosis pupuk kascing. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomples*, 1(1), 1–8.  
<https://doi.org/10.29303/jima.v1i1.1091>
- Anugrah, S. S. P. I. P. (2022). Respon pertumbuhan dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L.) varietas Inpari 33 akibat kombinasi pupuk organik dan anorganik N, P, dan K [Dataset]. Zenodo.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5814306>
- Aryani, N., Hendarto, K., Wiharso, D., & Niswati, A. (2019). Peningkatan produksi bawang merah dan beberapa sifat kimia tanah Ultisol akibat aplikasi vermikompos dan pupuk pelengkap. *Journal of Tropical Upland Resources*, 1(1), 145–152.  
<https://doi.org/10.23960/jtur.vol1no1.2019.18>
- Atmiyati, S. U., & Hermawati, I. (2025). Efektivitas program penyuluhan pertanian dalam mendorong praktik pertanian

- berwawasan lingkungan: Studi kasus di Kecamatan Sawangan, Kabupaten Magelang. *Social: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 5(3), 1119–1125. <https://doi.org/10.51878/social.v5i3.6930>
- Ayal, Y. N., Kesaulya, H., & Matulesy, F. (2018). Aplikasi integrasi pupuk NPK dengan waktu pemberian pupuk organik cair pada tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 14(1), 14–19. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2018.14.1.14>
- Azizah, A. N., Widyasunu, P., & Rokhminarsi, E. (2021). Uji pupuk slow release urea dirakit dari berbagai bahan polimer terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah Tiron pada tanah sawah Purwosari. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 2, 53–58. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v2i.167>
- Azurianti, A., Wulansari, R., Athallah, F. N. F., & Prijono, S. (2022). The relation study of soil nutrient to productivity of productive tea plants in Pagar Alam tea plantation, South Sumatra. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 153–160. <https://doi.org/10.21776/ub.itsl.2022.009.1.17>
- Basmal, J., Saputra, R., Karnila, R., & Leksono, T. (2019). Ekstraksi unsur hara dari rumput laut *Sargassum* sp. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 14(1), 63–70. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v14i1.547>
- Bertham, Y. H., M, B. G., & Utami, K. (2022). Peningkatan pengetahuan masyarakat dalam pemberian pupuk organik dan anorganik untuk produktivitas tanaman. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(4), 2961–2966. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i4.9322>
- Chosim, N., Purnamasari, R. T., & Hidayanto, F. (2024). Growth and yield of carrot plants (*Daucus carota* L.) in combined doses of chicken cage organic fertilizer and NPK inorganic fertilizer. *Journal of Applied Plant Technology*, 3(1), 37–45. <https://doi.org/10.30742/pvz57r58>
- Constantia, J., & Ferniah, R. S. (2020). Vegetative growth of rainbow chili (*Capsicum annum* L.) in the treatment of PGPR, PGPR-NPK fertilizer, and PGPR-compost combination. *Agric*, 32(2), 95–104. <https://doi.org/10.24246/agric.2020.v32.i2.p95-104>
- Damanik, A. F., & Setyorini, T. (2021). Respon pertumbuhan dan hasil produksi tanaman tomat varietas Fortuna dengan perlakuan kombinasi pupuk tunggal pada komposisi media tanam berbeda. *Magazine Mitra Investor*, 10(4), 247. <https://doi.org/10.22146/veg.63043>
- Dewi, E., Agustina, R., & Nuzulina, N. (2021). Potensi limbah air cucian beras sebagai pupuk organik cair (POC) pada pertumbuhan sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agroristek*, 4(2), 40–47. <https://doi.org/10.47647/jar.v4i2.471>
- Dewi, F. A., Widyasunu, P., & Maryanto, J. (2021). Distribusi unsur hara kalium tanah dan kadarnya pada tanaman padi sawah di wilayah Sub DAS Serayu Hilir Kecamatan Sampang Kabupaten Cilacap. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 2, 117–123. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v2i.178>
- Dewi, W. T., Astija, A., Alibasyah, L. M., Nurdin, M., Isnainar, I., & Mawaddah, H. (2024). Effect of applying POC of *Musa paradisiaca* peel on the growth and production of tomato plants (*Solanum lycopersicum*). *GSC Advanced Research and Reviews*, 21(2), 88–95. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.21.2.0416>
- Dimawarnita, F., Faramitha, Y., & Aulia, W. D. (2024). Aplikasi pupuk cair berbasis tandan kosong kelapa sawit pada tanaman sorgum. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 29(2), 109–115. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v29i2.135>
- Eka, M., Noli, Z. A., & Periadnadi, P. (2017). Pemanfaatan sampah organik kota sebagai bahan dasar pupuk organik cair (POC) untuk pertumbuhan *Lactuca sativa* L. var. *crispa* dengan sistem vertikultur. *Metamorfosa Journal of Biological Sciences*, 4(2), 152–160. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2017.v04.i02.p03>
- Ekawandani, N., & Halimah, N. (2021). Pengaruh penambahan mikroorganisme lokal (MOL) dari nasi basi terhadap pupuk organik cair cangkang telur. *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v6i2.4944>
- Elfayetti, E., Sintong, M., Pinem, K., & Primawati, L. (2017). Analisis kadar hara pupuk organik kascing dari limbah kangkung dan bayam. *Jurnal Geografi*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.24114/jg.v9i1.6042>
- Fateha, R. N., Ilhaminnur, B., Soemarno, S., & Wandansari, N. R. (2020). Efektivitas pupuk organik dan interval penyiraman terhadap pertumbuhan dan produksi tomat. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 33–39. <https://doi.org/10.20961/agrotechresi.v4i1.41393>

- Furqoni, H., & Sugiyanta, S. (2025). Efektivitas pupuk anorganik (N dan Ca) terhadap daya hasil dan nilai ekonomi pada tanaman cabai. *Buletin Agrohorti*, 13(2), 157–165. <https://doi.org/10.29244/agrob.v13i2.63853>
- Halawa, N., Duha, F. A., Waruwu, A. S., Waruwu, L. P., Laoli, A., Giawa, B. B., Lawolo, A. J., & Zebua, H. P. (2025). Analisis perbandingan efektivitas pupuk kimia dan pupuk organik terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai. *Jurnal Hidroponik*, 2(1), 246–254. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.278>
- Hanum, N. N., & Jazilah, S. (2021). Pengaruh konsentrasi dan interval pemberian POC Morinsa terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *Acephala*). *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 17(1), 14–21. <https://doi.org/10.31941/biofarm.v17i1.1436>
- Harjanto, T. R., Bahri, S., & Nurhilal, M. (2021). Air laut tablet sebagai pupuk organik berbasis cleaner production. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), 187–197. <https://doi.org/10.14710/jil.20.2.187-197>
- Haryanta, D., & Widya, S. A. (2024). Liquid organic fertilizer (LOF) as a waste processing strategy to support increasing crop production: A review. *Journal of Applied Plant Technology*, 3(2), 106–114. <https://doi.org/10.30742/65vpgp22>
- Hasibuan, S., Nugraha, M. R., Kevin, A., Rumbata, N., Syahkila, S., Dhewanty, S. A., Fadillah, M. F., Kurniati, M., Trilanda, N., Afifah, S. N., & Shafira, T. (2021). Pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai pupuk organik cair di Kecamatan Rumbai Bukit. *PRIMA Journal of Community Empowering and Services*, 5(2), 154–160. <https://doi.org/10.20961/prima.v5i2.54635>
- Hasten, R., Puspitorini, P., & Kurniastuti, T. (2022). Response of growth and yield of basil (*Ocimum sanctum* L.) to several concentrations of liquid organic fertilizers and growth regulators. *Procedia of Engineering and Life Science*, 2. <https://doi.org/10.21070/pels.v2i0.1182>
- Hendarto, K., Widagdo, S., Ramadiana, S., & Meliana, F. S. (2021). Pengaruh pemberian dosis pupuk NPK dan jenis pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agrotropika*, 20(2), 110–118. <https://doi.org/10.23960/ja.v20i2.5086>
- Hermansyah, H., Tani, S. A. A., & Musnandar, E. (2023). Aplikasi kombinasi pupuk anorganik dan trichokompos terhadap produktivitas dan limbah jagung manis (*Zea mays* L. *saccharata*). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(2), 107–115. <https://doi.org/10.22437/jiip.v25i2.20285>
- l'thisom, M. Y., Jatmika, B., Agitarini, B. D., & Susanti, M. H. (2023). Pelatihan pembuatan pupuk organik cair (POC) pada kelompok PKK Desa Maguan dalam menyikapi permasalahan lingkungan. *Jurnal Bina Desa*, 5(2), 187–193. <https://doi.org/10.15294/jbd.v5i2.47782>
- Idawati, I., Sasongko, N. A., Santoso, A. D., Sani, A. W., Apriyanto, H., & Boceng, A. (2024). Life cycle assessment of cocoa farming sustainability by implementing compound fertilizer. *Global Journal of Environmental Science and Management*. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.02.26>
- Inaya, N., Armita, D., & Hafsan, H. (2021). Identifikasi masalah nutrisi berbagai jenis tanaman di Desa Palajau Kabupaten Jeneponto. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(3), 94–99. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v1i3.26114>
- Indah, T. (2023). The morphological and physiological response study of tabulampot belimbing (*Averrhoa carambola*) with the addition of local micro-organism fermented organic fertilizer (MOL). *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 8(1), 75–82. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v8i1.8790>
- Irnawati, I., Rispawati, R., Alqadri, B., & Atsar, A. (2025). Implementasi Peraturan Daerah Kota Bima Nomor 1 Tahun 2022 tentang perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan. *Social: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 5(1), 266–274. <https://doi.org/10.51878/social.v5i1.5149>
- Istina, I. N. (2016). Peningkatan produksi bawang merah melalui teknik pemupukan NPK. *Jurnal Agro*, 3(1), 36–43. <https://doi.org/10.15575/810>
- Karim, H., Suryani, A. I., Yusuf, Y., & Fatah, N. A. K. (2019). Pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) terhadap pemberian pupuk organik cair limbah pisang kepok. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 5(2), 89–97. <https://doi.org/10.26858/iifs.v5i2.11110>
- Kasmawan, I. G. A. (2018). Pembuatan pupuk organik cair menggunakan teknologi komposting sederhana. *Buletin Udayana Mengabdi*, 17(2), 67–72. <https://doi.org/10.24843/bum.2018.v17.i02.p11>
- Kasmawan, I. G. A., Sutapa, G. N., & Yuliara, I. M. (2018). Pembuatan pupuk organik cair menggunakan teknologi komposting sederhana. *Buletin Udayana Mengabdi*, 17(1), 103–109. <https://doi.org/10.24843/bum.2018.v17.i01.p18>

- Khairiah, A., Sulyanah, S., & Dasumiati, D. (2023). Respon pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa* L.) pada kombinasi pupuk organik granular dan anorganik. *AL-Kauniah: Jurnal Biologi*, 17(1), 220–228. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v17i1.35754>
- Kumar, S., Kumar, S., & Mohapatra, T. (2021). Interaction between macro- and micro-nutrients in plants: A review. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 665583. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.665583>
- Kurnia, N. H., Sasli, I., & Wasian, W. (2021). Pengaruh pemupukan fosfat dan kalium terhadap pertumbuhan dan hasil gabah padi hitam di sawah tadah hujan. *Jurnal Teknologi Pangan dan Industri Perkebunan (LIPIDA)*, 1(1), 31–38. <https://doi.org/10.58466/lipida.v1i1.1366>
- Kurniawan, E., Dewi, R., & Jannah, R. (2022). Pemanfaatan limbah cair industri kelapa sawit sebagai pupuk organik cair dengan penambahan serat tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(1), 76–89. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i1.7251>
- Kurniawan, E., Ginting, Z., & Nurjannah, P. (2017). Pemanfaatan urine kambing pada pembuatan pupuk organik cair terhadap kualitas unsur hara makro (NPK). (Manuskrip tidak dipublikasikan).
- Kurniawan, H., Indrawati, A., & Gusmeizal, G. (2019). Utilization of liquid palm organic fertilizers and M-Bio biological fertilizers against growth and production in okra plants (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 1(2), 113–120. <https://doi.org/10.31289/jiperta.v1i2.84>
- Kurniawan, W., Peniwiratri, L., & Ratih, Y. W. (2023). Aplikasi kompos limbah kulit kakao pada berbagai waktu pemberian terhadap ketersediaan hara-P dan pertumbuhan bayam merah. *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*, 19(1), 31–39. <https://doi.org/10.31315/jta.v19i1.9463>
- Kusumawati, P. E., Dewi, Y. S., & Sunaryanto, R. (2022). Pemanfaatan larva lalat black soldier fly (*Hermetia illucens*) untuk pembuatan pupuk kompos padat dan pupuk kompos cair. *Jurnal Techlink*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.59134/jtnk.v4i1.60>
- Launuru, S., Wachjar, A., & Kurniawati, D. A. (2020). Respon pertumbuhan tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. Perr.) dengan aplikasi pupuk organik-anorganik dan triakontanol. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 47(3), 326–334. <https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.26017>
- Leksono, A. P. (2021). Pengaruh konsentrasi dan interval pemberian POC urin kelinci terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 17(2), 57–64. <https://doi.org/10.31941/biofarm.v17i2.1610>
- Lessy, N. S., & Pratiwi, A. (2020). Pengaruh pupuk organik cair limbah bakpia dan tahu terhadap pertumbuhan bayam hijau (*Amaranthus viridis* L.). *BIOMA: Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(1), 117–124. <https://doi.org/10.26877/bioma.v9i1.6038>
- Liu, T., Lu, S., Wang, M., Wang, H., & Zhao, Z. (2024). Type of the paper: Article. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4950065>
- Mahadi, I., Nursal, N., Manulang, D., & Solfan, B. (2023). Pemanfaatan fermentasi limbah cair tahu terhadap pertumbuhan selada merah (*Lactuca sativa* L. var. Red) dengan teknik hidroponik sistem rakit apung. *Jurnal Agroteknologi*, 13(2), 69–78. <https://doi.org/10.24014/ja.v13i2.19329>
- Makmur, M., & Karim, H. A. (2020). Pengaruh berbagai dosis POC hasil fermentasi biogas terhadap pertumbuhan bibit tanaman kopi arabika (*Coffea arabica* L.) lini S 795. *Agro Bali Agricultural Journal*, 3(2), 220–229. <https://doi.org/10.37637/ab.v3i2.565>
- Makmur, M., & Magfirah, M. (2018). Respon pemberian berbagai dosis pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan perkembangan cabai merah. *Jurnal Galung Tropika*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.31850/igt.v7i1.321>
- Manasikana, A., Kuswanto, L., & Kusrinah, K. (2019). Pengaruh dosis rhizobium serta macam pupuk NPK terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max*) varietas Anjasmoro. *Al-Hayat Journal of Biology and Applied Biology*, 2(1), 28–35. <https://doi.org/10.21580/ah.v2i1.4647>
- Mappanganro, R., Kiramang, K., & Kurniawan, M. D. (2019). Pemberian pupuk organik cair (urin sapi) terhadap tinggi *Pennisetum purpureum* cv. Mott. *Jurnal Ilmu dan Industri Peternakan*, 4(1), 23–31. <https://doi.org/10.24252/jiip.v4i1.9815>
- Marian, E., & Tuhuteru, S. (2019). Pemanfaatan limbah cair tahu sebagai pupuk organik cair pada pertumbuhan dan hasil tanaman sawi putih (*Brassica pekinensis*). *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 17(2), 134–141. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v17i2.2663>
- Marjenah, M., & Simbolon, J. (2021). Pengomposan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* Solms) dengan metode semi anaerob dan penambahan aktivator EM4. *Agrifor*, 20(2), 265–272. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v20i2.5692>

- Miftahuljanna, M., Aziz, I. R., & Alfian, A. (2023). Uji pemberian dosis pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan tanaman cabai (*Capsicum frutescens* L.). *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 17(1). <https://doi.org/10.24252/teknosains.v17i1.35404>
- Muliandini, Y., & Rahmayanti, R. (2022). Pengaruh pemberian dosis pupuk bio-slurry cair terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 2(1), 34–41. <https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i1.57>
- Najib, M. F. (2020). Perbandingan produksi ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) akibat penambahan pupuk KCl dan pemberian pupuk mikro saat panen 7 bulan. *Inovasi Pembangunan: Jurnal Kelitbangan*, 8(3), 237–245. <https://doi.org/10.35450/jip.v8i03.212>
- Narimah, T., Irawati, E. B., & Waluyo, A. (2022). Effect of NPK fertilizer dose and POC concentration of gamal leaves on growth and yield of hijau nut plant (*Phaseolus radiatus*). *Agrivet*, 27(2), 58–66. <https://doi.org/10.31315/agrivet.v27i2.5088>
- Novianto, N., Effendy, I., & Aminurohman, A. (2020). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap pupuk organik cair hasil fermentasi sabut kelapa. *Agroteknika*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v3i1.67>
- Novita, E., Andriyani, I., Romadona, Z., & Pradana, H. A. (2020). Effect of variations on the type and size of organic waste on compost water content and growth of chili plant. *Jurnal Presipitasi*, 17(1), 19–28. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v17i1.19-28>
- Novita, M., Mahlil, Y., Habiya, U., & Ramadani, D. (2023). Pengaruh media tanam yang berbeda terhadap produktivitas tanaman kelor (*Moringa oleifera*). *Journal of Engineering Science and Technology Management*, 3(1), 5–12. <https://doi.org/10.31004/jestm.v3i1.90>
- Nurifah, G., & Fajarfika, R. (2020). Pengaruh media tanam pada hidroponik terhadap pertumbuhan dan hasil kailan (*Brassica oleracea* L.). *Jagros: Jurnal Agroteknologi dan Sains*, 4(2), 281–289. <https://doi.org/10.52434/jagros.v4i2.925>
- Pane, R. D. P., Ginting, E. N., & Hidayat, F. (2022). Mikroba pelarut fosfat dan potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 51–60. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i1.81>
- Paramacanti, P. N. (2023). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair *Tithonia diversifolia* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 5, 152–160. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v5i.716>
- Pertiwi, C. D., Herastuti, H., & Susilowati, S. (2020). The effects of liquid organic fertilizer various and *Trichoderma* sp. on the growth and yield of red cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra). *Agrivet*, 25(1), 1–8. <https://doi.org/10.31315/agrivet.v25i1.4144>
- Prasetyo, D., & Evizal, R. (2021). Pembuatan dan upaya peningkatan kualitas pupuk organik cair. *Jurnal Agrotropika*, 20(2), 68–76. <https://doi.org/10.23960/ja.v20i2.5054>
- Pratiwi, N. L. G. L., Sari, N. K. Y., & Lestari, N. K. D. (2021). Pengaruh pemberian pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Media Sains*, 5(1). <https://doi.org/10.36002/jms.v5i1.1491>
- Purnamasari, R. T., Hidayanto, F., & Rismanita, D. (2023). Growth and yield of Meranti tomatoes (*Lycopersicon pimpinellifolium*) effect of chrysanthemum flower waste organic fertilizer and Mutiara NPK anorganic. *Journal of Applied Plant Technology*, 2(2), 136–144. <https://doi.org/10.30742/japt.v2i2.110>
- Putra, I., Ariska, N., & Muslimah, Y. (2019). Aplikasi serbuk cangkang telur dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan produksi semangka (*Citrullus vulgaris* Schard.) pada tanah gambut Meulaboh. *Jurnal Agrotek Lestari*, 5(1). <https://doi.org/10.35308/jal.v5i1.1962>
- Putri, S. D., Ananto, A., & Marnis, R. (2023). Pengaruh pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah keriting (*Capsicum annum* L. var. Lado F1) terhadap dosis pupuk organik cair limbah organik pasar. *Jurnal Triton*, 14(1), 78–86. <https://doi.org/10.47687/jt.v14i1.265>
- Rahardi, I. P. Y. K., Madrini, I. A. G. B., & Wijaya, I. M. A. S. (2022). Pembuatan pupuk organik cair (POC) berbahan sampah buah-buahan dan sayuran pada rasio bahan dan headspace yang berbeda. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 11(2), 370–379. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2023.v11.i02.p15>
- Rahmah, V. N., Suprpto, P. K., & Nuryadin, E. (2021). Media ekstrak buah untuk pertumbuhan planlet anggrek *Vanda tricolor* secara in vitro. *Metamorfosa Journal of Biological Sciences*, 8(1), 131–138.

- <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2021.v08.i01.p14>
- Rais, M. R., & Darwanto, D. (2016). Analisis pengalaman petani organik: Eksplorasi pengalaman petani organik dengan interpretative phenomenological analysis. *Jurnal Penelitian Ekonomi dan Bisnis*, 1(2). <https://doi.org/10.33633/jpeb.v1i2.1998>
- Ramadhani, E., & Mahmudah. (2020). Aplikasi pupuk organik cair dari limbah pertanian dan perumahan terhadap produktivitas kedelai. *Jurnal Triton*, 11(1), 58. <https://doi.org/10.47687/jt.v11i1.107>
- Ramayana, S., Idris, S. D., Rusdiansyah, R., & Madjid, K. F. (2021). Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) terhadap pemberian beberapa komposisi pupuk majemuk pada lahan pasca tambang batubara. *Agrifor*, 20(1), 35. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v20i1.4877>
- Rezaldi, F., & Hidayanto, F. (2022). Potensi limbah fermentasi metode bioteknologi kombucha bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai pupuk cair terhadap pertumbuhan cabai rawit (*Capsicum frutescens* L. var. cengek). *Jurnal Pertanian Cemara*, 19(2), 79. <https://doi.org/10.24929/fp.v19i2.2239>
- Ria, P., Noer, S., & Marhento, G. (2021). Efektivitas pemberian nasi basi sebagai pupuk organik pada tanaman selada merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*). *EduBiologia Biological Science and Education Journal*, 1(1), 55. <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v1i1.8088>
- Roba, T. B. (2018). Review on the effect of mixing organic and inorganic fertilizer on productivity and soil fertility. *OALib*, 5(6), 1–10. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104618>
- Rosawanti, P. (2020). Kandungan unsur hara pada pupuk organik tumbuhan air lokal. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 6(2), 140. <https://doi.org/10.33084/daun.v6i2.1260>
- Roslani, R., Setiawati, W., Prathama, M., Murtiningsih, R., Moekasan, T. K., Gunaeni, N., Gunadi, N., Korlina, E., Udiarto, B. K., & Suryadi, Y. (2025). Eco-friendly plant nutrient management for chili growth, yield, and resistance in acidic soils. *Global Journal of Environmental Science and Management*. <https://doi.org/10.22034/qjesm.2025.20>
- Rustan, R., Ramadhan, F. D., Afrianto, M. F., Handayani, L., Lestari, A. P., & Manin, F. (2022). Perancangan alat pengukur kadar unsur hara NPK pupuk kompos. *Journal Online of Physics*, 8(1), 55. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i1.20838>
- Samiri, S., Radian, R., & Gafur, S. (2019). Pengaruh berat bibit dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jahe pada tanah gambut. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 12(2), 64. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v12i2.5529>
- Sangadji, Z. (2019). Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi pupuk organik cair Nasa terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis pada tanah sawah. *Median: Jurnal Ilmu-Ilmu Eksakta*, 10(1), 18. <https://doi.org/10.33506/md.v10i1.155>
- Saptorini, S., Supandji, S., & Taufik, T. (2020). Pengujian pemberian pupuk ZA terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah varietas Bauji. *Jurnal Agrinika: Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis*, 3(2). <https://doi.org/10.30737/agrinika.v3i2.731>
- Sebayang, N. S. (2020). Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian POC terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 8(1), 48. <https://doi.org/10.22373/biotik.v8i1.6085>
- Selpiya, A., Setyowati, N., Fahrurrozi, F., & Setyowati, N. (2021). Efektivitas pupuk organik cair paitan, babandotan dan eceng gondok pada tanaman bawang merah. *Agrin*, 24(2), 97. <https://doi.org/10.20884/1.agrin.2020.24.2.506>
- Seran, R. (2017). Pengaruh mangan sebagai unsur hara mikro esensial terhadap kesuburan tanah dan tanaman. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 2(1), 13. <http://jurnal.unimor.ac.id/JBE/article/view/518>
- Shahzad, R., Akbar, S., Jamil, S., Javed, M. A., Jamil, M. W., Fatima, N., & Iqbal, M. Z. (2019). Polymer coating based enhancement of fertilizer use efficiency and growth of wheat crop. *International Journal of Biology*, 14(2), 562–572. <https://doi.org/10.12692/ijb/14.2.562-572>
- Shanti, R., & Nirmala, R. (2018). Respon tiga varietas ubi kayu (*Manihot esculenta* L.) terhadap pemupukan di Kutai Timur. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 6(1), 46. <https://doi.org/10.36084/jpt.v6i1.142>
- Simbolon, J., Simanihuruk, B. W., Murcitra, B. G., Gusmara, H., & Suprijono, E. (2018). Pengaruh substitusi pupuk N sintetis dengan limbah lumpur sawit terhadap pertumbuhan dan hasil jagung manis. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2), 51–59. <https://doi.org/10.31186/jipi.20.2.51-59>
- Sinaga, P. D., Ruliyansyah, A., & Pramulya, M. (2018). Pengaruh komposisi media tanam terhadap pertumbuhan rumput gajah mini variegata (*Axonopus compressus*). *Jurnal*

- Arsitektur Lansekap*, 4(1), 120.  
<https://doi.org/10.24843/jal.2018.v04.i01.p15>
- Siswanto, B., & Widowati, W. (2017). Pengaruh pemberian pupuk petrogenik dan kompos pada vertisol bekas galian terhadap serapan N serta pertumbuhan tanaman jagung. *Buana Sains*, 17(1), 95.  
<https://doi.org/10.33366/bs.v17i1.582>
- Soemarno, S., Nurin, Y. M., Yunita, D. M., & Hanuf, A. A. (2021). Aplikasi lubang resapan biopori berkompos terhadap peningkatan fosfor pada agroekosistem kebun kopi robusta. *Agrotechnology Research Journal*, 5(1), 49.  
<https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v5i1.46623>
- Solangi, F., Zhu, X., Solangi, K. A., Iqbal, R., Elshikh, M. S., Alarjani, K. M., & Elsalahy, H. H. (2024). Responses of soil enzymatic activities and microbial biomass phosphorus to improve nutrient accumulation abilities in leguminous species. *Scientific Reports*, 14(1), 11139.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-61446-z>
- Sudirman, A. M., Arinong, A. R., & Ramli, R. (2020). Respon petani terhadap efektivitas pemberian POC urine sapi pada pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Agrisistem: Seri Sosek dan Penyuluhan*, 16(1), 33.  
<https://doi.org/10.52625/j-agr-sosekpenyuluhan.v16i1.104>
- Suharjo, U. K. J., Siburian, W. L., & Marlin, M. (2023). Uji enam racikan nutrisi hidroponik pada tanaman pakchoy (*Brassica rapa* L.) sebagai pengganti larutan AB-Mix. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 5, 251.  
<https://doi.org/10.30595/pspfs.v5i.730>
- Suhastyo, A. A. (2019). Pemberdayaan kelompok wanita tani melalui pelatihan pembuatan pupuk organik cair. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNSIQ*, 6(2), 60.  
<https://doi.org/10.32699/ppkm.v6i2.580>
- Suprapti, I., & Sukma, K. P. W. (2022). Difusi teknologi pembuatan pupuk cair organik menggunakan starter lokal. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (Abdira)*, 2(3), 11.  
<https://doi.org/10.31004/abdira.v2i3.153>
- Suprapti, I., Wulandari, S. E., Agustina, N. W. D., Putri, M. D., Arifin, A., Toha, E., & Romadhoni, A. H. (2023). Penerapan teknologi inovasi pembuatan pupuk Biosaka di Desa Ellak Laok Kecamatan Lenteng Kabupaten Sumenep. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 9(1), 16.  
<https://doi.org/10.21107/pangabdhi.v9i1.17333>
- Supriyanta, B., Padmini, O. S., Wicaksono, D., & Kundarto, K. (2021). The effect of liquid organic fertilizer concentration on growth and results of various sweet corn lines in marginal land using a drip irrigation system. *Agrivet*, 26(1), 8.  
<https://doi.org/10.31315/agrivet.v26i1.4305>
- Susilo, E. (2018). Aplikasi pupuk granular organik berbahan limbah sawit dan *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 11(2), 106.  
<https://doi.org/10.21107/agrovigor.v11i2.5058>
- Syamsiyah, J., Minardi, S., Khadaffi, J., Hartati, S., & Herdiansyah, G. (2023). Substitusi sebagian pupuk anorganik dengan bahan organik terhadap ketersediaan N, P, K dan hasil tanaman jagung pada tanah inceptisol. *Jurnal Agro*, 10(2), 242.  
<https://doi.org/10.15575/27875>
- Tando, E. (2019). Upaya efisiensi dan peningkatan ketersediaan nitrogen dalam tanah serta serapan nitrogen pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Buana Sains*, 18(2), 171.  
<https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1190>
- Titaryanti, N. M., & Hastuti, P. B. (2023). Penggunaan macam pupuk organik cair dan dosis pupuk NPK di pembibitan kelapa sawit main nursery. *Agrivet*, 29(1).  
<https://doi.org/10.31315/agrivet.v29i1.7081>
- Wasis, W., & Badrudin, U. (2019). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan produksi beberapa varietas tanaman terung (*Solanum melongena* L.). *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 14(1).  
<https://doi.org/10.31941/biofarm.v14i1.786>
- Widiyanti, R. K., Maryani, A. T., & Gani, Z. F. (2022). Respons pertumbuhan bibit karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) klon PB 260 satu payung terhadap pemberian pupuk kompos batang pisang. *Jurnal Agroteknologi*, 13(1), 25.  
<https://doi.org/10.24014/ja.v13i1.12421>
- Widodo, H., Wardani, L. A., & Kuswoyo, V. A. (2021). Pengaruh jenis bioaktivator dalam pembuatan pupuk organik cair dari limbah pasar, daun kering dan ampas tahu. *Agroindustrial Technology Journal*, 5(2), 38.  
<https://doi.org/10.21111/atj.v5i2.6714>
- Widodo, T. W., & Damanhuri, F. (2021). Pengaruh dosis nitrogen terhadap pembentukan tunas dan pertumbuhan padi ratun (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 21(1), 50.  
<https://doi.org/10.25047/jii.v21i1.2635>
- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., Shalihattunnisa, S., Riniati, R., Djenar, N.

- S., Hulupi, M., Indrawati, L., Fauzan, A., & Abdilah, F. (2021). Pembuatan dan pengujian pupuk organik cair dari limbah kulit buah-buahan dengan penambahan bioaktivator EM4 dan variasi waktu fermentasi. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*, 4(1), 30. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss1.art4>
- Wijayakusuma, I. G. N. L., Maasawet, T., & Boleng, D. T. (2023). The effect of combined liquid organic fertilizer of gamal leaves (*Gliricidia sepium*) and kepok banana peel (*Musa paradisiaca*) on the growth and yield of paprika (*Capsicum annuum* var. *grossum*). *Nabatia*, 11(1), 9. <https://doi.org/10.21070/nabatia.v11i1.1620>
- Yudistira, D. P., Lestari, W., & Dalimunthe, B. A. (2022). Uji lama perendaman dan dosis pupuk organik cair Biolemi terhadap pertumbuhan varietas Inpari 32 (*Oryza sativa* L.) di persemaian. *Jurnal Agroteknologi*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.24014/ja.v13i1.17145>
- Yulian, Y., Turmudi, E., Hindarto, K. S., Bustamam, H., & Hutajulu, J. N. (2016). Pertumbuhan vegetatif talas satoimo dan kultivar lokal pada dosis pupuk nitrogen yang berbeda. *Akta Agrosia*, 19(2), 167–172. <https://doi.org/10.31186/aa.19.2.167-172>
- Yuliatiningsih, N. P., Darmayasa, I. B. G., & Defiani, M. R. (2022). Pengaruh formulasi pupuk cair berbasis limbah organik dan penambahan konsorsium mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Biologi Udayana*, 26(1), 32. <https://doi.org/10.24843/jbiounud.2022.v26.i01.p04>
- Yusmayani, M. (2019). Analisis kadar nitrogen pada pupuk urea, pupuk cair dan pupuk kompos dengan metode Kjeldahl. *AMINA (Ar-Raniry Chemistry Journal)*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.22373/amina.v1i1.11>
- Yusuf, F., Hadie, J., & Yusran, M. F. H. (2018). Respon tanaman kedelai terhadap serapan hara NPK pupuk daun yang diberikan melalui akar dan daun pada tanah gambut dan podsolik. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 4(1), 17. <https://doi.org/10.33084/daun.v4i1.95>
- Zahroh, F., Kusrinah, K., & Setyawati, S. M. (2018). Perbandingan variasi konsentrasi pupuk organik cair dari limbah ikan terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *Al-Hayat Journal of Biology and Applied Biology*, 1(1), 50. <https://doi.org/10.21580/ah.v1i1.2687>
- Zulfarosda, R., Purnamasari, R. T., & Fibriani, V. (2023). Nutrient content of lettuce plants in a hydroponic system with the addition of acid solution. *Journal of Applied Plant Technology*, 2(2), 122. <https://doi.org/10.30742/japt.v2i2.108>