*Fruitset Sains, 14 (4) (2026) pp. 497-508*
Published by: IOCSCIENCE
Fruitset Sains : Jurnal Pertanian Agroteknologi
Journal homepage: www.iocscience.org/ejournal/index.php/Fruitset

# PENGARUH PEMBERIAN BOKASHI DAN PUPUK HAYATI TERHADAP MUTU FISIOLOGIS DAN PATOLOGIS BENIH KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merril)

**Sulqifly[1], Andi Khaeruni[2], Teguh Wijayanto[3], Gusti Ayu Kade Sutariati[4], Vit Neru Satrah[5]**
[1,3,4]Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Indonesia
[2,5]Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Indonesia
Email: sulqifly@uho.ac.id

***Abstract***

*Soybean is a strategic food commodity that requires improvements in productivity and seed quality. Crop management through the application of bokashi and biofertilizers has the potential to improve growing conditions, support plant growth, and enhance the physiological quality and pathological health of seeds. However, the effectiveness of combinations of bokashi, Biofresh, and Agrisoy in maintaining seed quality during storage remains unknown. This study aimed to determine the effects of bokashi and biofertilizers on the physiological and pathological quality of soybean seeds. The study was conducted at the Agrotechnology Laboratory, Plant Pest and Disease Science Unit, Faculty of Agriculture, Universitas Halu Oleo, Kendari, using a Completely Randomized Design (CRD) with one factor consisting of six treatment combinations: control (B0A0), soybean straw bokashi + Biofresh biofertilizer (B1A1), soybean straw bokashi + Biofresh + Agrisoy biofertilizers (B1A3), rice straw bokashi + Biofresh biofertilizer (B2A1), rice straw bokashi + Biofresh + Agrisoy biofertilizers (B2A3), and soybean straw + rice straw bokashi + Biofresh + Agrisoy biofertilizers (B3A3). The research activities included land preparation, bokashi application, biofertilizer application, planting, crop maintenance, and harvesting. The results showed that the combination of bokashi and biofertilizers improved the physiological and pathological quality of soybean seeds. The combination of soybean straw + rice straw bokashi with Biofresh + Agrisoy biofertilizers (B3A3) showed the most balanced overall performance in maintaining germination capacity at 94.67%, maximum growth potential at 98.67%, growth uniformity at 94.67%, vigor index at 89.33%, and the lowest seed contamination at 13.33%.*

*Keywords: Biofertilizer, Bokashi, Seed Quality, Soybean*

**Abstrak**

Kedelai merupakan komoditas pangan strategis yang membutuhkan peningkatan produktivitas dan mutu benih. Pengelolaan tanaman melalui aplikasi bokashi dan pupuk hayati berpotensi memperbaiki kondisi tumbuh, mendukung pertumbuhan, serta meningkatkan mutu fisiologis dan kesehatan patologis benih. Namun, efektivitas kombinasi bokashi, Biofresh, dan Agrisoy terhadap mutu benih selama penyimpanan masih belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk bokashi dan pupuk hayati terhadap mutu fisiologis dan patologis benih kedelai. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agroteknologi Unit Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo Kendari, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu perlakuan yaitu kontrol (B0A0), bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh (B1A1), bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B1A3), bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh (B2A1),

bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B2A3), bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B3A3). Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan lahan, aplikasi bokashi, aplikasi pupuk hayati, penanaman, pemeliharaan dan panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi bokashi dan pupuk hayati dapat meningkatkan mutu fisiologis dan patologis benih kedelai. Kombinasi bokashi serasah kedelai dan jerami padi dengan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B3A3) menunjukkan kombinasi performa yang relatif paling seimbang dalam kemampuan mempertahankan daya kecambah 94,67%, potensi tumbuh maksimum 98,67%, keserampakan tumbuh 94,67%, indeks vigor 89,33% dan kontaminasi benih terendah 13,33%.

Kata kunci : Kedelai, Bokashi, Mutu Benih, Pupuk Hayati

## 1. Pendahuluan

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) merupakan salah satu tanaman legum penting yang memiliki nilai strategis dalam sistem pangan karena bijinya kaya akan protein dan dimanfaatkan secara luas sebagai bahan pangan maupun bahan baku berbagai produk olahan. Selain berperan sebagai sumber protein nabati, kedelai juga memiliki berbagai komponen nutrisi yang mendukung pemanfaatannya dalam pangan dan industri. Secara global, peningkatan produktivitas kedelai terus diarahkan melalui penggunaan varietas unggul, perbaikan teknologi budidaya, serta pengelolaan sumber daya produksi yang lebih efisien (Adie et al., 2023; Rani et al., 2023).

Di Indonesia, kedelai masih menjadi komoditas pangan yang penting, sementara produktivitasnya masih perlu ditingkatkan. Hasil Survei Ubinan 2024 menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas kedelai nasional mencapai 16,23 ku/ha, dengan produktivitas yang berbeda menurut kondisi lahan dan wilayah (BPS, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produksi kedelai tidak cukup hanya dilakukan melalui peningkatan luas areal tanam, tetapi juga memerlukan penerapan teknologi budidaya yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan input, pertumbuhan tanaman, pembentukan biji, dan hasil yang diperoleh.

Salah satu komponen teknologi yang sangat menentukan keberhasilan budidaya kedelai adalah penggunaan benih bermutu. Benih merupakan titik awal pertumbuhan tanaman sehingga mutu benih berpengaruh terhadap kemampuan benih untuk berkecambah, tumbuh secara seragam, membentuk tanaman yang vigor, dan selanjutnya menghasilkan tanaman dengan produktivitas yang optimal. Mutu benih mencakup mutu genetik, fisik, fisiologis, dan kesehatan benih. Mutu fisiologis terutama berkaitan dengan viabilitas dan vigor, sedangkan mutu patologis berkaitan dengan keberadaan patogen yang terbawa benih (*seed-borne pathogens*). Pada kedelai, aspek kesehatan benih menjadi penting karena infeksi patogen terbawa benih dapat menurunkan daya berkecambah, vigor kecambah, dan pertumbuhan awal tanaman (Ansah et al., 2023; Kim et al., 2022).

Permasalahan mutu benih tidak hanya ditentukan oleh kondisi benih setelah panen, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi tanaman selama proses produksi benih di lapangan. Ketersediaan unsur hara, kondisi tanah, aktivitas mikroorganisme, dan kesehatan tanaman selama fase vegetatif hingga reproduktif dapat memengaruhi pembentukan dan pengisian

biji. Ketersediaan hara yang memadai berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan pembentukan hasil, sementara keseimbangan nutrisi juga dapat berhubungan dengan karakteristik kualitas biji. Penelitian Ran et al., (2024) misalnya, menunjukkan bahwa pemberian fosfor pada tanaman kedelai dapat meningkatkan hasil benih sekaligus memengaruhi kualitas nutrisi biji, termasuk kandungan asam amino esensial. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa pengelolaan tanaman selama fase produksi berpotensi menentukan kualitas benih yang dihasilkan.

Pemanfaatan bahan organik merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperbaiki kondisi pertumbuhan tanaman. Pupuk organik dapat memberikan kontribusi terhadap perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologis tanah serta menyediakan unsur hara secara bertahap. Perbaikan lingkungan perakaran dapat mendukung perkembangan akar dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam memperoleh air dan unsur hara. Pada tanaman kedelai, penggunaan berbagai sumber bahan organik, seperti vermikompos, pupuk kandang, dan bahan organik lainnya, telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan akar dan tanaman serta mendukung pembentukan biomassa (Arslanoglu, 2022). Pemberian pupuk kandang dan kompos jerami juga dilaporkan dapat meningkatkan produktivitas kedelai serta meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk anorganik dan pupuk hayati (Sucahyono et al., 2021). Pada kondisi tanah masam, penggunaan pupuk organik juga berpotensi memperbaiki pertumbuhan vegetatif dan reproduktif tanaman kedelai (Lestari et al., 2024).

Bentuk bahan organik yang dapat dimanfaatkan dalam budidaya tanaman adalah bokashi. Bokashi merupakan bahan organik yang telah mengalami proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik dan unsur hara sekaligus sebagai bahan pembenah tanah. Penggunaan bokashi dapat memberikan lingkungan tumbuh yang lebih mendukung bagi perkembangan akar dan aktivitas biologis tanah. Pada tanaman kedelai, Rusnaini & Wuriesyliane, (2023) melaporkan bahwa pemberian bokashi berbahan abu sekam dapat memengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman, antara lain tinggi tanaman, jumlah polong, bobot 100 biji, dan bobot kering tanaman. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bokashi memiliki potensi untuk mendukung produktivitas kedelai melalui perbaikan kondisi media tumbuh dan penyediaan hara.

Selain perbaikan kondisi tanah melalui bahan organik, pemanfaatan agen hayati merupakan pendekatan yang semakin penting dalam sistem produksi tanaman yang berkelanjutan. Agen hayati yang mengandung atau memanfaatkan mikroorganisme menguntungkan dapat berperan dalam meningkatkan ketersediaan dan efisiensi pemanfaatan unsur hara, mendukung pertumbuhan tanaman, serta berpotensi meningkatkan kesehatan tanaman melalui interaksi dengan mikroorganisme lain di lingkungan perakaran. Beberapa mikroorganisme juga memiliki kemampuan antagonistik terhadap patogen tanaman. Pada tanaman kedelai, Kim et al., (2022) melaporkan bahwa sejumlah bakteri dan fungi endofit memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan patogen terbawa benih. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan mikroorganisme menguntungkan memiliki potensi dalam mendukung kesehatan tanaman dan benih.

Pupuk hayati Biofresh dan Agrisoy memiliki peluang untuk digunakan sebagai bagian dari pendekatan terpadu dalam produksi kedelai. Biofresh diaplikasikan pada lingkungan perakaran sehingga diharapkan dapat berkontribusi terhadap aktivitas biologis di sekitar akar dan mendukung pertumbuhan tanaman, sedangkan Agrisoy diaplikasikan melalui perlakuan benih sehingga mikroorganisme dapat berasosiasi dengan benih sejak awal pertumbuhan. Penggunaan kedua agen hayati tersebut secara bersamaan menjadi menarik untuk dikaji karena memungkinkan adanya pendekatan pada dua tahap penting, yaitu perlakuan benih pada awal pertumbuhan dan pengelolaan lingkungan perakaran selama pertumbuhan tanaman. Namun, efek kombinasi tersebut tidak dapat langsung diasumsikan lebih baik daripada aplikasi tunggal. Interaksi antarmikroorganisme dapat menghasilkan efek yang bersifat sinergis, aditif, tidak berbeda, atau bahkan antagonistik sehingga perlu dibuktikan melalui penelitian.

Permasalahan lain yang penting dalam produksi benih kedelai adalah kesehatan benih selama penyimpanan. Benih dapat mengalami penurunan mutu fisiologis selama penyimpanan yang ditandai dengan menurunnya viabilitas dan vigor. Selain itu, keberadaan mikroorganisme atau patogen terbawa benih dapat memengaruhi kesehatan dan kualitas benih selama penyimpanan. (Olszak-Przybyś & Korbecka-Glinka, 2024) melaporkan adanya berbagai fungi yang berasosiasi dengan benih kedelai setelah penyimpanan. Oleh karena itu, penilaian mutu benih seharusnya tidak hanya dilakukan segera setelah panen, tetapi juga mempertimbangkan kemampuan benih mempertahankan viabilitas, vigor, dan kesehatan patologis selama penyimpanan.

Meskipun penelitian mengenai bokashi dan agen hayati pada tanaman kedelai telah berkembang, sebagian besar penelitian masih menitikberatkan pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Informasi mengenai bagaimana kombinasi sumber bahan organik dengan agen hayati memengaruhi mutu benih yang dihasilkan masih relatif terbatas. Lebih khusus lagi, belum jelas apakah pemberian bokashi dapat berinteraksi dengan Biofresh dan Agrisoy dalam menghasilkan benih dengan mutu fisiologis dan kesehatan patologis yang lebih baik dibandingkan penggunaan masing-masing perlakuan secara tunggal. Belum diketahui pula apakah pengaruh perlakuan tersebut dapat dipertahankan selama penyimpanan, sehingga mutu benih yang dihasilkan tidak hanya tinggi pada awal pengujian tetapi juga tetap memiliki viabilitas, vigor, dan kesehatan yang baik selama periode penyimpanan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh informasi ilmiah mengenai respons tanaman dan benih kedelai terhadap berbagai jenis bokashi dan agen hayati, baik secara tunggal maupun kombinasi. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan dasar ilmiah bagi pengembangan teknologi produksi benih kedelai yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil, tetapi juga pada peningkatan viabilitas, vigor, dan kesehatan patologis benih serta kemampuan mempertahankan mutu selama penyimpanan.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih kedelai varietas Anjasmoro, pupuk bokashi serasah kedelai, pupuk bokashi jerami padi, pupuk hayati Biofresh, pupuk hayati Agrisoy, kertas saring, aquades, pasir, NaOCl. Alat yang digunakan dalam penelitian

meliputi pacul, parang, gembor, timbangan, laminar *air flow cabinet*, mikroskop, cawan petri, gelas kimia, gelas ukur, incubator, pinset, baki, kamera dan alat tulis menulis.

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan 6 perlakuan yaitu kontrol (B0A0), bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh (B1A1), bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B1A3), bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh (B2A1), bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B2A3), bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B3A3). Setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 18 unit percobaan.

Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan lahan, aplikasi bokashi, aplikasi pupuk hayati, penanaman, pemeliharaan dan panen. Lahan terlebih dahulu dibersihkan dari sisa-sisa tanaman atau rumput liar (gulma), kemudian tanah diolah dengan menggunakan traktor dan dibuat bedengan dengan ukuran 2 m x 3,5 m. Aplikasi bokashi dilakukan 2 minggu sebelum tanam dengan cara menabur bokashi secara merata di atas permukaan petakan sesuai dengan petak perlakuannya masing-masing dengan dosis 10 ton.ha$^{-1}$. Aplikasi pupuk hayati Biofresh dilakukan dalam dua tahap dengan dosis masing-masing 10 g per rumpun. Pemberian pertama dilakukan pada saat penanaman dengan menempatkan pupuk hayati Biofresh sebagai bahan penutup lubang tanam, sedangkan aplikasi kedua dilakukan ketika tanaman berumur 4 minggu setelah tanam (MST) dengan cara menaburkannya di sekitar daerah perakaran tanaman, sedangkan pupuk hayati Agrisoy diaplikasikan melalui perlakuan benih, dengan cara benih kedelai dibasahi terlebih dahulu menggunakan air secukupnya, kemudian dicampur dengan Agrisoy sebanyak 10 g per 2 kg benih. Selanjutnya, benih diaduk secara merata hingga seluruh permukaan benih terlapisi agen hayati. Pada perlakuan kombinasi pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, aplikasi dilakukan dengan menggabungkan kedua agen hayati tersebut sesuai dengan dosis dan metode aplikasi yang digunakan pada perlakuan pupuk hayati Biofresh dan Agrisoy secara tunggal. Penanaman dilakukan dengan cara membuat lubang tanam sedalam 3 cm, lalu memasukan benih sebanyak 3 biji benih per lubang tanam dengan jarak tanam 30 cm x 25 cm. Pemeliharaan tanaman meliputi penyulaman, penyiangan, penyiraman dan pumupukan anorganik. Panen dilakukan dengan cara memotong pangkal batang kedelai yang sudah matang fisiologi, kemudian benih dikemas dan disimpan untuk dilakukan pengujian.

Pengamatan dilakukan pada benih kedelai dengan periode penyimpanan 0, 1, 2, dan 3 bulan setelah panen. Variabel pengamatan meliputi: daya kecambah (DB) dihitung berdasarkan persentase kecambah normal (KN) hitungan pertama yaitu 5 hari setelah tanam (HST) dan kedua (7 HST) dengan rumus; potensi tumbuh maksimum (PTM) diamati dengan cara menghitung semua benih yang berkecambah pada hari terakhir (7 HST); keserempakan tumbuh (Kst) dihitung berdasarkan persentase kecambah normal (KN) pada hari antara hitungan pertama (5 HST) dan kedua (7 HST) yaitu pada 6 HST; indeks vigor (IV) dihitung berdasarkan persentase kecambah normal pada hitungan pertama (5 HST) dengan rumus (Sadjad et al., 1999); dan kontaminasi benih.

$$\mathbf{IV} = \frac{\Sigma \text{ KN hitungan I}}{\Sigma \text{ benih yang ditanam}} \text{ X } 100\%$$

$$\mathbf{DB} = \frac{\Sigma \text{ KN hitungan I} + \Sigma \text{ KN hitungan II}}{\Sigma \text{ benih yang ditanam}} \text{ X } 100\%$$

$$KB = \frac{n}{N} x100\%$$

dimana: n = Jumlah benih terinfeksi, N = Jumlah benih yang diamati

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam pada taraf kepercayaan 95%. Jika berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Daya kecambah

Daya kecambah merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan mutu fisiologis benih karena menunjukkan kemampuan benih untuk menghasilkan kecambah normal pada kondisi pengujian yang mendukung. Hasil pengamatan daya kecambah benih kedelai (Tabel 1) menunjukkan pola yang relatif tinggi pada awal penyimpanan, tetapi perbedaan antarperlakuan terlihat seiring bertambahnya lama penyimpanan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa mutu fisiologis awal benih masih relatif baik sehingga pengaruh perlakuan belum sepenuhnya terlihat. Sebaliknya, pada bulan ke-3, kontrol mengalami penurunan daya kecambah menjadi 61,33%, sedangkan perlakuan B1A1, B1A3, B2A1, B2A3, dan B3A3 masing-masing mempertahankan daya kecambah sebesar 93,33; 94,67; 89,33; 94,67; dan 94,67%. Perbedaan respons antarperlakuan menunjukkan bahwa jenis bahan organik dan kombinasi pupuk hayati yang digunakan dapat menghasilkan kondisi pertumbuhan tanaman yang berbeda, sehingga mutu fisiologis benih yang terbentuk juga dapat berbeda. Bokashi serasah kedelai dan bokashi jerami padi berasal dari bahan yang berbeda sehingga karakteristik bahan organik, kandungan hara, rasio karbon dan nitrogen, serta kecepatan dekomposisinya tidak sama. Perbedaan karakteristik tersebut dapat memengaruhi ketersediaan hara dan kondisi lingkungan perakaran. Arslanoglu, (2022) menunjukkan bahwa jenis pupuk organik yang berbeda memberikan respons yang berbeda terhadap pertumbuhan akar, tinggi tanaman, dan pembentukan bintil pada kedelai. Hal yang sama juga juga sejalan dengan penelitian Sucahyono et al., (2021), yang melaporkan bahwa sumber bahan organik yang berbeda, yaitu kompos jerami dan pupuk kandang, memberikan respons berbeda terhadap pertumbuhan dan produktivitas kedelai serta memengaruhi efektivitas pupuk hayati.

**Tabel 1.** Pengaruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati terhadap daya kecambah benih kedelai

| Perlakuan | Pengamatan ke (bulan) (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| B0A0 | 90,67 | ±9,24 | tn | 86,67 | ±6,11 | tn | 86,67 | ±2,31 | b | 61,33 | ±6,11 | b |
| B1A1 | 97,33 | ±2,31 | | 88,00 | ±4,00 | | 90,67 | ±4,62 | b | 93,33 | ±6,11 | a |
| B1A3 | 96,00 | ±4,00 | | 90,67 | ±4,62 | | 100,00 | ±0,00 | a | 94,67 | ±4,62 | a |
| B2A1 | 93,33 | ±4,62 | | 85,33 | ±4,62 | | 93,33 | ±5,77 | b | 89,33 | ±2,31 | a |
| B2A3 | 100,00 | ±0,00 | | 82,67 | ±4,62 | | 88,00 | ±4,00 | b | 94,67 | ±2,31 | a |
| B3A3 | 84,00 | ±12,00 | | 88,00 | ±10,58 | | 90,67 | ±2,31 | b | 94,67 | ±2,31 | a |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT α 5%. tn= tidak nyata, B0A0= kontrol, B1A1= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh, BIA3= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B2A1= bokashi jerami padi dan pupuk

hayati Biofresh, B2A3= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B3A3= bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy.

## Potensi tumbuh maksimum

Potensi tumbuh maksimum menggambarkan kemampuan benih menghasilkan kecambah normal pada kondisi pengujian yang mendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengamatan bulan ke-0, ke-1, dan ke-2, perlakuan bokashi dan pupuk hayati belum menunjukkan perbedaan nyata terhadap kontrol. Perbedaan baru terlihat pada pengamatan bulan ke-3, ketika kontrol mengalami penurunan potensi tumbuh maksimum menjadi 76,00%, sedangkan perlakuan B1A1, B1A3, B2A1, B2A3 dan B3A3 masing-masing menghasilkan 97,33%, 98,67%, 94,67%, 100,00% dan 98,67% (Tabel 2). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemberian sumber bahan organik melalui bokashi yang dipadukan dengan pupuk hayati berhubungan dengan kemampuan tanaman menghasilkan benih yang tetap memiliki potensi tumbuh tinggi selama penyimpanan. Pengaruh bokashi terhadap mutu fisiologis benih dapat dikaitkan dengan perannya sebagai sumber bahan organik dan hara yang mendukung pertumbuhan tanaman selama fase pembentukan dan pengisian benih. Bokashi yang berasal dari serasah kedelai maupun jerami padi mengalami proses dekomposisi sehingga unsur hara dan senyawa organik yang terkandung di dalamnya menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Kondisi nutrisi tanaman yang lebih baik selama pembentukan benih berpotensi menghasilkan benih dengan cadangan makanan dan kondisi fisiologis yang lebih baik, sehingga kemampuan benih untuk menghasilkan kecambah normal dapat dipertahankan lebih lama selama penyimpanan.

Respons setiap kombinasi perlakuan juga menunjukkan bahwa jenis bokashi dan kombinasi pupuk hayati berhubungan dengan besarnya potensi tumbuh maksimum yang dapat dipertahankan. Pada bokashi serasah kedelai, penambahan Agrisoy meningkatkan potensi tumbuh maksimum dari 97,33% pada B1A1 menjadi 98,67% pada B1A3. Sementara itu, pada bokashi jerami padi, penambahan Agrisoy meningkatkan potensi tumbuh maksimum dari 94,67% pada B2A1 menjadi 100,00% pada B2A3. Perbedaan ini menunjukkan bahwa respons benih tidak hanya ditentukan oleh keberadaan pupuk hayati, tetapi juga oleh sumber bahan organik yang digunakan sebagai bokashi. Bokashi jerami padi yang dikombinasikan dengan Biofresh dan Agrisoy pada penelitian ini menghasilkan nilai potensi tumbuh maksimum tertinggi, yaitu 100%, yang menunjukkan bahwa seluruh benih yang diuji mampu menghasilkan kecambah normal pada kondisi pengujian. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Umadi et al., (2018) yang menunjukkan bahwa aplikasi bokashi dan *Trichoderma* sp. pada tanaman kedelai tidak memberikan pengaruh nyata terhadap persentase perkecambahan, indeks vigor, dan nilai konduktivitas benih, meskipun beberapa perlakuan memengaruhi bobot 100 benih dan bobot benih per tanaman.

**Tabel 2.** Pengaruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati terhadap potensi tumbuh maksimum benih kedelai

| Perlakuan | Pengamatan ke (bulan) (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| B0A0 | 97,33 | ±4,62 | tn | 97,33 | ±2,31 | tn | 93,33 | ±2,31 | tn | 76,00 | ±6,93 | b |
| B1A1 | 100,00 | ±0,00 | | 100,00 | ±0,00 | | 92,00 | ±0,00 | | 97,33 | ±2,31 | a |
| B1A3 | 100,00 | ±0,00 | | 96,00 | ±4,00 | | 100,00 | ±0,00 | | 98,67 | ±2,31 | a |
| B2A1 | 98,67 | ±2,31 | | 98,67 | ±2,31 | | 92,00 | ±13,86 | | 94,67 | ±2,31 | a |
| B2A3 | 100,00 | ±0,00 | | 97,33 | ±4,62 | | 97,33 | ±2,31 | | 100,00 | ±0,00 | a |
| B3A3 | 97,33 | ±2,31 | | 97,33 | ±4,62 | | 100,00 | ±0,00 | | 98,67 | ±2,31 | a |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT α 5%. tn= tidak nyata, B0A0= kontrol, B1A1= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh, BIA3= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B2A1= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh, B2A3= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B3A3= bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy.

## Keserempakan tumbuh

Keserempakan tumbuh merupakan salah satu indikator penting kualitas fisiologis benih karena menunjukkan kemampuan benih untuk berkecambah dan berkembang secara relatif seragam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan B1A3, yaitu bokashi serasah kedelai yang dikombinasikan dengan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, merupakan perlakuan yang paling konsisten dalam mempertahankan keserempakan tumbuh. Perlakuan tersebut menghasilkan keserempakan tumbuh sebesar 90,67%, 100,00% dan 93,33% pada pengamatan bulan ke-1, ke-2 dan ke-3, serta memberikan peningkatan masing-masing 12,00%, 17,33% dan 40,00% dibandingkan kontrol. Pada bulan ke-3, kontrol hanya menghasilkan keserempakan tumbuh sebesar 53,33%, sedangkan B1A3 mencapai 93,33%. Tingginya keserempakan tumbuh pada perlakuan B1A3 menunjukkan bahwa pemberian bokashi serasah kedelai yang dikombinasikan dengan pupuk hayati Biofresh dan Agrisoy berpotensi mempertahankan vigor benih selama penyimpanan. Bokashi berfungsi sebagai sumber bahan organik dan hara, sedangkan pupuk hayati menyediakan mikroorganisme yang berpotensi membantu proses penyediaan dan pemanfaatan hara oleh tanaman. Kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih baik selama pembentukan benih selanjutnya dapat berhubungan dengan terbentuknya benih yang memiliki kemampuan berkecambah secara lebih seragam. Hasil penelitian (Tolossa & Tena, 2026) mendukung hubungan tersebut, yaitu bahwa pemberian pupuk organik dan biofertilizer pada kedelai dapat meningkatkan beberapa komponen mutu fisiologis benih dan performa kecambah, sedangkan penyimpanan yang lebih lama menyebabkan penurunan vigor dan daya kecambah.

**Tabel 3.** Pengaruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati terhadap keserempakan tumbuh benih kedelai

| Perlakuan | Pengamatan ke (bulan) (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| B0A0 | 88,00 | ±8,00 | tn | 78,67 | ±2,31 | bc | 82,67 | ±4,62 | c | 53,33 | ±14,05 | b |
| B1A1 | 90,67 | ±6,11 | | 86,67 | ±2,31 | ab | 88,00 | ±8,00 | bc | 90,67 | ±8,33 | a |
| B1A3 | 93,33 | ±2,31 | | 90,67 | ±1,15 | a | 100,00 | ±0,00 | a | 93,33 | ±6,11 | a |
| B2A1 | 88,00 | ±8,00 | | 74,67 | ±6,11 | c | 92,00 | ±0,00 | b | 89,33 | ±2,31 | a |
| B2A3 | 100,00 | ±0,00 | | 82,67 | ±4,62 | abc | 88,00 | ±4,00 | bc | 89,33 | ±6,11 | a |
| B3A3 | 82,67 | ±12,22 | | 84,00 | ±8,72 | abc | 88,00 | ±4,00 | bc | 94,67 | ±2,31 | a |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT α 5%. tn= tidak nyata, B0A0= kontrol, B1A1= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh, BIA3= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B2A1= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh, B2A3= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B3A3= bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy.

## Indeks vigor

Indeks vigor memberikan informasi yang lebih sensitif mengenai mutu benih dibandingkan daya kecambah semata karena mempertimbangkan kemampuan benih menghasilkan kecambah yang kuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bulan ke-0, ke-1 dan ke-2, sebagian besar perlakuan belum berbeda nyata dengan kontrol. Namun, pada bulan ke-3 seluruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati menunjukkan nilai indeks vigor yang lebih tinggi daripada kontrol. Peningkatan indeks vigor berkisar 34,67–44,00%

dibandingkan kontrol. Pada bulan ke-3, kontrol hanya memiliki indeks vigor sebesar 45,33%, sedangkan perlakuan B1A1, B1A3, B2A1, B2A3 dan B3A3 masing-masing mencapai 88,00%, 86,67%, 80,00%, 82,67% dan 89,33%. Menariknya, perlakuan B3A3 menghasilkan nilai indeks vigor tertinggi pada akhir penyimpanan, yaitu 89,33%, meskipun perlakuan B1A3 merupakan perlakuan yang paling baik untuk parameter keserempakan tumbuh. Tingginya indeks vigor pada perlakuan yang memperoleh bokashi dan pupuk hayati menunjukkan bahwa pengelolaan nutrisi tanaman selama fase pertumbuhan berpotensi memengaruhi kualitas fisiologis benih yang dihasilkan. Bokashi menyediakan bahan organik dan unsur hara yang berasal dari proses dekomposisi bahan organik, sedangkan pupuk hayati dapat menyediakan mikroorganisme yang berperan dalam membantu ketersediaan dan pemanfaatan unsur hara. Kondisi nutrisi yang lebih mendukung selama pertumbuhan dan pembentukan benih berpotensi menghasilkan benih dengan kemampuan tumbuh yang lebih kuat. Hasil penelitian Amelia et al., (2020) pada 15 lot benih kedelai menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan berhubungan dengan perbedaan vigor benih, termasuk indeks vigor dan kecepatan perkecambahan. Benih dari tanaman yang memperoleh dosis pupuk tertentu menunjukkan indeks vigor yang lebih tinggi dibandingkan benih tanpa pemupukan pada beberapa kombinasi varietas yang diuji. Hubungan antara pemupukan tanaman dan vigor benih juga menunjukkan bahwa kualitas benih tidak hanya ditentukan oleh kemampuan benih untuk berkecambah, tetapi juga oleh kemampuan kecambah untuk berkembang secara cepat dan kuat. Dellagostin et al., (2020) melaporkan bahwa kualitas fisiologis benih kedelai berkaitan erat dengan kondisi tanaman selama produksi benih dan pengelolaan pemupukan.

**Tabel 4.** Pengaruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati terhadap indeks vigor benih kedelai

| Perlakuan | Pengamatan ke (bulan) (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| B0A0 | 81,33 | ±6,11 | tn | 62,67 | ±10,07 | tn | 80,00 | ±4,00 | tn | 45,33 | ±12,86 | b |
| B1A1 | 78,67 | ±10,07 | | 78,67 | ±10,07 | | 81,33 | ±6,11 | | 88,00 | ±12,00 | a |
| B1A3 | 85,33 | ±11,55 | | 76,00 | ±16,00 | | 94,67 | ±2,31 | | 86,67 | ±8,33 | a |
| B2A1 | 73,33 | ±6,11 | | 60,00 | ±4,00 | | 82,67 | ±9,24 | | 80,00 | ±0,00 | a |
| B2A3 | 90,67 | ±9,24 | | 65,33 | ±12,86 | | 82,67 | ±4,62 | | 82,67 | ±4,62 | a |
| B3A3 | 69,33 | ±19,73 | | 72,00 | ±17,44 | | 85,33 | ±2,31 | | 89,33 | ±4,62 | a |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT α 5%. tn= tidak nyata, B0A0= kotrol, B1A1= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh, BIA3= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B2A1= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh, B2A3= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B3A3= bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy.

## Kontaminasi benih

Hasil pengamatan pada tabel 5 menunjukkan adanya kecenderungan penurunan tingkat kontaminasi benih pada seluruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati dibandingkan kontrol. Pada pengamatan akhir, penurunan kontaminasi berkisar 8,00–13,34% dibandingkan kontrol. Pada bulan ke-3, tingkat kontaminasi pada kontrol masih sebesar 26,67%, sedangkan B1A1, B1A3, B2A1, B2A3 dan B3A3 masing-masing sebesar 20,00%, 14,67%, 14,67%, 18,67% dan 13,33%. Perbedaan tingkat kontaminasi antarperlakuan menunjukkan bahwa kondisi yang terbentuk selama produksi dan penyimpanan benih dapat memengaruhi keberadaan mikroorganisme pada benih.Olszak-Przybyś & Korbecka-Glinka, (2024) menunjukkan bahwa benih kedelai dapat dikolonisasi oleh berbagai cendawan sejak di lapangan, selama pematangan polong, maupun setelah panen selama

penyimpanan. Penelitian tersebut mengidentifikasi berbagai genus cendawan pada benih kedelai, dengan Aspergillus, Alternaria, dan Fusarium termasuk kelompok yang umum ditemukan.

Perlakuan bokashi dan pupuk hayati menunjukkan adanya penurunan tingkat kontaminasi benih dibandingkan dengan kontrol. Kondisi tersebut berkaitan dengan meningkatnya aktivitas mikroorganisme menguntungkan di sekitar perakaran tanaman akibat pemberian pupuk hayati. Bahan organik yang terdapat dalam bokashi dapat menjadi sumber karbon dan energi bagi mikroorganisme tanah, sedangkan mikroorganisme dalam pupuk hayati dapat berperan dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah dan menciptakan lingkungan yang kurang sesuai bagi perkembangan patogen. Dengan demikian, kombinasi bokashi dan pupuk hayati berpotensi memberikan efek terhadap kesehatan tanaman dan mengurangi peluang terbawanya patogen ke dalam benih. Hasil penelitian Khaeruni et al., (2015) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk hayati Biofresh dan bahan organik mampu meningkatkan pertumbuhan, hasil panen dan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit pustul bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines***).**

Mekanisme pengendalian biologis oleh mikroorganisme menguntungkan juga didukung oleh Kim et al., (2022). Penelitian tersebut berhasil mengisolasi berbagai bakteri dan fungi endofit dari benih kedelai dan menguji kemampuannya dalam menekan patogen terbawa benih. Dari isolat yang diperoleh, beberapa bakteri dan fungi menunjukkan aktivitas antagonistik terhadap patogen bakteri dan fungi yang umum terbawa benih kedelai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mikroorganisme yang berasosiasi dengan benih kedelai memiliki potensi sebagai agen pengendalian biologis terhadap patogen terbawa benih. Penggunaan mikroorganisme menguntungkan juga dapat memberikan manfaat ganda melalui mekanisme pemacuan pertumbuhan dan pengendalian patogen. Penelitian mengenai *Streptomyces* N2A yang merupakan aktinobakteri endofit pada kedelai menunjukkan bahwa mikroorganisme tersebut memiliki karakteristik sebagai plant growth-promoting microorganism serta aktivitas antagonistik terhadap berbagai fungi fitopatogen. Aplikasi *Streptomyces* N2A pada kondisi lapangan memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan, perkembangan, hasil, dan kualitas kesehatan benih kedelai (Villafañe et al., 2024). Hasil tersebut memperkuat dugaan bahwa penggunaan mikroorganisme menguntungkan dapat berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman sekaligus kesehatan benih.

**Tabel 5.** Pengaruh perlakuan bokashi dan pupuk hayati terhadap kontaminasi benih kedelai

| Perlakuan | Pengamatan ke (bulan) (%) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| B0A0 | 58,67 | ±4,62 | a | 61,33 | ±9,24 | a | 56,00 | ±4,00 | a | 26,67 | ±2,31 | a |
| B1A1 | 38,67 | ±1,15 | bc | 34,67 | ±6,43 | bcd | 38,67 | ±4,62 | bc | 20,00 | ±0,00 | b |
| B1A3 | 45,33 | ±3,06 | b | 40,00 | ±5,29 | bc | 29,33 | ±2,31 | d | 14,67 | ±2,31 | c |
| B2A1 | 41,33 | ±3,51 | bc | 44,00 | ±5,20 | b | 42,67 | ±2,31 | b | 14,67 | ±2,31 | c |
| B2A3 | 40,00 | ±6,93 | bc | 29,33 | ±5,13 | cd | 36,00 | ±6,93 | bcd | 18,67 | ±2,31 | b |
| B3A3 | 36,00 | ±4,58 | c | 26,67 | ±2,31 | d | 33,33 | ±6,11 | cd | 13,33 | ±2,31 | c |

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji DMRT α 5%. tn= tidak nyata, B0A0= kontrol, B1A1= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh, BIA3= bokashi serasah kedelai dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B2A1= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh, B2A3= bokashi jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy, B3A3= bokashi serasah kedelai + jerami padi dan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy.

## 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemberian bokashi yang dikombinasikan dengan pupuk hayati mampu meningkatkan dan mempertahankan mutu fisiologis serta menekan tingkat kontaminasi patologis benih kedelai selama penyimpanan sampai 3 bulan setelah panen. Kombinasi bokashi serasah kedelai dan jerami padi dengan pupuk hayati Biofresh + Agrisoy (B3A3) menunjukkan kombinasi performa yang relatif paling seimbang dalam kemampuan mempertahankan daya kecambah 94,67%, potensi tumbuh maksimum 98,67%, keserampakan tumbuh 94,67%, indeks vigor 89,33% dan kontaminasi benih terendah 13,33%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi bahan organik dan pupuk hayati berpotensi dikembangkan sebagai salah satu pendekatan biologis dalam mempertahankan kualitas dan kesehatan benih kedelai selama penyimpanan.

## 5. Referensi

Adie, M., Arifin, A., Suyamto, S., & Krisnawati, A. (2023). Estimation of heterosis, heterobeltiosis, and gene action in F1 plants from small-seeded soybean crosses. *Genetika*, *55*(1), 203–215. https://doi.org/10.2298/GENSR2301203A

Amelia, D. R., Nurmiaty, Y., Nurmauli, N., Agustiansyah, A., & Ermawati, E. (2020). Vigor Testing of 15 Lots of Soybean (Glycine max L.) Seeds Stored for 12 Months at Low Temperatures. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, *11*(1), 35–42. https://doi.org/10.24042/biosfer.v1i1.4461

Ansah, A. F., Ofoe, R., Osabutey, S., Darkwa, E., & Tongoona, B. P. (2023). Detection, Identification and Management of Seed-borne fungal Pathogens on farmer saved Soybean (Glycine max (L.) Merrill) seeds in Ghana . *Eleblu, J. S. Y*, *7*, 123–143. Detection, Identification and Management of Seed-borne fungal Pathogens on farmer saved Soybean (Glycine max (L.) Merrill) seeds in Ghana | Science and Development

Arslanoglu, Ş. F. (2022). The effects on the root and plant development of soybean of organic fertilizer applications. *Bioscience Journal*, *38*, e38036. https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-60382

BPS. (2025). *Analisis Produktivitas Jagung dan Kedelai di Indonesia, 2024 (Hasil Survei Ubinan)*. Analisis Produktivitas Jagung dan Kedelai di Indonesia, 2024 (Hasil Survei Ubinan) - Badan Pusat Statistik Indonesia

Dellagostin, S. M., Szareski, V. J., Carvalho, I. R., Demari, G. H., Meneguzzo, M. R. R., Conte, G. G., Pelegrini, A. J. de, Pimentel, J. R., Troyjack, C., Zimmer, P. D., Villela, F. A., Boller, W., & Aumonde, T. Z. (2020). Soybean seeds quality under different levels of vigor and fertilizing supplying. *Research, Society and Development*, *9*(11), e1119119422. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9422

Khaeruni, A., Wijayanto, T., Sutariati, G. A. kade, Asniah, & Sulqifly. (2015). Improvement of Resistance Against Pathogens, Growth, and Yield of Soybean on Marginal Land using Indigenous Rhizobacteria Formulations. *Recent Advances in Mathematical and Computational Methods*, 194–200. . Improvement of Resistance Against Pathogens, Growth, and Yield of Soybean on Marginal Land using Indigenous Rhizobacteria Formulations

Kim, J., Roy, M., Ahn, S.-H., Shanmugam, G., Yang, J. S., Jung, H. W., & Jeon, J. (2022). Culturable Endophytes Associated with Soybean Seeds and Their Potential for Suppressing Seed-Borne Pathogens. *The Plant Pathology Journal*, *38*(4), 313–322. https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.05.2022.0064

Lestari, P. G., Sinaga, A. O. Y., Marpaung, D. S. S., Nurhayu, W., & Oktaviani, I. (2024). Application of organic fertilizer for improving soybean production under acidic stress. *Oil Crop Science*, *9*(1), 46–52. https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2024.02.001

Olszak-Przybyś, H., & Korbecka-Glinka, G. (2024). The Diversity of Seed-Borne Fungi Associated with Soybean Grown in Southern Poland. *Pathogens*, *13*(9), 769. https://doi.org/10.3390/pathogens13090769

Ran, Q.-X., Pang, J., Dong, R., & He, J. (2024). Enhanced seed yield, essential amino acids and unsaturated fatty acids in soybean seeds with phosphorus fertilizer supply. *Journal of Food Composition and Analysis*, *125*, 105813. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105813

Rani, R., Raza, G., Ashfaq, H., Rizwan, M., Razzaq, M. K., Waheed, M. Q., Shimelis, H., Babar, A. D., & Arif, M. (2023). Genome-wide association study of soybean (Glycine max [L.] Merr.) germplasm for dissecting the quantitative trait nucleotides and candidate genes underlying yield-related traits. *Frontiers in Plant Science*, *14*. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1229495

Rusnaini, R., & Wuriesyliane, W. (2023). Effect of Bokasih Rice Husk Ash Fertilizer on the Growth and Production of Soybean Plants (Glycine max (L) Merr.). *AGRITEPA: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, *10*(2), 455–468. https://doi.org/10.37676/agritepa.v10i2.5030

Sadjad, S., Murniati, E., & Ilyas, S. (1999). *Parameter Pengujian Vigor Benih : Dari komperatiff ke simulatif* (1st ed.).

Sucahyono, D., Widodo, Y., Purwaningrahayu, R. D., Kuntyastuti, H., Pratiwi, H., Wahyuningsih, S., Sundari, T., Soehendi, R., Arsana, I. G. K. D., & Mejaya, M. J. (2021). Impact of Organic Matter, Inorganic, and Biofertilizer Combination on Soybean Yield in Entisol Soil of Indonesia. *International Journal of Agronomy*, *2021*, 1–7. https://doi.org/10.1155/2021/7222217

Tolossa, M., & Tena, F. (2026). Influence of vermicompost, biofertilizer and NPS on soybean [(Glycine max (L.) Merrill] physiological seed quality, seed production and storage potentials. *Discover Agriculture*, *4*(1), 247. https://doi.org/10.1007/s44279-026-00643-y

Umadi, S. S., Sumadi, S., & Sobarna, D. S. (2018). The Effect of Seed Coating with Trichoderma sp. and Application of Bokashi Fertilizer to the Quality of Soybean (Glycine max. L) Seed. *Jurnal Biodjati*, *3*(2), 110–117. https://doi.org/10.15575/biodjati.v3i2.3204

Villafañe, D. L., Maldonado, R. A., Bianchi, J. S., Kurth, D., Gramajo, H., Chiesa, M. A., & Rodríguez, E. (2024). Streptomyces N2A, an endophytic actinobacteria that promotes soybean growth and increases yield and seed quality under field conditions. *Plant Science*, *343*, 112073. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2024.112073