
Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

EFEKTIFITAS BIOMATRICONDITIONING BENIH DENGAN BAKTERI INDIGENOUS DAN BIONANOFERTILIZER UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI (*Glycine max (L.) Merr.*)

Diterima:

28 September 2025

Revisi:

18 November 2025

Terbit:

25 November 2025

¹ Agung Setya Wibowo, ² Army Dita Serdani, ³ Tri Endrawati,

⁴ Palupi Puspitorini

^{1,2,3,4} Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Balitar,
Blitar, Indonesia

e-mail: ¹agungsetyawibowo1@gmail.com, ²ditaarmy@gmail.com,

³triendrawati14@gmail.com, ⁴puspitorini.palupi@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas biomatriconditioning benih menggunakan bakteri indigenous dan aplikasi bionanofertilizer terhadap pertumbuhan serta hasil tanaman kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*). Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor, yaitu jenis bakteri (*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Azotobacter sp.*) serta konsentrasi bionanofertilizer (3, 6, 9, dan 12 ml/L). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi *Pseudomonas sp.* dan bionanofertilizer 6 ml/L (S2B2) menghasilkan pertumbuhan vegetatif terbaik, meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Perlakuan *Pseudomonas sp.* dengan bionanofertilizer 12 ml/L (S2B4) memberikan hasil tertinggi pada jumlah polong, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji. Efek sinergis antara *Pseudomonas sp.* sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman dan bionanofertilizer yang meningkatkan efisiensi penyerapan hara menunjukkan potensi besar dalam peningkatan produktivitas kedelai secara berkelanjutan.

Kata kunci: biomatriconditioning, bakteri indigenous, bionanofertilizer, kedelai

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effectiveness of seed biomatriconditioning using indigenous bacteria and bionanofertilizer on the growth and yield of soybean (*Glycine max (L.) Merr.*). The experiment employed a factorial randomized block design with two factors: types of bacteria (*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Azotobacter sp.*) and bionanofertilizer concentrations (3, 6, 9, and 12 ml/L). The results showed that *Pseudomonas sp.* combined with 6 ml/L bionanofertilizer (S2B2) produced the best vegetative growth in terms of plant height, leaf number, and stem diameter, while *Pseudomonas sp.* with 12 ml/L (S2B4) achieved the highest yield components. The synergistic interaction between *Pseudomonas sp.* as a plant growth-promoting bacterium and bionanofertilizer that enhances nutrient uptake efficiency effectively improves soybean productivity sustainably.

Keywords: biomatriconditioning, indigenous bacteria, bionanofertilizer, soybean

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan topik penting di Indonesia saat ini, bahan pangan untuk mencukupi kebutuhan pangan masyarakat adalah hal yang utama. Kebutuhan pokok Masyarakat Indonesia salah satunya adalah kedelai sebagai komoditas strategis di Indonesia (BAPPENAS, 2014). Kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*) merupakan komoditas penting dan mengandung protein dan lemak nabati serta dapat diolah menjadi bermacam-macam jenis olahan. Adanya kesadaran pemerintah terhadap pentingnya kedelai sebagai bahan pangan utama masyarakat Indonesia sehingga sejak tahun 1962 pemerintah meningkatkan produksi kedelai dengan perluasan produksi dan intensifikasi (Kharisma B., 2018). Produktivitas kedelai di Indonesia pada tahun 2023 yaitu 1,5 ton per hektar dengan total produksi nasional 632,3 ribu ton dari luas panen 421,5 ribu hektar (Wahyuningsih S., 2023) dibandingkan dengan produktivitas kedelai tahun 2024 terdapat penurunan menjadi 1,45 ton perhektar dengan total produksi 613,3 ribu ton (Puskom, 2024). Persentase penurunan produktivitas sebesar 3,33% dan penurunan produksi sebesar 3,01%. Berdasarkan laporan FAO tahun 2023 Indonesia masih impor kedelai untuk kebutuhan dalam negeri sehingga berpengaruh pada kondisi produksi dalam negeri.

Penurunan produksi kedelai dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya adanya penurunan yang diakibatkan oleh proses viabilitas dan vigor benih serta penggunaan pupuk yang tidak tepat (Mustika S, Suhartanto MR, Qodir A, 2014). Penggunaan bakteri indigenous yang merupakan agens hayati sebagai biomatriconditioning benih dan bionanofertilizer merupakan salah satu solusi permasalahan tersebut. Biomatriconditioning merupakan kombinasi antara matricconditioning dengan bioprotektan yaitu berupa agens hayati (Ilyas S. Et al. 2015). Perlakuan biomatriconditioning pada benih menggunakan bakteri indigenous dapat meningkatkan viabilitas benih serta vigor benih (Ilyas S. Et al. 2013; Sutariati GAK, Et al. 2021). Peranan bakteri indigenous yaitu sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman, dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, merangsang pertumbuhan akar, dan melindungi tanaman dari patogen. Bakteri rizobacteria dapat menghasilkan hormon IAA, memfiksasi nitrogen dan pelarut fosfat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman (Azizah N. 2022). Pada parameter pertumbuhan dan hasil tanaman agens hayati memberi pengaruh signifikan (Endrawati T. 2023).

Bionanofertilizer dengan ukuran nanomaterial sekitar 1 sampai 100 nanometer yang memanfaatkan teknologi nano dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi melalui pelepasan terkendali dan peningkatan luas permukaan partikel nutrisi serta pemberian pupuk berteknologi nano dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan diameter batang tanaman secara signifikan (Nawawi I. 2024; Wibowo AS. 2023). Integrasi kedua teknologi ini diharapkan memberikan efek sinergis dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Integrasi agens hayati serta biofertilizer meningkatkan viabilitas benih, meningkatkan ketahanan tanaman dan dapat meningkatkan produktivitas kedelai untuk mendukung pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan (Windia ES. 2014). Penggunaan bakteri indigenous sebagai biomatriconditioning dan bionanofertilizer juga merupakan bagian dari strategi

pengelolaan tanaman kedelai menjadi solusi inovasi untuk mengatasi penurunan produksi dan meningkatkan ketahanan pangan nasional.

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan 1) Mengetahui pengaruh perlakuan penggunaan bakteri indigenous sebagai biomatriconditioning benih terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai Kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*); 2) Mengetahui pengaruh perlakuan aplikasi Bionanofertilizer terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai Kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*); 3) Mengetahui interaksi antara perlakuan penggunaan bakteri indigenous sebagai biomatriconditioning benih dan perlakuan aplikasi Bionanofertilizer terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai Kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*).

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Rejowinangun Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar pada Juni 2025 – November 2025.

Bahan dan Alat

Penelitian ini digunakan berbagai jenis peralatan laboratorium maupun lapangan. Beberapa di antaranya meliputi polybag, ajir, tali rafia, paranet, label plastik, rak plastik, serta alat ukur seperti jangka sorong, penggaris, meteran, dan pH meter. Selain itu, peralatan lain yang turut digunakan yaitu arko, baki, gembor, timbangan analitik, serta perangkat penunjang kegiatan seperti oven, hot plate, shaker, dan kamera. Beberapa alat laboratorium pendukung yang juga diperlukan mencakup gelas ukur, gelas kimia, botol scott, cawan petri, jarum ose, lampu bunsen, autoklaf, dan laminar air flow cabinet. Untuk perlengkapan keselamatan kerja digunakan masker dan sarung tangan, sedangkan peralatan tambahan berupa alat tulis, plastik, mistar, polibeg, serta sprayer. Sedangkan bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian mencakup berbagai komponen biologis maupun nonbiologis. Bahan pokok meliputi blotong, abu ketel, arang sekam, serta benih kedelai sebagai tanaman uji. Mikroorganisme yang diaplikasikan terdiri atas isolat *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Azotobacter* sp., yang didukung oleh penggunaan larutan EM4 dan bionanofertilizer. Selain bahan utama tersebut, penelitian ini juga memanfaatkan bahan tambahan seperti akuades, agar, plastik wrap, kertas label, aluminium foil, dan etanol 70%. Adapun media kultur mikroba yang digunakan adalah Trypton Soybean Agar (TSA).

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial, factor pertama adalah Bioamtriconditioning benih dengan bakteri indigenous dan factor kedua adalah Konsentrasi Bionanofertilizer.

Faktor 1 Perlakuan Bioamtriconditioning benih dengan bakteri indigenous

S1 : Arang Sekam + *Basillus* sp.

S2 : Arang sekam + *Pseudomonas* sp.

S3 : Arang Sekam + *Azotobacter* sp.

Faktor 2 Perlakuan Bionanofertilizer

B1 : konsentrasi 3 ml/L

B2 : konsentrasi 6 ml/L

B3 : konsentrasi 9 ml/L

B4 : konsentrasi 12 ml/L

Dari kedua factor tersebut diperoleh 12 kombinasi perlakuan yaitu S1B1, S1B2, S1B3, S1B4, S2B1, S2B2, S2B3, S2B4, S3B1, S3B2, S3B3, S3B4, Dari 12 perlakuan setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga didapat 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 10 tanaman dalam polybag sehingga diperoleh jumlah seluruh tanaman yang dibutuhkan 360 tanaman.

Variabel Pengamatan

Pengamatan pertumbuhan dan Hasil :

- a. Tinggi tanaman (cm),
- b. Jumlah daun per tanaman,
- c. Diameter batang (cm)
- d. Jumlah polong pertanaman
- e. Jumlah biji pertanaman
- f. Berat 100 biji (gram)
- g. Berat biji pertanaman (gram)

Prosedur Penelitian

1. Perbanyak bakteri indigenous (*Basillus* sp., *Pseudomonas* sp. dan *Azotobacter* sp.)

Isolat *Basillus* sp., *Pseudomonas* sp. dan *Azotobacter* sp. yang diperoleh dari Laboratorium mikologi Universitas Brawijaya terlebih dahulu di murnikan pada media TSA setelah didapat isolat murni kemudian diperbanyak pada media TSA. Perbanyak dilakukan dalam laboratorium agroteknologi UNISBA.

2. Perlakuan biomatriconditioning benih

Isolat *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Azotobacter* sp. yang telah dikultur selama dua hari disuspensikan menggunakan akuades steril, kemudian digoyang dengan alat shaker selama 24 jam untuk memperoleh suspensi yang merata. Suspensi bakteri yang telah homogen tersebut selanjutnya dicampurkan dengan serbuk arang sekam yang berfungsi sebagai media pembawa dalam proses biomatriconditioning benih. Setelah pencampuran, benih kedelai diaduk bersama media padat berupa arang sekam yang telah mengandung suspensi isolat sesuai perlakuan, lalu dijaga dalam kondisi lembap selama kurang lebih 12 jam. Tahap berikutnya, benih dikeringanginkan di dalam laminar air flow cabinet. Benih yang telah melalui tahapan biomatriconditioning kemudian ditanam pada polybag yang berisi media tanam yang telah dipersiapkan sebelumnya.

3. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah media tanam campuran dari Blotong, Abu ketel dan Arang sekam. Setelah dicampur kemudian difermentasi menggunakan EM4 selama 14 hari baru kemudian di masukan dalam polybag ukuran 40cm x 40 cm dan disiram sampai jenuh

air dan dibiarkan sekitar 3-4 hari baru digunakan sebagai media penanaman benih kedelai.

4. Penanaman

Penanaman benih kedelai dilakukan langsung pada media tanam yang telah disediakan, setiap polybag ditanam 1 (satu) benih kedelai.

5. Penyiraman

Penyiraman pada awal penanaman dilakukan 1 hari kemudian 2 hari sekali disesuaikan dengan kebutuhan air pada tanaman.

6. Aplikasi Perlakuan Bionanofertilizer

Aplikasi Bionanofertilizer berdasarkan konsentrasi yang telah ditetapkan yang terdiri dari 4 taraf yaitu konsentrasi 3 ml/L, konsentrasi 6 ml/L, konsentrasi 9 ml/L dan konsentrasi 12 ml/L. Aplikasi bionanofertiliser dilakukan pada saat tanaman umur 1 minggu dan diberikan secara rutin minggu sekali setelahnya.

7. Pengendalian Hama dan Penyakit dilakukan secara manual serta menggunakan pestisida jika dirasa perlu.

8. Panen

Panen tanaman kedelai umumnya dilakukan pada kisaran umur 72 hingga 110 hari setelah tanam (HST). Tanda-tanda kedelai yang telah mencapai fase panen ditandai dengan perubahan warna daun menjadi kuning pada sebagian besar tanaman. Perubahan warna ini terjadi secara alami, bukan akibat kekeringan, serangan hama, ataupun penyakit. Selain itu, polong menunjukkan warna yang beralih dari hijau menjadi kuning kecoklatan, beberapa di antaranya mulai retak, dan tampak sudah menua. Batang tanaman pun terlihat gundul serta berubah warna menjadi kuning kecoklatan sebagai indikasi akhir fase pertumbuhan.

Analisa Data

Data yang telah di peroleh akan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam. Apabila dalam analisis ragam terdapat pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD) pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PARAMETER PERTUMBUHAN

Tinggi Tanaman (cm)

Tinggi tanaman kedelai merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan fase pertumbuhan vegetatif. Berdasarkan Tabel 1, hasil sidik ragam menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan pada setiap umur pengamatan (1 MST hingga 5 MST). Pada umur 1 MST, nilai tinggi tanaman tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan S2B2 sebesar 11,84 cm yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lain, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan S2B1 yaitu 8,49 cm.

Pada umur 2 MST, perlakuan S2B2 kembali menunjukkan nilai tertinggi, yaitu 20,28 cm, berbeda nyata dengan perlakuan lain, sementara perlakuan S1B2 memberikan nilai terendah, yaitu 16,98 cm. Selanjutnya, pada umur 3 MST, perlakuan S2B2 masih konsisten menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dengan nilai 27,23 cm, sedangkan perlakuan S1B2 dan S1B1 relatif lebih rendah dengan nilai masing-masing 20,00 cm dan 19,53 cm.

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenus dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

Perbedaan semakin jelas pada umur 4 MST, di mana perlakuan S2B2 menunjukkan hasil tertinggi dengan nilai 40,22 cm, berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sementara nilai terendah terdapat pada S1B2 sebesar 29,66 cm. Pada pengamatan terakhir, yaitu 5 MST, perlakuan S2B2 memberikan tinggi tanaman tertinggi sebesar 62,61 cm, berbeda nyata dibandingkan semua perlakuan lain, sedangkan perlakuan S1B2 hanya menghasilkan tinggi 45,56 cm sebagai nilai terendah.

Tabel 1. Tinggi Tanaman Kedelai Pada Perlakuan Biomatriconditioning dan Bionanofertilizer Pada Berbagai Umur Pengamatan

PERLAKUAN	PENGAMATAN									
	1 MST		2 MST		3 MST		4 MST		5MST	
S1B1	10.28	bc	17.17	a	19.53	a	34.33	bc	53.39	cde
S1B2	10.71	c	16.98	ab	20.00	a	29.66	ab	45.56	abc
S1B3	10.52	bc	17.50	abc	23.81	bc	32.38	ab	51.83	bcde
S1B4	10.08	bc	17.04	ab	23.56	bc	32.38	ab	48.16	abcd
S2B1	8.49	a	19.65	bc	24.72	cd	38.19	cd	58.11	ef
S2B2	11.84	d	20.28	d	27.23	d	40.22	d	62.61	f
S2B3	10.21	bc	17.69	ab	23.86	bc	30.22	ab	46.33	abcd
S2B4	9.61	abc	15.07	a	23.15	bc	30.35	ab	45.89	abcd
S3B1	10.17	bc	16.30	ab	23.30	bc	31.00	ab	44.33	ab
S3B2	10.29	bc	17.61	bc	21.57	ab	33.28	bc	53.55	de
S3B3	9.43	b	16.39	ab	19.73	a	26.91	a	48.56	abcd
S3B4	10.34	bc	16.64	ab	19.06	a	33.57	bc	43.22	a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Perlakuan biomatriconditioning benih dengan bakteri *Pseudomonas* sp. dipadukan dengan aplikasi bionanofertilizer, terlihat perbedaan signifikan pada tinggi tanaman di berbagai umur pengamatan (1–5 minggu setelah tanam/MST). Perlakuan S2B2 (*Pseudomonas* sp. + bionanofertilizer 6 ml/L) menghasilkan tinggi tanaman rata-rata tertinggi, yaitu 62,61 cm pada 5 MST, yang secara statistik berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain. Hasil ini menunjukkan efek sinergis antara agen hayati dan nanoteknologi dalam mempercepat pertumbuhan tanaman kedelai.

Pseudomonas sp. sebagai agen hayati terletak pada kemampuannya menghasilkan hormon pertumbuhan seperti indole-3-acetic acid (IAA), siderofor, dan enzim pelarut fosfat. IAA merupakan hormon yang merangsang pembelahan dan pemanjangan sel, sedangkan siderofor berfungsi meningkatkan ketersediaan besi yang penting untuk proses metabolisme tanaman. Enzim pelarut fosfat membantu melarutkan fosfat anorganik menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman sehingga penyerapan unsur hara menjadi lebih optimal. Kloepper, Ryu, dan Zhang (2004) menyatakan bahwa bakteri rhizosfer seperti *Pseudomonas* sp. meningkatkan ketersediaan nutrisi dan aktivitas metabolisme tanaman yang berkontribusi pada percepatan laju fotosintesis dan pertumbuhan biomassa. Hal ini memungkinkan tanaman berkembang lebih tinggi dan lebih cepat.

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

Perlakuan bionanofertilizer pada konsentrasi 6 ml/L berkontribusi signifikan dalam penyediaan unsur hara mikro dan makro yang berkelanjutan. Nanopartikel dalam bionanofertilizer memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga memperbesar luas permukaan efektif dan meningkatkan interaksi dengan akar tanaman. Ini memungkinkan pelepasan unsur hara yang terkontrol dan sesuai dengan kebutuhan tanaman, mengoptimalkan penyerapan nutrisi dan meminimalkan kehilangan hara akibat pencucian atau volatilisasi. Dimkpa, Bindran, dan Fugice (2017) mengemukakan bahwa nanoteknologi dalam pupuk meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi tanaman dengan memastikan pelepasan hara yang tepat waktu dan proporsional. DeRosa et al. (2010) juga menambahkan bahwa penggunaan nanoteknologi pada pupuk memberikan manfaat dalam meningkatkan metabolisme dan pertumbuhan tanaman secara signifikan..

Jumlah Daun

Jumlah daun per tanaman merupakan parameter penting yang mencerminkan kapasitas fotosintesis dan potensi produktivitas tanaman. Berdasarkan Tabel 2, hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan biomatriconditioning dengan bakteri indigenous dan aplikasi bionanofertilizer memberikan perbedaan nyata pada beberapa umur pengamatan (2–5 MST). Pada umur 2 MST, perlakuan S2B2 menghasilkan jumlah daun tertinggi dengan nilai 5,33 helai, berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan S2B4 sebesar 3,55 helai. Selanjutnya, pada umur 3 MST, jumlah daun tertinggi juga dicapai oleh perlakuan S2B2 dengan 8,00 helai, sementara jumlah daun terendah terdapat pada S1B4 sebesar 6,67 helai.

Pada umur 4 MST, perlakuan S2B2 tetap konsisten menghasilkan jumlah daun tertinggi, yaitu 11,67 helai, berbeda nyata dengan perlakuan lain. Sebaliknya, perlakuan S3B4 menunjukkan jumlah daun terendah, yaitu 9,56 helai. Pengamatan pada umur 5 MST memperlihatkan bahwa perlakuan S2B2 kembali unggul dengan jumlah daun mencapai 30,67 helai, berbeda nyata dibandingkan semua perlakuan lain, sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan S3B4 dengan hanya 19,56 helai.

Tabel 2. Jumlah Daun Kedelai Pada Perlakuan Biomatriconditioning dan Bionanofertilizer Pada Berbagai Umur Pengamatan

PERLAKUAN	PENGAMATAN							
	2 MST		3 MST		4 MST		5MST	
S1B1	4.00	ab	7.11	ab	10.22	a	23.33	b
S1B2	4.00	ab	6.78	ab	9.78	a	23.11	b
S1B3	4.00	ab	7.00	ab	10.11	a	26.11	bcd
S1B4	4.22	ab	6.67	a	10.22	a	27.55	cde
S2B1	4.11	ab	7.56	ab	10.67	ab	28.67	de
S2B2	5.33	c	8.00	c	11.67	b	30.67	e
S2B3	4.00	ab	7.33	abc	10.22	a	25.11	bc
S2B4	3.55	a	7.00	bc	10.00	a	25.22	bc
S3B1	3.89	ab	6.78	ab	9.89	a	24.45	bc
S3B2	4.44	ab	6.89	ab	10.22	a	23.22	b

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

S3B3	4.44	ab	6.89	ab	10.22	a	25.22	bc
S3B4	4.44	ab	6.89	ab	9.56	a	19.56	a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Daun adalah organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis, sehingga jumlah dan kondisi daun akan sangat mempengaruhi produksi energi dan metabolit yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dalam penelitian dengan perlakuan S2B2 (*Pseudomonas* sp. + bionanofertilizer 6 ml/L), jumlah daun tertinggi sebesar 30,67 helai pada 5 MST menunjukkan respons positif tanaman terhadap kombinasi agen hayati dan nanoteknologi. Peningkatan jumlah daun ini secara statistik berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya, yang menandakan efek signifikan dari aplikasi tersebut terhadap fase vegetatif tanaman. Peran bakteri *Pseudomonas* sp. dalam meningkatkan jumlah daun sangat terkait dengan kemampuannya meningkatkan penyerapan nitrogen, unsur hara esensial dalam sintesis klorofil dan pembentukan jaringan daun. Nitrogen merupakan komponen utama protein dan pigmen fotosintetik, sehingga peningkatan asupan nitrogen mempercepat produksi daun baru serta memperpanjang fase pembelahan dan diferensiasi sel daun. Produksi hormon tumbuh mikroba seperti Indole-3-acetic acid (IAA) yang disintesis oleh *Pseudomonas* sp. juga memegang peranan penting dalam merangsang pembelahan dan pemanjangan sel daun. Spaepen, Vanderleyden, dan Remans (2007) menegaskan bahwa IAA mikroba berfungsi sebagai sinyal molekuler yang mengaktifasi proses mitosis dan ekspansi sel, sehingga meningkatkan jumlah dan ukuran daun secara signifikan untuk mendukung fotosintesis aktif dan pertumbuhan tanaman.

Penggunaan bionanofertilizer pada konsentrasi optimal 6 ml/L memberikan pasokan nutrisi yang stabil dan terkontrol sepanjang fase vegetatif tanaman. Nanopartikel nutrisi memungkinkan pelepasan unsur hara secara bertahap, yang menghindarkan tanaman dari defisiensi atau stres akibat fluktuasi ketersediaan nutrisi. Kondisi nutrisi yang optimal ini memastikan proses fotosintesis dan pembentukan daun berlangsung secara berkelanjutan dan konsisten. Menurut Dimkpa, Bindraban, dan Fugice (2017), nanomaterial dalam pupuk mampu meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi tanaman dan mengurangi kehilangan nutrisi, sehingga memberikan dukungan maksimal pada pertumbuhan vegetatif seperti ekspansi daun. Keunggulan ini juga ditegaskan oleh DeRosa et al. (2010), yang menyatakan bahwa nanofertilizer membantu menjaga keseimbangan nutrisi mikro dan makro yang penting bagi perkembangan organ tanaman terutama daun.

Diameter Batang (cm)

Diameter batang merupakan parameter penting yang mencerminkan kekuatan struktural tanaman dalam menopang beban polong dan biji yang berkembang. Berdasarkan Tabel 3, hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan biomatriconditioning dengan bakteri indigenous dan aplikasi bionanofertilizer memberikan perbedaan nyata pada semua umur pengamatan (1–5 MST).

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

Pada umur 1 MST, perlakuan S2B2 menunjukkan diameter batang tertinggi sebesar 22,63 mm, berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan diameter terkecil terdapat pada S1B1 dan S1B3 masing-masing sebesar 18,22 mm dan 18,23 mm. Pada pengamatan umur 2 MST, perlakuan S2B2 kembali memberikan hasil tertinggi dengan diameter 28,21 mm, sementara nilai terendah terdapat pada S1B4 sebesar 22,78 mm. Selanjutnya, pada umur 3 MST, perlakuan S2B2 tetap konsisten menghasilkan diameter batang terbesar yaitu 37,89 mm, berbeda nyata dengan perlakuan lain, sedangkan diameter terkecil terdapat pada perlakuan S3B3 sebesar 29,67 mm. Pada pengamatan 4 MST, perlakuan S2B2 menunjukkan hasil tertinggi dengan diameter batang 52,44 mm, berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain, sementara nilai terendah terdapat pada perlakuan S3B4 sebesar 35,89 mm.

Tabel 3. Diameter Batang Kedelai Pada Perlakuan Biomatriconditioning dan Bionanofertilizer Pada Berbagai Umur Pengamatan

PERLAKUAN	PENGAMATAN									
	1 MST		2 MST		3 MST		4 MST		5MST	
S1B1	18.22	a	24.78	abc	32.00	ab	43.89	abc	61.67	ab
S1B2	20.33	b	23.22	ab	32.11	ab	40.33	ab	58.55	ab
S1B3	18.23	a	24.22	abc	32.44	ab	41.89	abc	62.00	ab
S1B4	20.33	b	22.78	a	32.22	ab	43.89	abc	57.22	ab
S2B1	19.00	ab	26.00	cd	36.98	bc	49.00	cd	65.37	bc
S2B2	22.63	c	28.21	d	37.89	c	52.44	d	71.67	c
S2B3	18.80	ab	24.11	abc	31.33	a	50.00	abc	62.22	ab
S2B4	19.57	ab	25.56	bc	32.44	ab	45.00	bcd	60.89	ab
S3B1	20.20	ab	24.11	abc	31.67	ab	40.22	ab	57.78	ab
S3B2	19.53	ab	23.44	abc	32.44	ab	42.22	abc	63.11	abc
S3B3	19.87	ab	24.56	abc	29.67	a	39.33	ab	60.44	ab
S3B4	18.43	ab	24.11	abc	27.00	a	35.89	a	54.78	a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Struktural tanaman berperan menjaga kestabilan tanaman terhadap tekanan mekanik seperti angin dan hujan yang dapat menyebabkan rebah. Dalam penelitian biomatriconditioning benih kedelai dengan bakteri *Pseudomonas* sp. dan aplikasi bionanofertilizer 6 ml/L (perlakuan S2B2), diameter batang terbesar tercatat 71,67 mm pada 5 MST, secara signifikan lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menandakan bahwa kombinasi agen hayati dan nanoteknologi dapat memperkuat struktur tanaman secara efektif.

Pseudomonas sp. berperan penting dalam peningkatan diameter batang terutama karena kemampuannya meningkatkan ketersediaan fosfor dan nitrogen. Kedua unsur hara ini krusial dalam sintesis lignin dan selulosa, komponen utama pembentuk dinding sel tanaman yang memperkuat batang. Fosfor mendukung berbagai reaksi biologis penting, sementara nitrogen merupakan unsur dasar protein dan enzim yang menunjang metabolisme pembentukan jaringan penguat. Peningkatan ketersediaan fosfor dan nitrogen memungkinkan pembentukan jaringan

batang yang lebih tebal dan kuat, yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres mekanik (Lugtenberg & Kamilova, 2009).

Aplikasi bionanofertilizer pada konsentrasi 6 ml/L mendukung proses pembentukan dinding sel tanaman dengan meningkatkan metabolisme dan akumulasi lignin dalam jaringan batang. Nanopartikel dari bionanofertilizer memperluas luas permukaan kontak dengan akar, sehingga pelepasan nutrisi menjadi lebih terkendali dan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hal ini meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi secara lebih berkelanjutan dan mendorong penguatan struktur batang, membuat tanaman lebih stabil dan tahan terhadap beban polong dan biji (Dimkpa, Bindraban, & Fugice, 2017; DeRosa et al., 2010).

Kombinasi biomatriconditioning menggunakan *Pseudomonas* sp. dan bionanofertilizer 6 ml/L memberikan efek sinergis yang meningkatkan parameter vegetatif kedelai, mulai dari tinggi tanaman, jumlah daun, hingga kekuatan batang. Pendekatan ini menunjukkan potensi nyata penggabungan agen hayati dan teknologi nanofertilizer sebagai strategi berkelanjutan dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas kedelai.

Parameter Produksi

Berdasarkan hasil analisis ragam, perlakuan biomatriconditioning dengan bakteri indigenous yang dikombinasikan dengan bionanofertilizer menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap seluruh parameter hasil tanaman kedelai, meliputi jumlah polong, berat polong, jumlah biji, berat biji per tanaman, dan berat 100 biji (Tabel 4). Kombinasi perlakuan S2B4 (*Pseudomonas* sp. + bionanofertilizer 12 ml/L) memberikan hasil tertinggi pada semua parameter hasil. Perlakuan tersebut menghasilkan jumlah polong sebesar 180,00 buah, berat polong 246,56 g, jumlah biji 386,11 butir, berat biji 68,89 g, dan berat 100 biji 20,00 g. Nilai ini berbeda nyata dibandingkan dengan sebagian besar perlakuan lainnya, menunjukkan adanya efek sinergis antara mikroba pemacu pertumbuhan dan pupuk berteknologi nano dalam meningkatkan produktivitas kedelai. Perlakuan S3B1 (*Azotobacter* sp. + bionanofertilizer 3 ml/L) menunjukkan hasil terendah hampir pada seluruh parameter hasil, yaitu jumlah polong 122,22 buah, berat polong 174,78 g, jumlah biji 283,56 butir, berat biji 48,67 g, dan berat 100 biji 17,67 g. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas biomatriconditioning dan ketersediaan hara yang optimal sangat bergantung pada jenis mikroba dan konsentrasi bionanofertilizer yang digunakan.

Jumlah Polong dan Berat Polong Pertanaman

Jumlah dan berat polong merupakan parameter yang secara langsung berkorelasi dengan potensi hasil biji. Kombinasi *Pseudomonas* sp. dan bionanofertilizer 12 ml/L (S2B4) memberikan nilai tertinggi, menunjukkan bahwa ketersediaan nutrisi dan peningkatan aktivitas mikroba rhizosfer berkontribusi positif terhadap pembentukan polong. Menurut Kloepper, Ryu, dan Zhang (2004), bakteri *Pseudomonas* sp. mampu menghasilkan hormon pertumbuhan seperti indole-3-acetic acid (IAA), siderofor, dan enzim pelarut fosfat yang dapat memperbaiki struktur akar serta meningkatkan penyerapan nutrisi makro dan mikro. Peningkatan efisiensi penyerapan fosfor dan nitrogen tersebut secara fisiologis berpengaruh terhadap pembentukan bunga dan polong yang lebih banyak.

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

Peningkatan konsentrasi bionanofertilizer hingga 12 ml/L mendukung ketersediaan nutrisi yang lebih stabil melalui mekanisme slow release. Nanopartikel dalam pupuk memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga memungkinkan pelepasan unsur hara secara bertahap dan efisien (Dimkpa, Bindraban, & Fugice, 2017). Efisiensi ini memungkinkan tanaman kedelai mempertahankan proses fotosintesis optimal selama pembentukan polong. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Sachan et al. (2021) yang menyatakan bahwa pupuk nano berbasis ZnO meningkatkan pembentukan polong dan hasil tanaman legum melalui perbaikan aktivitas enzim nitrogenase serta peningkatan ketersediaan unsur mikro esensial selama fase generatif.

Tabel 4. Jumlah Polong, Berat Polong, Jumlah Biji, berat Biji dan Berat 100 Biji Pada Perlakuan Biomatriconditioning dan Bionanofertilizer Pada Berbagai Umur Pengamatan

PERLAKUAN	PARAMETER PENGAMATAN							
	JUMLAH POLONG	BERAT POLONG	JUMLAH BIJI	BERAT BIJI	BERAT 100 BIJI			
S1B1	173.00 e	210.00 f	337.78 fg	61.67 c	17.00 bc			
S1B2	141.00 c	164.11 b	299.67 cd	53.89 b	14.33 a			
S1B3	155.33 cd	188.22 d	324.89 ef	60.56 c	18.00 bc			
S1B4	155.33 cd	201.33 e	314.67 de	64.11 c	18.00 bc			
S2B1	136.44 b	167.44 b	231.89 a	46.11 a	18.67 bc			
S2B2	152.33 c	188.67 d	340.11 fg	60.67 c	17.67 bc			
S2B3	136.11 b	154.89 a	272.56 b	52.44 b	18.00 bc			
S2B4	180.00 f	246.56 h	386.11 h	68.89 d	20.00 d			
S3B1	122.22 a	174.78 c	283.56 bc	48.67 a	17.67 bc			
S3B2	173.44 e	187.14 d	324.78 ef	63.22 c	16.33 bc			
S3B3	160.89 d	227.89 g	347.33 g	61.67 c	18.33 c			
S3B4	156.00 cd	198.00 e	306.33 de	55.67 b	17.67 bc			

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Jumlah dan Berat Biji per Tanaman

Perlakuan S2B4 juga memberikan nilai tertinggi pada jumlah biji (386,11 butir) dan berat biji per tanaman (68,89 g). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil biji tidak hanya disebabkan oleh jumlah polong yang banyak, tetapi juga oleh keberhasilan pengisian biji yang lebih optimal. *Pseudomonas* sp. diketahui memiliki kemampuan sebagai plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) yang dapat meningkatkan laju fotosintesis melalui perbaikan serapan nitrogen dan fosfor (Lugtenberg & Kamilova, 2009). Nutrisi yang cukup selama fase pengisian biji mempercepat akumulasi karbohidrat dan protein dalam biji kedelai, yang berdampak langsung pada peningkatan berat biji. Konsentrasi bionanofertilizer yang tinggi (12 ml/L) berperan dalam menjaga keseimbangan hara esensial (N, P, K, Zn, dan Fe) di zona perakaran. DeRosa et al. (2010) menyebutkan bahwa teknologi nano mampu memperkecil kehilangan unsur hara akibat pencucian dan meningkatkan bioavailabilitas nutrisi dalam tanah. Dengan demikian, sistem distribusi hara yang efisien berkontribusi pada peningkatan pengisian biji secara fisiologis.

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

Berat 100 Biji

Berat 100 biji merupakan indikator mutu fisiologis hasil biji kedelai. Perlakuan S2B4 menghasilkan berat 100 biji tertinggi sebesar 20,00 g, berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Berat 100 biji yang lebih tinggi mengindikasikan adanya akumulasi biomassa dan pengisian biji yang lebih sempurna. Hal ini dipengaruhi oleh tersedianya unsur hara mikro seperti Zn dan Fe dalam bionanofertilizer yang berperan dalam pembentukan enzim dan protein selama proses pengisian biji (Nawawi, Nurhidayati, & Muslikhah, 2024). Perlakuan dengan konsentrasi bionanofertilizer yang lebih rendah (3–6 ml/L) menunjukkan berat 100 biji yang cenderung lebih kecil, mengindikasikan bahwa kebutuhan hara tanaman pada fase generatif belum sepenuhnya terpenuhi. Temuan ini menguatkan pandangan Windia, Sumadi, dan Nuraini (2014) bahwa kombinasi antara agens hayati dan pupuk organik atau biofertilizer yang tepat konsentrasinya dapat meningkatkan mutu fisiologis benih dan hasil biji kedelai secara signifikan.

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan biomatriconditioning benih dengan bakteri indigenous dan aplikasi bionanofertilizer berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi S2B2 (*Pseudomonas* sp. + bionanofertilizer 6 ml/L) yang secara konsisten meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, sementara komponen hasil seperti jumlah polong, bobot 100 biji, dan bobot biji per tanaman terbaik ditunjukan pada S2B4 (*Pseudomonas* sp. + bionanofertilizer 12 ml/L). Dari penelitian ini membuktikan adanya efek sinergis antara agens hayati dan pupuk nano dalam meningkatkan produktivitas kedelai secara berkelanjutan.

Saran

Disarankan agar kombinasi biomatriconditioning menggunakan *Pseudomonas* sp. dengan bionanofertilizer 12 ml/L dapat diaplikasikan dalam budidaya kedelai di tingkat petani karena terbukti memberikan hasil terbaik. Penelitian lanjutan tetap diperlukan untuk menguji efektivitas teknologi ini pada berbagai varietas kedelai dan kondisi lingkungan yang berbeda, serta menilai aspek ekonomi agar inovasi ini dapat diadopsi secara luas dan berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan pangan nasional.

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenus dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N., Kurniawan, T., & Halimursyadah. (2022). Kemampuan isolat rizobakteri indogenous sebagai agen biofertilizer terhadap pertumbuhan beberapa varietas nilam Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4).
- BAPPENAS. (2014). Penyusunan RPJMN 2015–2019 bidang pangan dan pertanian.
- DeRosa, M. C., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R., & Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnology*, 5(2), 91–92.
- Dimkpa, C. O., Bindraban, P. S., & Fugice, J. N. (2017). Nanomaterials and the nutrient use efficiency in plants: Current perspectives and future challenges. *Frontiers in Plant Science*, 8, 460.
- Endrawati, T., Sarjani, A., Puspitorini, P., & Kurniastuti, K. (2023). Respon penggunaan agens hayati sebagai biomatriconditioning benih diintegrasikan dengan media tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman Kyuri (*Cucumis sativus L.*). *Viabel Pertanian*, 18(2), 131–142.
- Ilyas, S., Asie, K. V., Sutariati, G. A. K., & Sudarsono. (2015). Biomatriconditioning or biopriming with biofungicides or biological agents applied on hot pepper (*Capsicum annuum L.*) seeds reduced seedborne *Colletotrichum capsici* and increased seed quality and yield. *Acta Horticulturae*, 1105, 103–110.
- Ilyasa, S., & Sopian, O. (2013). Effect of seed maturity and invigoration on seed viability and vigor, plant growth, and yield of bambara groundnut (*Vigna subterranean (L.) Verdcourt*). In F. Massawe et al. (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Underutilized Plant Species “Crops for the Future – Beyond Food Security”* (*Acta Horticulturae* 979, pp. 281–287). ISHS.
- Kharisma, B. (2018). Determinan produksi kedelai di Indonesia dan implikasi kebijakannya. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*, 7(3), 679–710.
- Kloepper, J. W., Ryu, C. M., & Zhang, S. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, 94(11), 1259–1266.
- Lugtenberg, B., & Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63, 541–556.
- Mustika, S., Suhartanto, M. R., & Qodir, A. (2014). Kemunduran benih kedelai akibat pengusangan cepat menggunakan alat IPB 77-1 mm dan penyimpanan alami. *Bul. Agrohorti*, 2(1), 1–10.
- Nawawi, I., Nurhidayati, & Muslikhah, S. (2024). Aplikasi foliar nanokompos diperkaya nanopartikel ZnO pada pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*). *Jurnal Agronisma*, 12(1), 488–499.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). *Statistik pertanian*.
- Sachan, R., Verma, H., Yadav, A., & Nisha, S. (2021). Nanofertilizers: Applications and future prospects. *Just Agriculture*, 1(11), 1–5.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448.

Agung Setya Wibowo, Army Dita Serdani, Tri Endrawati, Palupi Puspitorini. 2025. Efektifitas Biomatriconditioning Benih dengan Bakteri Indigenous dan Bionanofertilizer Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr.*)
Journal Viabel Pertanian. (2025), 19 (2) 65-78

- Siswanto, E. 2024. "Cobalt 60 (^{60}Co) Gamma Ray Irradiation for Genetic Improvement of Edamame Plant Growth and Yield (*Glycine Max . (L) Merrill*) M2 Generation." <https://doi.org/10.32996/jeas.2024.5.2.2>
- Siswanto,E. 2024. "CO 60 Dose and Dose Rate ' s Effects on Edamame Ryoko Jember Variety ' s Growth and Production." <https://doi.org/10.55324/iss.v3i3.656>
- Sutariati, G. A. K., Muhidin, Rahni, N. M., Mudi, L., Maharani, R. R., & Wibawa, G. N. A. (2021). The effectiveness of endo-rhizo bacteria isolated from areca nut rhizosphere (*Areca catechu L.*) in breaking dormancy and improving seed vigor. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 807(4), 042039.
- Wahyuningsih, S. (2023). Analisis kinerja perdagangan kedelai. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Wibowo, A. S., Endrawati, T., Sarjani, A., & Puspitorini, P. (2023). Konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk majemuk berteknologi nano untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman okra (*Abelmoschus esculentus*). Viabel Pertanian, 17(2), 98–108.
- Windia, E. S., Sumadi, & Nuraini, A. (2014). Pengaruh pemberian agen hayati pada benih dan pupuk bokashi terhadap mutu fisiologis benih kedelai (*Glycine max L. (Merill)* kultivar Grobogan). Agrolgia, 7(1), 24–31.