

Hilmi A'ini Nurthoyibah¹⁾, Aisyah²⁾, Paranita Asnur³⁾*

^{1,2,3} Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma,
email: hilmitoyibah@gmail.com,

²aisyahmp@staff.gunadarma.ac.id,

³paranita@staff.gunadarma.ac.id,

*penulis korespondensi

Optimalisasi Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai melalui Kombinasi Pupuk Organik Berbasis MA-11

(Optimization Of Soybean Growth and Productivity Using MA-11 Based Organic Fertilizer)

AGRISINTECH

Journal of Agribusiness and Agrotechnology

Vol. 6, No. 2 (Oktober 2025)

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of combining rabbit urine-based liquid organic fertilizer enriched with Microbacter Alfaafa-11 (MA-11) and goat manure on the growth and productivity of soybean. The experiment was conducted at the Experimental Field of the Center for Seed Development and Plant Protection (P2BPT), Cibubur, East Jakarta, from February to June 2025. A factorial randomized block design with two factors and three replications was applied. The first factor was liquid organic fertilizer (LOF) based on rabbit urine enriched with MA-11 (P0, P1, P2, P3), and the second factor was goat manure dosage (K1, K2, K3). The results showed that MA-11-based LOF did not significantly affect early vegetative growth but significantly influenced generative parameters, including flowering time, pod weight, seed weight, seed diameter, number of pods, and root nodules. Goat manure significantly affected vegetative growth and contributed to yield improvement through enhanced soil properties. Significant interactions between both treatments were observed in several yield components, indicating a synergistic effect between liquid and solid organic fertilizers. The best performance was generally achieved under the highest MA-11 concentration (P3) combined with the highest goat manure dose (K3). In conclusion, the combined application of MA-11-based LOF and goat manure effectively improved soybean productivity through enhanced nutrient availability and soil biological activity.

Keywords: Soybean; MA-11; Liquid Organic Fertilizer; Goat Manure; Productivity

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi pupuk organik cair berbasis urine kelinci yang diperkaya Microbacter Alfaafa-11 (MA-11) dan pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai. Penelitian dilaksanakan di Lahan Percobaan Pusat Pengembangan Benih dan Proteksi Tanaman (P2BPT), Cibubur, Jakarta Timur, pada Februari hingga Juni 2025. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah POC berbasis urine kelinci yang diperkaya MA-11 (P0, P1, P2, P3), sedangkan faktor kedua adalah dosis pupuk kandang kambing (K1, K2, K3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa POC berbasis MA-11 tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif awal, namun berpengaruh signifikan terhadap parameter generatif, meliputi umur berbunga, bobot polong, bobot biji, diameter biji, jumlah polong, dan jumlah bintil akar. Pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif dan meningkatkan komponen hasil melalui perbaikan sifat tanah. Terdapat interaksi nyata antara kedua perlakuan pada beberapa parameter hasil, yang menunjukkan adanya efek sinergis antara pupuk organik cair dan padat. Kombinasi perlakuan terbaik umumnya diperoleh pada perlakuan P3 dan K3. Dengan demikian, kombinasi POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing efektif dalam meningkatkan produktivitas kedelai melalui peningkatan ketersediaan hara dan aktivitas biologis tanah.

Kata kunci: Kedelai; MA-11; Pupuk Organik Cair; Pupuk Kandang Kambing; Produktivitas

Nurthoyibah et al., 2026

Optimalisasi Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai melalui Kombinasi Pupuk Organik Berbasis MA-11

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu komoditas pangan strategis di Indonesia karena berperan sebagai sumber utama protein nabati bagi masyarakat. Kedelai diketahui memiliki kandungan gizi yang sangat tinggi, yaitu protein mencapai 40% dan karbohidrat sebesar 35% (Ochtaviana *et al.*, 2025). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023), kebutuhan kedelai nasional mencapai sekitar 2,7 juta ton per tahun, sedangkan produksi dalam negeri hanya mampu memenuhi sekitar 20,7% dari total kebutuhan tersebut. Kondisi ini menyebabkan Indonesia masih bergantung pada impor kedelai dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Selain itu, rendahnya produktivitas kedelai juga berkaitan erat dengan kondisi kesuburan tanah yang menurun akibat rendahnya kandungan bahan organik. Menurut BRIN (2023), sekitar 65% lahan pertanian di Indonesia memiliki kandungan bahan organik kurang dari 2%, sehingga berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme tanah.

Secara global, kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu tanaman leguminosa terpenting yang dibudidayakan secara luas di dunia karena kandungan proteinnya yang tinggi serta peran strategisnya dalam mendukung ketahanan pangan, penyediaan pakan ternak, dan pengembangan agroindustri. Upaya peningkatan produktivitasnya kini didukung oleh pengembangan berbagai varietas unggul yang memiliki potensi hasil berbeda-beda sesuai lingkungan tumbuhnya (Sukmasari & Atma Wijaya, 2024). Meskipun memiliki nilai agronomis dan ekonomis yang tinggi, produktivitas kedelai pada banyak sistem pertanian tropis masih berada di

bawah potensi hasilnya. Salah satu kendala utama dalam produksi kedelai adalah pengelolaan hara yang belum optimal, terutama pada kondisi kesuburan tanah yang menurun akibat praktik budidaya intensif dan penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus tanpa diimbangi dengan penambahan bahan organik (Ngui *et al.*, 2024). Penggunaan pupuk kimia dalam jangka panjang tanpa pengayaan bahan organik dapat menurunkan struktur tanah serta menghambat aktivitas biologis tanah yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Oleh karena itu, penerapan strategi pemupukan berkelanjutan menjadi kebutuhan penting dalam menjaga produktivitas lahan pertanian (Xie *et al.*, 2023).

Pemupukan organik terpadu merupakan salah satu pendekatan penting dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Selain menyediakan unsur hara bagi tanaman, bahan organik mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pada budidaya kedelai, pengelolaan bahan organik yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif, pembentukan polong, serta bobot biji tanaman (Lestari *et al.*, 2018; Ngui *et al.*, 2024). Salah satu sumber bahan organik yang potensial adalah pupuk kandang kambing, yang memiliki kemampuan melepaskan unsur hara secara bertahap sehingga mampu mendukung kebutuhan nutrisi tanaman selama fase pertumbuhan hingga fase reproduktif (Abdulkareem *et al.*, 2024; Meidina & Suwardi, 2024).

Selain pupuk organik padat, pupuk organik cair (POC), khususnya yang berasal dari urine kelinci, juga semakin banyak dimanfaatkan dalam budidaya tanaman. POC urine kelinci diketahui memiliki kandungan nitrogen dan senyawa bioaktif yang cukup tinggi sehingga mampu merangsang

Nurthoyibah *et al.*, 2026

Optimalisasi Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai melalui Kombinasi Pupuk Organik Berbasis MA-11

pertumbuhan awal tanaman serta meningkatkan pembentukan klorofil (Widyawati & Oka Suparwata, 2024). Namun, efektivitas bahan organik tersebut sangat dipengaruhi oleh proses dekomposisi dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Oleh karena itu, penggunaan bioaktivator mikroba seperti *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) menjadi penting dalam meningkatkan kualitas pupuk organik. MA-11 merupakan konsorsium mikroba yang mengandung bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium* sp.) dan bakteri rumen yang mampu mempercepat penguraian bahan organik menjadi unsur hara yang lebih mudah diserap tanaman (Herlika *et al.*, 2020; Iskandar *et al.*, 2022).

Meskipun manfaat pupuk organik padat dan cair telah banyak dilaporkan, sebagian besar penelitian masih mengkaji penggunaannya secara terpisah atau tanpa proses fermentasi yang optimal. Informasi mengenai interaksi antara pupuk kandang kambing dan pupuk organik cair berbasis urine kelinci yang difermentasi menggunakan bioaktivator MA-11 terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai masih terbatas. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian pupuk organik cair urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* dan pupuk kandang kambing, baik secara tunggal maupun interaksinya, terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cangkul, sekop, sprayer, polybag berukuran 35 × 35 cm, label tanaman, gembor, mulsa plastik, penjepit mulsa, gelas ukur, ember, selang, timbangan, perangkap serangga kuning (*yellow trap*), kain flanel

berwarna hijau, ayakan tanah, alat ukur, serta alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih tanaman kedelai (*Glycine max* L.) varietas Migo Ratu Serang, tanah, sekam bakar, media tanam, bioaktivator *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11), pupuk kandang kambing, air, serta pupuk organik cair (POC) berbahan dasar urine kelinci.

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Lahan Percobaan Pusat Pengembangan Benih dan Proteksi Tanaman (P2BPT) Cibubur, Jakarta Timur, pada ketinggian 75–91 (mdpl), selama periode Februari hingga Juni 2025. Lokasi penelitian berada pada wilayah dataran rendah Jakarta yang memiliki karakteristik iklim monsun tropis.

Curah hujan selama pelaksanaan penelitian tergolong tinggi, terutama pada bulan Februari hingga April dengan rata-rata curah hujan masing-masing sebesar 350 mm, 300 mm, dan 259 mm. Pada bulan Mei dan Juni, curah hujan menunjukkan kecenderungan menurun menjadi masing-masing 148 mm dan 109 mm. Suhu udara harian selama penelitian berkisar antara sekitar 23–25 °C sebagai suhu minimum hingga ±30°C sebagai suhu maksimum, dengan tingkat kelembapan udara yang relatif tinggi, sesuai dengan karakteristik iklim tropis perkotaan di Jakarta (Tabel 1).

Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola perlakuan faktorial dan tiga ulangan. Penelitian terdiri atas dua faktor perlakuan.

Faktor pertama adalah pupuk organik cair berbasis urine kelinci yang difermentasi dengan *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11), yang terdiri atas empat taraf, yaitu:

Tabel 1. Data Iklim Bulanan (*BMKG 2025*)

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Udara (%)
Februari	350	14–18	24 – 30	85 – 90
Maret	300	13–17	24 – 31	80 – 88
April	259	10–15	25 – 31	78 – 85
Mei	148	7–10	25 – 32	75 – 82
Juni	109	5–8	26 – 32	70 – 78

P0 = pupuk organik cair tanpa Microbacter Alfaafa-11 (kontrol)

P1 = pupuk organik cair urine kelinci 40 mL L⁻¹ + Microbacter Alfaafa-11 50 mL L⁻¹

P2 = pupuk organik cair urine kelinci 40 mL L⁻¹ + Microbacter Alfaafa-11 75 mL L⁻¹

P3 = pupuk organik cair urine kelinci 40 mL L⁻¹ + Microbacter Alfaafa-11 100 mL L⁻¹

Faktor kedua adalah pemberian pupuk kandang kambing yang terdiri atas tiga taraf dosis, yaitu:

K1 = 126 g polybag⁻¹

K2 = 251 g polybag⁻¹

K3 = 377 g polybag⁻¹

Kombinasi kedua faktor menghasilkan 12 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas tiga tanaman, sehingga total unit pengamatan berjumlah 108 tanaman.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri atas beberapa tahapan, yaitu persiapan pupuk organik, persiapan media tanam, perkecambahan benih, pindah tanam, aplikasi pupuk, serta pemeliharaan tanaman.

1. Persiapan Pupuk Kandang Kambing

Pupuk kandang kambing dibuat menggunakan 1 ton pupuk kandang kambing yang dicampur secara merata dengan 30 kg dedak. Selanjutnya

ditambahkan 25 L air, 1 botol Microbacter Alfaafa-11 (MA-11) yang telah dilarutkan dalam air, serta 1 kg molase. Campuran tersebut disemprotkan secara merata pada tumpukan pupuk kandang, kemudian ditutup rapat menggunakan plastik hitam untuk menjaga kelembapan. Proses pengomposan berlangsung selama kurang lebih 1–2 minggu.

2. Persiapan Pupuk Organik Cair (POC) Urine Kelinci

Pupuk organik cair dibuat menggunakan 100 L urine kelinci yang dicampur dengan 1 botol Microbacter Alfaafa-11 (MA-11) dan 1 kg molase. Seluruh bahan dicampur hingga homogen dan disimpan dalam wadah tertutup. Campuran tersebut difermentasi selama 3–7 hari hingga proses fermentasi selesai.

3. Persiapan Media Tanam

Media tanam berupa tanah yang diambil dari lahan percobaan Pusat Pengembangan Benih dan Proteksi Tanaman (P2BPT), Cibubur. Tanah dikering anginkan dan diayak sebelum digunakan. Setiap polybag berukuran 35 × 35 cm diisi dengan 5 kg tanah. Pupuk kandang kambing diberikan sebagai pupuk dasar sesuai dengan taraf perlakuan pada rancangan percobaan.

4. Perkecambahan dan Persemaian Benih

Benih kedelai dikecambahkan menggunakan metode kertas lembap. Benih ditempatkan pada wadah dan

ditutup menggunakan kertas lembap untuk menjaga kelembapan. Kertas dibasahi setiap hari untuk mempertahankan kondisi lembap tanpa menyebabkan genangan air. Setelah sekitar dua hari, ketika radikula mulai muncul, benih yang telah berkecambah dipindahkan ke polybag persemaian berukuran 15×15 cm yang berisi campuran arang sekam dan media tanam dengan perbandingan 1:1. Bibit dipelihara hingga berumur 14 hari setelah semai.

5. Pindah Tanam

Bibit berumur 14 hari setelah semai dipindahkan ke polybag berukuran 35×35 cm yang telah berisi media tanam. Pindah tanam dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kerusakan akar. Setelah penanaman, tanah di sekitar tanaman dipadatkan secara perlahan untuk memastikan kontak akar dengan media tanam, kemudian dilakukan penyiraman untuk mendukung pertumbuhan awal tanaman.

Selanjutnya, permukaan media tanam pada polybag ditutup menggunakan kain flanel berwarna hijau. Penggunaan kain flanel ini bertujuan untuk membantu penyaluran larutan pupuk secara bertahap ke dalam media tanam serta melindungi permukaan tanah dari terpaan langsung air hujan yang dapat menyebabkan erosi media tanam.

6. Aplikasi Pupuk dan Pemeliharaan Tanaman

Pupuk kandang kambing diberikan sebagai pupuk dasar sebelum pindah tanam sesuai dengan taraf perlakuan. Microbacter Alfaafa-11 diaplikasikan ke tanah satu minggu setelah pindah tanam sebagai perlakuan awal bioaktivator. Pupuk organik cair berbasis urine kelinci diaplikasikan mulai dua minggu setelah pindah tanam sesuai dengan taraf perlakuan, yaitu POC urine kelinci 40 mL L^{-1} tanpa MA-11, POC urine kelinci

40 mL L^{-1} + MA-11 50 mL L^{-1} , POC urine kelinci 40 mL L^{-1} + MA-11 75 mL L^{-1} , dan POC urine kelinci 40 mL L^{-1} + MA-11 100 mL L^{-1} .

Aplikasi pupuk dilakukan dengan metode penyiraman ke media tanam sebanyak $200 \text{ mL tanaman}^{-1}$ setiap aplikasi dan diulang setiap minggu hingga fase generatif. Selama penelitian, tanaman dipelihara dalam kondisi yang seragam. Penyiraman dilakukan setiap hari untuk menjaga kelembapan tanah, penyiangan gulma dilakukan secara manual setiap minggu, serta pengendalian hama dilakukan menggunakan perangkap serangga kuning dan pestisida nabati berbahan serai (*Cymbopogon citratus*), lengkuas (*Alpinia galanga*), dan daun mimba (*Azadirachta indica*).

Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman, waktu berbunga, waktu pembentukan polong, jumlah polong per tanaman, bobot polong segar per tanaman, bobot polong kering per tanaman, bobot 100 biji kering, diameter polong, serta jumlah bintil akar.

Analisis Data

Data hasil penelitian terlebih dahulu diuji kenormalannya sebelum dilakukan analisis statistik. Analisis ragam (ANOVA) dilakukan pada taraf nyata 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan serta interaksinya. Apabila terdapat perbedaan nyata, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5% untuk membedakan rata-rata antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk

mengevaluasi pertumbuhan vegetatif tanaman. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan secara berkala setiap minggu setelah tanam (MST), mulai dari umur 1 MST hingga 5 MST, untuk mengetahui

respons tanaman kedelai terhadap pemberian POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing. Data hasil pengamatan tinggi tanaman disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Tinggi Tanaman Kedelai (cm) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)				
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
POC Urine Kelinci + MA-11					
P ₀	25,40	34,88	45,91	58,03	71,39
P ₁	26,25	36,12	46,78	57,30	70,11
P ₂	24,85	33,10	43,91	55,47	70,50
P ₃	25,46	33,87	44,93	56,07	69,59
Pupuk Kandang					
K ₁	25,01	32,08 b	42,72 b	52,39 c	65,19 b
K ₂	25,48	34,08 b	44,35 b	56,31 b	71,02 a
K ₃	25,98	37,32 a	49,07 a	61,46 a	74,98 a
Interaksi (P × K)	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan: Angka dengan huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%. MST = Minggu Setelah Tanam; tn = tidak berbeda nyata. P₀ = kontrol (tanpa MA-11); P₁ = POC 40 ml/L + MA-11 50 ml/L; P₂ = POC 40 ml/L + MA-11 75 ml/L; P₃ = POC 40 ml/L + MA-11 100 ml/L; K₁–K₃ = pupuk kandang kambing 126, 251, dan 377 g/polybag.

Berdasarkan tabel 2, pemberian pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai pada seluruh waktu pengamatan (1–5 MST). Tinggi tanaman pada seluruh taraf perlakuan POC menunjukkan nilai yang relatif seragam hingga akhir pengamatan, dengan kisaran tinggi tanaman pada umur 5 MST antara 69,59–71,39 cm. Hal ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi MA-11 belum memberikan pengaruh langsung terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada fase vegetatif.

Sebaliknya, pemberian pupuk kandang kambing memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman mulai umur 3 MST hingga 5 MST. Pada umur 5 MST, perlakuan K₃ menghasilkan tinggi tanaman tertinggi yaitu 74,98 cm, berbeda nyata dengan K₁ (65,19 cm), namun tidak berbeda nyata dengan K₂

(71,02 cm). Peningkatan dosis pupuk kandang diduga mampu memperbaiki struktur tanah dan menyediakan unsur hara secara bertahap sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Hasil ini sejalan dengan penelitian Masnenah *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa pemberian pupuk kandang dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman leguminosa.

Tidak terdapat interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing terhadap tinggi tanaman pada seluruh waktu pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan bekerja secara independen pada fase vegetatif tanaman, di mana pupuk kandang lebih berperan dalam mendukung pemanjangan batang, sedangkan POC berbasis MA-11 berperan dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah yang pengaruhnya tidak selalu terlihat secara langsung pada

parameter pertumbuhan vegetatif (Amiroh *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2024).

2. Umur Berbunga dan Umur Polong

Umur berbunga dan umur polong merupakan parameter penting dalam fase generatif tanaman kedelai. Umur

berbunga dihitung sejak tanam hingga munculnya bunga pertama pada sekitar 75% populasi tanaman, sedangkan umur polong dihitung hingga terbentuknya polong sempurna. Rata-rata kedua parameter tersebut pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Umur Berbunga dan Umur Polong Tanaman Kedelai (hari) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Perlakuan	Umur berbunga (Hst)	Umur polong (Hst)
POC Urine Kelinci + MA-11		
P ₀	34,37 b	42,54 a
P ₁	33,67 b	43,36 a
P ₂	33,14 b	44,58 ab
P ₃	31,66 a	45,57 b
Pupuk Kandang		
K ₁	32,58 a	44,88 a
K ₂	33,26 a	45,29 a
K ₃	33,78 a	45,95 a
Interaksi (P × K)	tn	tn

Keterangan: Angka dengan huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%. HST = Hari Setelah Tanam; tn = tidak berbeda nyata. P₀ = kontrol (tanpa MA-11); P₁ = POC 40 ml/L + MA-11 50 ml/L; P₂ = POC 40 ml/L + MA-11 75 ml/L; P₃ = POC 40 ml/L + MA-11 100 ml/L; K₁–K₃ = pupuk kandang kambing 126, 251, dan 377 g/polybag.

Pemberian pupuk organik cair (POC) urine kelinci yang difermentasi dengan Microbacter Alfaafa-11 (MA-11) berpengaruh nyata terhadap umur berbunga tanaman kedelai. Peningkatan konsentrasi MA-11 mampu mempercepat waktu berbunga, di mana perlakuan P₃ menghasilkan umur berbunga tercepat dibandingkan perlakuan kontrol. Respon ini menunjukkan bahwa POC berbasis MA-11 mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara serta efisiensi penyerapan hara, sehingga mempercepat transisi tanaman menuju fase generatif. Bioaktivator mikroba seperti MA-11 diketahui mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses mineralisasi nitrogen dan pelarutan fosfat, yang sangat penting dalam pembentukan organ reproduktif tanaman kedelai

(Amiroh *et al.*, 2021; Herlika *et al.*, 2020; Iskandar *et al.*, 2022).

Sebaliknya, umur pembentukan polong tidak menunjukkan pengaruh nyata akibat pemberian POC berbasis MA-11, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan umur pembentukan polong pada konsentrasi MA-11 yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun peningkatan ketersediaan unsur hara dapat mempercepat pembungaan, perkembangan polong cenderung mengikuti mekanisme fisiologis dan genetik tanaman sehingga kurang responsif terhadap perubahan ketersediaan hara dalam jangka pendek. Hasil ini sejalan dengan penelitian Haryanto *et al.* (2022) dan Rahayu *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa percepatan pembungaan tidak selalu diikuti oleh perubahan umur pembentukan polong tanpa adanya

Nurthoyibah *et al.*, 2026

Optimalisasi Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai melalui Kombinasi Pupuk Organik Berbasis MA-11

peningkatan suplai fotosintat yang signifikan.

Pemberian pupuk kandang kambing tidak memberikan pengaruh nyata terhadap umur berbunga maupun umur pembentukan polong, serta tidak terdapat interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing terhadap kedua parameter tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk kandang kambing lebih berperan dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah secara bertahap dibandingkan mempengaruhi waktu pembentukan organ reproduktif secara langsung. Hasil ini didukung oleh penelitian Masnenah *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa pupuk organik padat cenderung

memberikan pengaruh lebih besar terhadap pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil dibandingkan terhadap awal fase pembungaan pada tanaman leguminosa.

3. Bobot Basah Polong

Bobot basah tanaman menunjukkan total biomassa segar yang dihasilkan dan mencerminkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Berdasarkan tabel 4, pemberian pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) yang dikombinasikan dengan pupuk kandang kambing memberikan pengaruh nyata terhadap bobot basah polong tanaman kedelai.

Tabel 4. Rata-rata Bobot Basah Polong Kedelai (gram) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Bobot Basah Polong (g)				
Perlakuan	K ₁	K ₂	K ₃	Rata-rata
P ₀	112,91 a	113,46 a	114,67 ab	113,68
P ₁	115,33 ab	116,00 b	116,33 b	115,89
P ₂	150,05 c	151,17 c	152,33 c	151,18
P ₃	152,40 c	181,67 d	182,33 d	172,47
Rata-rata	132,68	140,82	141,42	138,31

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% dan sangat nyata 1%.

Terdapat interaksi antara kedua perlakuan, di mana kombinasi P3K2 dan P3K3 menghasilkan bobot basah polong tertinggi masing-masing sebesar 181,667 g dan 182,333 g, serta berbeda nyata dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa respon pembentukan polong sangat dipengaruhi oleh kombinasi kedua sumber hara tersebut.

Peningkatan konsentrasi MA-11 pada POC secara konsisten meningkatkan bobot basah polong pada setiap taraf pupuk kandang kambing. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (172,467 g), sedangkan terendah pada

perlakuan kontrol P0 (113,678 g). Hasil ini menunjukkan bahwa POC berbasis MA-11 mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara serta mendukung alokasi fotosintat ke organ generatif. Ketersediaan unsur nitrogen dan fosfor yang cukup selama fase pengisian polong berperan penting dalam meningkatkan akumulasi biomassa pada polong (Simorangkir *et al.*, 2021).

Pupuk kandang kambing turut berperan dalam meningkatkan bobot basah polong melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah, seperti struktur tanah, kapasitas tukar kation, dan

kemampuan menahan air. Kondisi tersebut menciptakan lingkungan perakaran yang lebih stabil sehingga penyerapan unsur hara berlangsung secara berkelanjutan selama fase pengisian polong (Aldi *et al.*, 2022). Interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing menunjukkan adanya efek sinergis antara ketersediaan hara yang cepat dari pupuk organik cair dan suplai hara bertahap dari pupuk organik padat. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya

yang menyatakan bahwa aplikasi terpadu pupuk organik cair dan padat mampu meningkatkan biomassa dan hasil tanaman leguminosa dibandingkan penggunaan tunggal (Latifah *et al.*, 2023).

4. Bobot Kering Polong

Bobot kering polong menggambarkan akumulasi biomassa bersih setelah proses pengeringan, sehingga dapat mencerminkan hasil akhir fotosintesis tanaman.

Tabel 5. Rata-rata Bobot Kering Polong Kedelai (gram) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Bobot Kering Polong (g)				
Perlakuan	K ₁	K ₂	K ₃	Rata-rata
P ₀	70,03 a	70,67 a	71,33 ab	70,68
P ₁	71,67 ab	74,00 ab	75,00 ab	73,56
P ₂	77,00 ab	78,17 b	105,97 c	87,05
P ₃	110,00 c	110,67 c	111,33 c	110,67
Rata-rata	82,18	83,38	90,91	85,49

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% dan sangat nyata 1%.

Berdasarkan Tabel 5, bobot kering polong tanaman kedelai dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) dan pupuk kandang kambing. Kombinasi perlakuan P3K1, P3K2, dan P3K3 menghasilkan bobot kering polong tertinggi masing-masing sebesar 110,000 g, 110,667 g, dan 111,333 g, serta berbeda nyata dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi biomassa kering pada polong sangat dipengaruhi oleh kombinasi kedua sumber hara tersebut.

Peningkatan konsentrasi MA-11 pada POC secara konsisten meningkatkan bobot kering polong pada setiap taraf pupuk kandang. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (110,667 g), sedangkan terendah pada perlakuan

kontrol P0 (70,678 g). Hal ini menunjukkan bahwa POC berbasis MA-11 mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara serta mendukung proses pengisian biji. Ketersediaan nitrogen dan fosfor yang cukup selama fase pengisian biji berperan penting dalam mendukung translokasi fotosintat ke polong sehingga meningkatkan akumulasi bahan kering (Simorangkir *et al.*, 2021).

Pupuk kandang kambing turut berkontribusi dalam meningkatkan bobot kering polong melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah, seperti struktur tanah, kapasitas tukar kation, dan kemampuan menahan air. Kondisi tersebut memungkinkan penyerapan unsur hara berlangsung secara berkelanjutan hingga fase akhir pertumbuhan, sehingga mendukung alokasi asimilat secara maksimal ke

Nurthoyibah *et al.*, 2026

Optimalisasi Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai melalui Kombinasi Pupuk Organik Berbasis MA-11

organ generatif (Aldi *et al.*, 2022). Interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing menunjukkan adanya efek sinergis antara ketersediaan hara yang cepat dari pupuk organik cair dan suplai hara bertahap dari pupuk organik padat. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa aplikasi terpadu pupuk organik cair dan padat mampu meningkatkan biomassa dan hasil

tanaman leguminosa dibandingkan penggunaan tunggal (Latifah *et al.*, 2023).

5. Jumlah Polong

Jumlah polong merupakan salah satu komponen hasil utama yang digunakan untuk menilai tingkat produktivitas tanaman kedelai. Rata-rata jumlah polong pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Jumlah Polong Tanaman Kedelai (Polong) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Perlakuan	Jumlah Polong			Rata-rata
	K ₁	K ₂	K ₃	
P ₀	111,67 a	122,33 ab	132,33 abc	122,11
P ₁	139,33 abc	141,67 abc	158,33 abc	146,44
P ₂	161,00 abc	166,00 abc	171,67 bc	166,22
P ₃	186,83 c	187,80 c	188,30 c	187,64
Rata-rata	149,71	154,45	162,66	155,61

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% dan sangat nyata 1%.

Berdasarkan Tabel 6, jumlah polong tanaman kedelai dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) dan pupuk kandang kambing. Kombinasi perlakuan P3K1, P3K2, dan P3K3 menghasilkan jumlah polong tertinggi masing-masing sebesar 186,833, 187,797, dan 188,300 polong, serta berbeda nyata dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan polong sangat dipengaruhi oleh kombinasi kedua perlakuan tersebut.

Peningkatan konsentrasi MA-11 pada POC secara konsisten diikuti oleh peningkatan jumlah polong pada setiap taraf pupuk kandang kambing. Rata-rata jumlah polong tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (187,643 polong), sedangkan terendah pada perlakuan kontrol P0 (122,111 polong). Hasil ini

menunjukkan bahwa POC berbasis MA-11 mampu meningkatkan ketersediaan dan efisiensi pemanfaatan unsur hara, serta mendukung proses pembentukan bunga dan perkembangan polong. Aktivitas mikroba yang meningkat berperan dalam mineralisasi hara dan pelarutan fosfat, sehingga dapat meningkatkan retensi bunga dan mengurangi gugur polong pada fase awal pembentukan (Amiroh *et al.*, 2021; Rahayu *et al.*, 2021).

Pupuk kandang kambing berkontribusi dalam meningkatkan jumlah polong melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah, sehingga menciptakan lingkungan perakaran yang lebih mendukung pembentukan organ generatif. Interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing menunjukkan adanya efek sinergis antara ketersediaan hara cepat dari pupuk organik cair dan suplai hara

bertahap dari pupuk organik padat. Meskipun jumlah polong yang tinggi mencerminkan potensi hasil yang besar, parameter ini tetap perlu diinterpretasikan bersama komponen hasil lainnya, seperti jumlah biji per polong dan bobot biji, untuk memperoleh gambaran produktivitas yang lebih komprehensif (Syaranamual *et al.*, 2022).

6. Jumlah Bintil Akar

Bintil akar merupakan hasil simbiosis antara tanaman kedelai dan bakteri *Rhizobium* sp. yang berperan dalam fiksasi nitrogen dari udara. Jumlah bintil akar dapat digunakan sebagai indikator aktivitas biologis tanah. Data pengamatan ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata Bintil Akar Tanaman Kedelai (bintil) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Jumlah Bintil Akar				
Perlakuan	K ₁	K ₂	K ₃	Rata-rata
P ₀	193,17	194,33	194,67	194,06
P ₁	194,67	194,67	194,67	194,67
P ₂	194,67	194,67	194,67	194,67
P ₃	199,93	326,67	396,00	307,53
Rata-rata	195,61	227,58	245,00	222,73

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% dan sangat nyata 1%.

Berdasarkan Tabel 7, jumlah bintil akar tanaman kedelai dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) dan pupuk kandang kambing. Kombinasi perlakuan P3K3 menghasilkan jumlah bintil akar tertinggi yaitu 396,000 bintil, serta berbeda nyata dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan bintil akar sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara aktivitas mikroba dan ketersediaan bahan organik.

Peningkatan konsentrasi MA-11 pada POC secara umum diikuti oleh peningkatan jumlah bintil akar, dengan nilai rata-rata tertinggi pada perlakuan P3 (307,533 bintil), sedangkan perlakuan P0–P2 menunjukkan jumlah yang relatif seragam dan lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa MA-11 berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme di rizosfer sehingga

mendukung kolonisasi bakteri penambat nitrogen. Ketersediaan senyawa organik dan unsur hara dari POC urine kelinci, yang dipercepat oleh aktivitas bioaktivator, menciptakan kondisi yang mendukung pembentukan bintil akar secara optimal (Swarnalakshmi *et al.*, 2020; Syaranamual *et al.*, 2022).

Pupuk kandang kambing turut mendukung perkembangan bintil akar melalui peningkatan kandungan bahan organik serta perbaikan sifat fisik tanah, seperti struktur dan aerasi. Kondisi ini sangat penting bagi pertumbuhan akar dan perkembangan simbiosis dengan bakteri penambat nitrogen. Interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing menunjukkan adanya efek sinergis, di mana kombinasi keduanya menciptakan lingkungan perakaran yang optimal bagi pembentukan bintil akar. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kombinasi

bahan organik dan mikroba fungsional mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah dan pembentukan bintil akar pada tanaman leguminosa (Iskandar *et al.*, 2022; Latifah *et al.*, 2023).

7. Bobot 100 Biji Kering

Bobot 100 biji kering menjadi indikator utama dalam menilai kualitas

hasil kedelai karena mencerminkan keberhasilan proses pengisian biji serta kerapatan kandungan nutrisinya. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara selama fase generatif dan efektivitas perlakuan terhadap metabolisme tanaman. Data bobot 100 biji kering pada berbagai perlakuan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata Bobot 100 Biji Kering Tanaman Kedelai (gram) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Bobot 100 Biji Kering				
Perlakuan	K ₁	K ₂	K ₃	Rata-rata
P ₀	16,80 a	16,83 a	16,87 a	16,83
P ₁	16,90 a	16,93 a	17,10 a	16,98
P ₂	17,37 a	17,87 a	25,33 b	20,19
P ₃	25,83 b	26,33 b	26,93 b	26,37
Rata-rata	19,23	19,49	21,56	20,09

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% dan sangat nyata 1%.

Berdasarkan Tabel 8, bobot 100 biji kering tanaman kedelai dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) dan pupuk kandang kambing. Kombinasi perlakuan P3K1, P3K2, dan P3K3 menghasilkan bobot 100 biji kering tertinggi masing-masing sebesar 25,833 g, 26,333 g, dan 26,933 g, serta berbeda nyata dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas dan ukuran biji sangat dipengaruhi oleh kombinasi kedua perlakuan tersebut.

Peningkatan konsentrasi MA-11 pada POC secara konsisten diikuti oleh peningkatan bobot 100 biji kering pada setiap taraf pupuk kandang kambing. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (26,366 g), sedangkan terendah pada perlakuan kontrol P0 (16,833 g). Hasil ini menunjukkan bahwa POC berbasis MA-11 mampu

meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara dan mendukung proses pengisian biji. Ketersediaan nitrogen dan kalium yang cukup selama fase generatif berperan penting dalam sintesis protein dan translokasi fotosintat ke biji, sehingga meningkatkan akumulasi bahan kering (Khasanah *et al.*, 2022).

Pupuk kandang kambing turut berkontribusi dalam meningkatkan bobot biji melalui perbaikan sifat fisik dan kimia tanah, seperti peningkatan kandungan bahan organik, struktur tanah, dan kapasitas tukar kation. Kondisi ini mendukung kestabilan ketersediaan hara selama fase pengisian biji sehingga aktivitas fisiologis tanaman tetap optimal hingga akhir pertumbuhan (Aldi *et al.*, 2022). Interaksi antara POC berbasis MA-11 dan pupuk kandang kambing menunjukkan adanya efek sinergis antara ketersediaan hara cepat dari pupuk organik cair dan suplai hara bertahap dari pupuk organik padat.

Sinergi ini menciptakan kondisi perakaran yang mendukung translokasi fotosintat secara optimal dan meningkatkan kualitas biji, sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya (Wasito *et al.*, 2024; Wijayanto & Sucahyo, 2021).

8. Diameter Biji Kering

Tabel 9. Rata-rata Diameter Biji Kering Tanaman Kedelai (mm) pada Berbagai Perlakuan POC MA-11 dan Pupuk Kandang

Perlakuan	Rataan Diameter Biji Kering (mm)
POCMA-11	
P ₀	6,32 a
P ₁	6,35 a
P ₂	6,75 b
P ₃	7,28 c
Pupuk Kandang	
K1	6,60 a
K2	6,70 a
K3	6,82 a
Interaksi (P × K)	tn

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5% dan sangat nyata 1%. tn: tidak berbeda nyata.

Berdasarkan Tabel 9, perlakuan pupuk organik cair (POC) urine kelinci berbasis *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) berpengaruh nyata terhadap diameter biji kering kedelai. Diameter biji terbesar diperoleh pada perlakuan P₃ yaitu 7,2811 mm, sedangkan perlakuan pupuk kandang kambing maupun interaksinya dengan POC MA-11 tidak memberikan pengaruh nyata. Nilai rata-rata diameter biji berkisar antara 6,3–7,2 mm.

Peningkatan konsentrasi MA-11 secara konsisten meningkatkan diameter biji, yang menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara selama fase pengisian biji berperan penting dalam pembentukan ukuran biji. Nitrogen berperan dalam sintesis protein, sedangkan fosfor berperan dalam transfer energi (ATP) yang diperlukan dalam proses pembelahan dan pembesaran sel, sehingga mendukung perkembangan jaringan biji secara

Diameter biji kering merupakan salah satu parameter fisik yang mencerminkan ukuran serta mutu visual biji. Walaupun tidak selalu berhubungan langsung dengan hasil panen, parameter ini tetap penting sebagai indikator kualitas benih. Data hasil pengukuran diameter biji kedelai pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 9.

optimal (Wijayanto & Sucahyo, 2021). Kondisi ini mencerminkan bahwa POC berbasis MA-11 mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara pada fase generatif.

Sebaliknya, pupuk kandang kambing tidak memberikan pengaruh nyata terhadap diameter biji, yang menunjukkan bahwa perannya lebih dominan dalam memperbaiki sifat tanah secara bertahap dibandingkan mempengaruhi ukuran biji secara langsung. Diameter biji yang lebih besar mencerminkan proses pengisian biji yang berlangsung optimal dan berkaitan dengan peningkatan kualitas hasil. Ukuran biji sangat dipengaruhi oleh efisiensi translokasi dan akumulasi fotosintat selama fase pengisian biji, sehingga berkontribusi terhadap mutu hasil tanaman kedelai (Vargas-Almendra *et al.*, 2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi terpadu pupuk organik cair berbasis urine kelinci yang diperkaya *Microbacter Alfaafa-11* (MA-11) dan pupuk kandang kambing memberikan efek saling melengkapi terhadap pertumbuhan, komponen hasil, dan aktivitas biologis akar tanaman kedelai. POC berbasis MA-11 berperan dalam mempercepat fase generatif serta meningkatkan kualitas hasil, yang terlihat dari pengaruh nyata terhadap umur berbunga, diameter biji kering, dan beberapa komponen hasil. Sementara itu, pupuk kandang kambing lebih berfungsi sebagai pembenah tanah yang memperbaiki kondisi lingkungan perakaran serta mendukung ketersediaan hara secara berkelanjutan selama pertumbuhan tanaman.

Interaksi nyata antara kedua perlakuan pada beberapa parameter, seperti bobot polong segar, bobot polong kering, jumlah polong, jumlah bintil akar, dan bobot 100 biji kering, menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas kedelai lebih optimal pada kombinasi pemupukan organik dibandingkan aplikasi tunggal. Kombinasi perlakuan dengan konsentrasi MA-11 tertinggi dan dosis pupuk kandang kambing tertinggi (P3K3) memberikan hasil terbaik pada sebagian besar parameter.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa penggunaan bioaktivator mikroba seperti MA-11 mampu meningkatkan efektivitas pemupukan organik melalui peningkatan ketersediaan hara dan aktivitas biologis tanah, sehingga mendukung sistem budidaya kedelai yang lebih berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri dan Program Studi Agroteknologi, Universitas Gunadarma, atas dukungan berupa lingkungan akademik serta fasilitas penelitian yang menunjang pelaksanaan studi ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pusat Pengembangan Benih dan Proteksi Tanaman (P2BPT), Jakarta, atas pemberian izin penggunaan lahan penelitian serta dukungan teknis selama kegiatan penelitian. Apresiasi turut diberikan kepada seluruh pihak, baik individu maupun institusi, yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, Y. J., Tella, Y. O., Shuaib, M. B., Saka, I. E., Muhammad, A. N., Baba Nitsa, M., & Nduka, B. A. (2024). Influence Of Goat Dung On Soil Properties, Growth and Yield Of Maize In Gwagwalada, FCT, Nigeria. *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*, 8(6), 247–251. <https://doi.org/10.33003/fjs-2024-0806-2915>
- 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>
- Amiroh, A., Prastyo, A. A., Lestari, M. W., & Puspitorini, P. (2021). Increasing Soybean (*Glycine max*.

Nurthoyibah et al., 2026

Optimalisasi Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai melalui Kombinasi Pupuk Organik Berbasis MA-11

- L.Merrill) Crop Production by Using Biourine and Organic Mulch. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 4(2), 276–285. <https://doi.org/10.37637/ab.v4i2.731>
- BRIN. (2023). *BRIN bahas sistem pertanian organik dan prospeknya di Indonesia*. <https://www.brin.go.id/news/112994/brin-bahas-sistem-pertanian-organik-dan-prospeknya-di-indonesia>
- Haryanto, M. F., Susylowati, S., & Dwi, E. (2022). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L) dengan Pemanfaatan Limbah Ternak Kelinci Padat dan Cair. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Kehutanan*, 21(1), 91. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v21i1.5877>
- Herlika, S., Mual, C., & Elwin. (2020). Pengaruh Formula Pupuk Organik Padat Berbasis Microbacter Alfaafa – 11 (MA-11) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Di Kampung Prafi Mulya Distrik Prafi Kabupaten Manokwari. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 1, 204–213. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v1i1.139>
- Iskandar, M. J., Ningsih, D. H., Prasetyowati, R. E., & Ahmadi, R. (2022). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik dengan Dekomposer Microbacter Alfaafa-11 (Ma-11) di Desa Gapuk Kecamatan Suralaga. *Journal of Agri Rinjani: Social Agricultural Economics - Faculty of Agriculture, UGR*, 2(1), 30–37. <https://doi.org/10.53952/jar.v2i1.88>
- Khasanah, L. N., Supriyanto, A., & Jazilah, D. S. (2022). Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) Terhadap Konsentrasi POC dan Macam Komposisi Media Tanam. *BIOFARM Jurnal Ilmiah Pertanian*, 18(2), 175–187.
- Latifah, N., Setiyono, Muhlison, W., Sucipto, I., Savitri, D. A., Patricia SM, S. B., & Arum, A. P. (2023). The Effect of Liquid Organic Fertilizer of Rabbit Urine and Concentration of Plant Growth Promoting Rhizobacteria of Bamboo Root on the Growth and Yield of Mustard Green Plants. *Journal La Lifesci*, 3(4), 146–155. <https://doi.org/10.37899/journallalifesci.v3i4.801>
- Lestari, A. P., Nusifera, S., & Akmal, A. (2018). Respon Kedelai *Glycine max* L. merril di Lahan Kering Terhadap Pupuk Organik Fermentasi Padat. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi [JIITUJ]*, 2(2), 82–92. <https://doi.org/10.22437/jiituj.v2i2.5979>
- Liu, Y., Lan, X., Hou, H., Ji, J., Liu, X., & Lv, Z. (2024). Multifaceted Ability of Organic Fertilizers to Improve Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance: Review and Perspectives. *Agronomy*, 14(6), 1141.

- <https://doi.org/10.3390/agronomy14061141>
- Masnenah, E., Taswini, T., Sugiarti, L., & Turmuktini, T. (2025). Pengaruh Dosis Pupuk Hayati dan Macam Pembenah Tanah terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Hitam (*Glycine max* L. Merrill) Varietas Detam-1. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 13(1), 269–277. <https://doi.org/10.35138/paspalum.v13i1.900>
- Meidina, E., & Suwardi, S. (2024). Pengaruh Dosis Pupuk Organik Kotoran Kambing terhadap Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* L.). *Produksi Tanaman*, 012(03), 160–167. <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2024.012.03.03>
- Ngui, M. E., Lin, Y.-H., Wei, I.-L., Wang, C.-C., Xu, Y.-Z., & Lin, Y.-H. (2024). Effects of the combination of biochar and organic fertilizer on soil properties and agronomic attributes of soybean (*Glycine max* L.). *Plos One*, 19(9), e0310221. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310221>
- Ochtaviana, M. B., Jannah, E. N., & Novianto, E. D. (2025). Efektivitas Waktu Pemberian dan Dosis *Trichoderma harzianum* Dalam Menanggulangi Serangan *Sclerotium rolfsii* Pada Tanaman Kedelai. *Agrisintech (Journal of Agribusiness and Agrotechnology)*, 6(1), 14–23.
- Rahayu, M., Purwanto, E., Setyawati, A., Sakya, A. T., Samanhudi, Yunus, A., Purnomo, D., Handoyo, G. C., Arniputri, R. B., & Na'imah, S. (2021). Growth and yield response of local soybean in the giving of various organic fertilizer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 905(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/905/1/012028>
- Simorangkir, A., Situmorang, F., & Sihombing, P. (2021). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) dengan Pemanfaatan Pupuk Organik Padat dan Cair Ternak Kelinci. *Jurnal Agriland*, 9(1), 53–60.
- Sukmasari, M. D., & Atma Wijaya, A. (2024). Penampilan Karakter Morfologi Enam Kultivar Unggul Kedelai pada Budidaya Sistem Hidroponik. *Journal of Agribusiness and Agrotechnology * Penulis Korespondensi*, 5(2).
- Swarnalakshmi, K., Yadav, V., Tyagi, D., Dhar, D. W., Kannepalli, A., & Kumar, S. (2020). Significance of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Grain Legumes: Growth Promotion and Crop Production. *Plants*, 9(11), 1596. <https://doi.org/10.3390/plants9111596>
- Syaranamual, S., Baan, S., Martanto, E. A., & Metubun, M. (2022). Enhancing soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) yield on Inceptisol through the application of organic fertilizers to promote sustainable

- agriculture. *Technium Sustainability*, 2(2), 61–73. <https://doi.org/10.47577/sustainability.v2i2.6102>
- Vargas-Almendra, A., Ruiz-Medrano, R., Núñez-Muñoz, L. A., Ramírez-Pool, J. A., Calderón-Pérez, B., & Xoconostle-Cázares, B. (2024). Advances in Soybean Genetic Improvement. *Plants*, 13(21), 3073. <https://doi.org/10.3390/plants13213073>
- Wasito, M., Lubis, N., & . S. (2024). Test of the Use of Cow Manure Fertilizer and Fermented Goat Urine POC on the Growth and Production of Soybean Plants (*Glycine max* L. Merril). *International Journal of Research and Review*, 11(12), 359–376. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20241239>
- Widyawati, O., & Oka Suparwata, D. (2024). Pengolahan Pupuk Organik Kompos dari Limbah Pertanian untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan Pada Kelompok Tani di Desa Rurukan (Tomohon), Sulawesi Utara. In *Jurnal Pengabdian Masyarakat (PENGAMAS)* (Vol. 01, Number 1). <https://journal.ppipbr.com/index.php/pengamas/index>
- Wijayanto, B., & Sucahyo, A. (2021). Pengaruh Pupuk Organik Cair dan Asam Humat pada Budidaya Kedelai. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 28(1), 56–61. <http://jurnal.polbangtanyoma.ac.id/index.php/jiip/index>
- Xie, H., Wei, Y., Yi, C., Wang, Y., Zhao, Z., & Liu, X. (2023). Effects of Organic Fertilizers with Different Maturities on Soil Improvement and Soybean Yield. *Agronomy*, 13(12), 3004. <https://doi.org/10.3390/agronomy13123004>