



## Potensi Rhizobium dalam Meningkatkan Efisiensi Fiksasi Nitrogen untuk Kesuburan Tanah : Kajian Literatur

Indah Cahyani Zega<sup>1\*</sup>, Natalia Kristiani Lase<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Nias, Indonesia

Email: [indahcahyanizega2021@gmail.com](mailto:indahcahyanizega2021@gmail.com), [natalialase16@gmail.com](mailto:natalialase16@gmail.com)

Alamat : Jln. Yos Sudarso No. 18 E/S Gunungsitoli, Nias

Korespondensi penulis: [indahcahyanizega2021@gmail.com](mailto:indahcahyanizega2021@gmail.com)\*

**Abstract.** Soil fertility is an important element in agricultural sustainability, especially in supporting plant growth. One natural way to increase soil fertility is through Biological Nitrogen Fixation (FNB) by Rhizobium bacteria. These bacteria have a symbiotic relationship with legume plants, forming root nodules that convert atmospheric nitrogen into compounds that plants can absorb, such as ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). The purpose of this article study is to determine the potential of Rhizobium bacteria in increasing and efficiency of nitrogen fixation which has an impact on soil fertility and increasing plant productivity. This study adopts a library research method or approach, which involves a series of systematic activities, starting from collecting data through various library sources, reading in depth, recording important information, to processing the research materials. The study results show that Rhizobium can reduce dependence on chemical fertilizers, increase soil fertility, and produce growth hormones that support nutrient absorption. These findings emphasize the important role of Rhizobium in supporting sustainable agriculture, especially in tropical regions where access to synthetic fertilizers is minimal.

**Keywords:** Rhizobium Bacteria, Nitrogen Fixation, Soil Fertility

**Abstrak.** Kesuburan tanah adalah elemen penting dalam keberlanjutan pertanian, terutama dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Salah satu cara alami untuk meningkatkan kesuburan tanah adalah melalui Fiksasi Nitrogen Biologis (FNB) oleh bakteri Rhizobium. Bakteri ini bersimbiosis dengan tanaman legum, membentuk bintil akar yang mengubah nitrogen atmosfer menjadi senyawa yang dapat diserap tanaman, seperti amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Tujuan dari kajian artikel ini yaitu untuk mengetahui potensi bakteri Rhizobium dalam meningkatkan dan mengefisiensi fiksasi nitrogen yang berdampak bagi kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman. Kajian ini mengadopsi metode atau pendekatan kepustakaan (library research), yang melibatkan serangkaian kegiatan sistematis, mulai dari pengumpulan data melalui berbagai sumber pustaka, membaca secara mendalam, mencatat informasi penting, hingga mengolah bahan-bahan penelitian tersebut. Hasil kajian menunjukkan bahwa Rhizobium dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, meningkatkan kesuburan tanah, dan memproduksi hormon pertumbuhan yang mendukung penyerapan nutrisi. Temuan ini menegaskan pentingnya peran Rhizobium dalam mendukung pertanian berkelanjutan, khususnya di wilayah tropis yang minim akses terhadap pupuk sintetik.

**Kata Kunci:** Bakteri Rhizobium, Fiksasi Nitrogen, Kesuburan Tanah

### 1. LATAR BELAKANG

Kesuburan tanah merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap hasil pertanian, karena tanah yang subur mendukung perkembangan tanaman dengan lebih baik. Salah satu unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman adalah nitrogen, yang berperan penting dalam proses fotosintesis, pembentukan protein, serta berbagai reaksi metabolisme dalam tubuh tanaman. Meski nitrogen ada dalam jumlah melimpah di atmosfer, bentuk nitrogen yang dapat digunakan oleh tanaman sangat terbatas yang mengakibatkan efisiensi pertumbuhan tanaman berkurang. Untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen di

dalam tanah, salah satu solusi yang efektif adalah pemanfaatan bakteri penambat nitrogen, seperti *Rhizobium* yang mampu mengikat nitrogen bebas dari atmosfer dan mengubahnya menjadi bentuk yang mudah diserap oleh tanaman (Siti Aisyah et al., 2020).

Bakteri *Rhizobium* memiliki peran penting dalam ekosistem tanah karena kemampuannya membentuk simbiosis dengan tanaman legum untuk melakukan fiksasi nitrogen. Proses ini mengubah nitrogen di udara menjadi senyawa yang dapat digunakan oleh tanaman, seperti amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), yang berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Sari dan Prayudyaningsih (2015) menjelaskan bahwa *Rhizobium* hanya dapat melakukan fiksasi nitrogen secara efektif ketika hidup dalam bintil akar tanaman inangnya. Efisiensi penggunaan bakteri *Rhizobium* dapat dimaksimalkan tanpa memicu bahaya maupun pencemaran pada lingkungan sekitarnya, selain itu pemanfaatan bakteri tersebut juga menggunakan biaya yang relatif murah dan menggunakan teknologi yang sederhana.

Nitrogen memiliki peran penting bagi tanaman, terutama sebagai bahan pembentuk protoplasma, klorofil, asam nukleat, dan asam amino yang menjadi komponen utama protein. Unsur ini masuk ke dalam tanah melalui berbagai cara, seperti dalam bentuk amonia dan nitrat ( $\text{NH}_3$ ) yang terbawa oleh air hujan, hasil fiksasi nitrogen oleh mikroorganisme, atau melalui pemberian pupuk buatan.

Keberhasilan proses fiksasi nitrogen oleh *Rhizobium* sangat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti kecocokan antara strain *Rhizobium* dengan tanaman inang, kondisi lingkungan, dan ketersediaan nutrisi tanah. Penelitian oleh Novriani (2011) menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* pada tanaman kedelai dapat menghasilkan nitrogen sebanyak 100–300 kg/ha, memenuhi sekitar 80% kebutuhan nitrogen tanaman, dan meningkatkan hasil panen sebesar 10–25%. Selain fiksasi nitrogen, *Rhizobium* juga mendukung peningkatan penyerapan fosfat dan menghasilkan hormon pertumbuhan seperti IAA dan giberelin. Hormon ini merangsang pertumbuhan rambut akar dan percabangan akar, yang memungkinkan akar menyerap lebih banyak hara sekaligus memperbaiki struktur tanah.

Tujuan dari kajian artikel ini yaitu untuk mengetahui potensi bakteri *Rhizobium* dalam meningkatkan dan mengefisiensi fiksasi nitrogen yang berdampak bagi kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman.

## 2. METODE PENELITIAN

Kajian ini mengadopsi metode atau pendekatan kepustakaan (library research), yang melibatkan serangkaian kegiatan sistematis, mulai dari pengumpulan data melalui berbagai sumber pustaka, membaca secara mendalam, mencatat informasi penting, hingga mengolah bahan-bahan penelitian tersebut. Pendekatan ini bertujuan untuk mendapatkan landasan teori yang kuat serta mendukung analisis yang lebih mendalam dalam penelitian. (Supriyadi, 2017).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fiksasi Nitrogen Biologis (FNB) adalah proses alami yang memungkinkan nitrogen atmosfer ( $N_2$ ), yang secara kimiawi stabil dan sulit dimanfaatkan oleh organisme, diubah menjadi senyawa nitrogen yang lebih reaktif seperti amonia ( $NH_3$ ). Senyawa ini dilakukan oleh mikroorganisme tertentu, termasuk bakteri Rhizobium, yang hidup bersimbiosis dengan tanaman leguminosae. Simbiosis ini memberikan keuntungan bagi kedua pihak yaitu tanaman mendapatkan nitrogen yang penting untuk membentuk protein dan senyawa organik lainnya, sementara bakteri memperoleh sumber karbon dan energy dari tanaman inangnya. Dalam pertanian, FNB sangat penting untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah secara alami, sehingga mengurangi ketergantungan pada pupuk sintesis yang mahal dan beresiko mencemari lingkungan (Dewi, I. R., 2007).

Pada proses FNB, bakteri Rhizobium memasuki tanaman melalui rambut akar, lalu membentuk struktur nodul yang menjadi pusat utama aktivitas fiksasi nitrogen. Proses ini dikendalikan oleh gen nodulasi (nod genes) yang dimiliki oleh bakteri. Di dalam nodul, bakteri mengubah nitrogen atmosfer menjadi amonia melalui aktivitas enzim nitrogenase. Aktivitas ini membentuk lingkungan bebas oksigen (anaerob), karna enzim nitrogenase sangat sensitif terhadap keberadaan oksigen. Oleh karna itu, tanaman menghasilkan leghemoglobin, sebuah pigmen khusus yang mengatur kadar oksigen di dalam nodul. Amonia yang dihasilkan bakteri kemudian dimanfaatkan oleh tanaman untuk sintesis asam amino, protein, dan senyawa organik lainnya. Proses simbiosis ini tidak hanya mendukung pertumbuhan tanaman tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah secara keseluruhan (Hamdi, Y. A., 2002).

Fiksasi nitrogen secara biologis melibatkan reaksi kimia kompleks yang menggunakan energi tinggi. Proses ini memanfaatkan ATP untuk mereduksi nitrogen atmosfer ( $N_2$ ) menjadi amonia ( $NH_3$ ). Reaksi ini melibatkan transfer elektron dan proton dengan bantuan enzim nitrogenase. Mekanisme ini dapat dirangkum dalam reaksi berikut

: amonia yang dihasilkan oleh prose ini merupakan sumber utama nitrogen organik bagi tanaman. Dalam ekosistem tropis, FNB sangat penting karena alternatif yang efisien untuk menambah nitrogen di tanah tanpa menggunakan pupuk sintesis. Hal ini sangat berguna dalam mendukung keberlanjutan pertanian di wilayah dengan akses terbatas terhadap pupuk komersial (Silalahi, A., 2009).

### **Potensi Rhizobium dalam Fiksasi Nitrogen**

- a. Simbiosis dengan Tanaman Legum : Bakteri Rhizobium menjalin hubungan simbiosis dengan tanaman legum dengan cara menginfeksi akar dan membentuk struktur khusus berupa bintil akar. Di dalam bintil ini, Rhizobium menfiksasi nitrogen dari atmosfer, yang kemudian diubah menjadi senyawa yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai sumber nitrogen esensial untuk pertumbuhan. (Ihtiramiddi, B. M., Rahayu, S., & Syaban, R. A., 2024)
- b. Mengurangi Ketergantungan Pupuk Kimia : penggunaan inokulum Rhizobium pada tanaman legume memungkinkan tanaman memperoleh kebutuhan nitrogen secara alami melalui proses biologis. Hal ini membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk nitrogen buatan, sehingga lebih ramah lingkungan sekaligus menekan biaya produksi pertanian (Koryati, T., Fatimah, F., & Sojuangan, D., 2022)
- c. Memperbaiki Kesuburan Tanah : fiksasi nitrogen yang dilakukan oleh Rhizobium menambah kandungan nitrogen dalam tanah, yang berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah. Tanah yang subur ini akan mendukung produktivitas tanaman di masa mendatang, sehingga berkontribusi pada keberlanjutan pertanian (Sari dan Prayudyaningsih, 2015).

### **Kandungan dan Peran Rhizobium**

- a) Enzim Nitrogenase : salah satu kunci utama dalam proses fiksasi nitrogen oleh Rhizobium adalah enzim nitrogenase. Enzim ini memungkinkan konversi nitrogen atmosfer ( $N_2$ ) menjadi ammonia ( $NH_3$ ) dalam kondisi anaerobik. Amonia ini kemudian dimanfaatkan sebagai sumber nitrogen organik untuk mendukung pertumbuhannya.
- b) Kemampuan Produksi Eksopolisakarida : Rhizobium menghasilkan eksopolisakarida, yaitu senyawa yang membentuk biofilm di sekitar akar tanaman. Biofilm ini tidak hanya melindungi bintil akar dari gangguan lingkungan, tetapi juga membantu

meningkatkan efisiensi proses fiksasi nitrogen, sehingga manfaatnya bagi tanaman menjadi lebih optimal.

- c) Hormon Tanaman : selain berfungsi sebagai agen fiksasi nitrogen, Rhizobium juga diketahui memproduksi hormon tanaman seperti auksin, sitokinin, dan giberelin. Hormon-hormon ini merangsang perkembangan akar dan meningkatkan daya serap akar terhadap nutrisi yang tersedia di dalam tanah, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.
- d) Efisiensi Penggunaan Nutrisi : keberadaan Rhizobium tidak hanya meningkatkan ketersediaan nitrogen, tetapi juga mendukung efisiensi penggunaan nutrisi lain. melalui interaksinya dengan mikroorganisme tanah lainnya, Rhizobium membantu memperbaiki keseimbangan dan struktur tanah, yang pada akhirnya berdampak positif pada pertumbuhan tanaman. (Sari dan Prayudyaningsih, 2015).

### **Studi Kasus : Penggunaan Rhizobium untuk Meningkatkan Produksi Kedelai**

Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi inokulan Rhizobium japonicum sebanyak 5 gram per kilogram benih kedelai mampu meningkatkan pembentukan bintil akar secara signifikan. Bintil akar ini berperan dalam fiksasi nitrogen, yaitu proses pengambilan nitrogen dari atmosfer yang kemudian dimanfaatkan oleh tanaman. Meskipun tanah bekas tanaman kedelai yang sebelumnya diinokulasi masih memiliki populasi Rhizobium, penelitian menegaskan bahwa inokulasi tambahan tetap diperlukan untuk menjaga efektivitas simbiosis pada musim tanam berikutnya (Silalahi, A., 2009).

Varietas kedelai seperti Galunggung dan Orba menunjukkan peningkatan dengan aplikasi Rhizo-plus hingga dosis 1,5 gram per 200 gram benih. Penambahan inokulan ini meningkatkan jumlah bintil akar efektif, berat kering tanaman, dan hasil panen kedelai. Peningkatan tersebut mencerminkan peran dosis optimal Rhizo-plus dalam memperbaiki efisiensi fiksasi nitrogen, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman dan hasil panen secara maksimal. Respon positif ini lebih terlihat pada varietas kedelai tertentu yang memiliki kesesuaian simbiosis yang tinggi dengan Rhizobium (Zuchri, A., 2006).

Hasil kajian ini menggarisbawahi potensi Rhizobium sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk nitrogen sintesis. Dengan aplikasi inokulan Rhizobium, selain biaya pupuk dapat ditekan, dampak lingkungan negatif akibat penggunaan pupuk kimia juga berkurang. Lebih jauh, penggunaan Rhizobium tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga memperbaiki struktur tanah dan kesuburannya secara

berkelanjutan, menjadikannya solusi agronomi yang ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan pertanian (Suharjo, U. J. K., 2001).

### **Identifikasi Kesenjangan dan Peluang Penelitian Lebih Lanjut**

#### 1) Kurangnya Studi Mengenai Spesies Lokal Rhizobium

Banyak penelitian tentang Rhizobium hingga saat ini masih berfokus pada strain yang sudah populer, seperti Rhizobium japonicum dan Bradyrhizobium sp., yang sudah banyak digunakan dalam pertanian. Namun, strain lokal Rhizobium yang mungkin lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan spesifik, seperti jenis tanah, iklim, dan tanaman lokal, masih belum dieksplorasi secara maksimal. Padahal, strain ini berpotensi memberikan hasil yang lebih optimal ketika digunakan di habitat asalnya. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengidentifikasi, mengkarakterisasi, dan mengembangkan strain lokal ini agar dapat digunakan dalam sistem pertanian yang lebih spesifik dan efisien. Langkah ini juga bisa membantu mengurangi ketergantungan pada strain komersial yang mungkin kurang cocok untuk semua wilayah (Dewi, I. R., 2007).

#### 2) Variabilitas dan Efisiensi Rhizobium pada Berbagai Tanaman Inang

Penelitian yang ada saat ini banyak berfokus pada tanaman leguminosae utama seperti kedelai, kacang tanah, atau alfafa. Namun efektivitas Rhizobium dalam menjalin simbiosis dengan tanaman inang lain, seperti leguminosae liar atau tanaman yang kurang umum dimanfaatkan, masih minim diteliti. Tanaman inang non-konvensional ini sebenarnya berpotensi untuk dijadikan bagian diversifikasi pertanian, terutama di wilayah-wilayah dengan sumber daya terbatas. Penelitian lebih lanjut tentang interaksi Rhizobium dengan berbagai jenis tanaman inang dapat membuka peluang untuk memperluas aplikasi bioteknologi ini, sehingga tidak hanya terbatas pada tanaman pangan utama tetapi juga mencakup tanaman lokal atau tanaman alternative lainnya (Silalahi, A., 2009).

#### 3) Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Efektivitas Rhizobium

Efisiensi Rhizobium dalam fiksasi nitrogen sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti tingkat keasaman tanah (pH), suhu, dan ketersediaan nutrisi tertentu. Walaupun demikian, masih sedikit penelitian yang mengeksplorasi bagaimana Rhizobium dapat beradaptasi di lingkungan ekstrem, seperti tanah dengan salinitas tinggi, tanah asam, atau miskin nutrisi. Kondisi ini sering ditemukan di lahan marginal yang justru membutuhkan teknologi fiksasi nitrogen untuk meningkatkan

kesuburan tanah. Penelitian mendalam tentang strain Rhizobium yang toleran terhadap kondisi lingkungan ekstrem ini menjadi peluang besar untuk memperluas aplikasinya dalam meningkatkan produktivitas pertanian di lahan-lahan yang sulit diolah (Hamdi, Y. A., 2002).

4) Pemanfaatan Rhizobium dalam Sistem Pertanian Organik

Dalam sistem pertanian organik, penggunaan Rhizobium sebagai agen hayati untuk fiksasi nitrogen memiliki potensi besar tetapi belum banyak dimanfaatkan. Penelitian yang ada masih berfokus pada penggunaannya dalam sistem konvensional. Padahal, Rhizobium dapat diintegrasikan dengan metode pertanian organik lainnya, seperti penggunaan kompos, biochar atau pupuk hayati lainnya, untuk menciptakan ekosistem tanah yang lebih sehat. Pengembangan kombinasi ini tidak hanya mendukung keberlanjutan pertanian, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada input kimia sintesis. Penelitian di masa depan menjelaskan bagaimana kombinasi ini mempengaruhi hasil tanaman, kesehatan tanah, dan efisiensi nutrisi (Zuchri, A., 2006).

5) Pemanfaatan Teknologi Genetik untuk Meningkatkan Efisiensi Rhizobium

Kemajuan dalam teknologi genetika menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi Rhizobium. Misalnya, rekayasa genetik dapat digunakan untuk menciptakan strain Rhizobium yang lebih toleran terhadap stress lingkungan atau lebih efisien dalam proses fiksasi nitrogen. Selain itu, transfer gen tertentu yang berhubungan dengan efisiensi simbiosis dapat meningkatkan adaptabilitas Rhizobium terhadap berbagai jenis tanaman inang. Penelitian seperti ini dapat membuka jalan bagi pengembangan inokulan yang lebih efektif dan aplikatif untuk berbagai sistem pertanian, terutama di lingkungan dengan tantangan besar seperti tanah marginal atau iklim ekstrem (Takanashi, K., Sugiyama, A., & Yazaki, K., 2011).

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Bakteri Rhizobium memiliki peran yang sangat penting dalam ekosistem pertanian karena kemampuannya dalam melakukan fiksasi nitrogen secara biologis. Dengan bersimbiosis bersama tanaman legum, Rhizobium mengubah nitrogen bebas dari atmosfer menjadi senyawa nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman, seperti amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Proses ini meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah, yang mendukung pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produktivitas pertanian. Selain itu, Rhizobium membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang mahal dan berpotensi mencemari

lingkungan. Dengan cara ini, *Rhizobium* tidak hanya mendukung pertanian yang lebih ekonomis tetapi juga lebih ramah lingkungan. Bakteri ini juga memproduksi hormon tanaman seperti auksin dan giberelin yang meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan memperbaiki struktur tanah.

Namun, keberhasilan simbiosis ini dipengaruhi oleh kesesuaian antara strain *Rhizobium*, tanaman inang, dan kondisi lingkungan seperti pH tanah, suhu, serta ketersediaan nutrisi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan, terutama untuk mengidentifikasi strain *Rhizobium* lokal yang lebih adaptif terhadap kondisi spesifik. Penemuan ini akan membantu memperluas aplikasi teknologi *Rhizobium* tidak hanya pada tanaman legum utama tetapi juga pada tanaman lokal lainnya, serta mendukung pengembangan pertanian berkelanjutan di berbagai wilayah, termasuk lahan marginal.

## DAFTAR REFERENSI

- Dewi, I. R. (2007). *Fiksasi N biologis pada ekosistem tropis*. Program Pasca Sarjana Universitas Padjadjaran Bandung. Halaman 37-38.
- Hamdi, Y. A. (2002). Application of nitrogen fixing systems in soil improvement and management. *FAO Soil Bulletin*. FAO and Agriculture Organization of The United Nations.
- Ihtiramiddi, B. M., Rahayu, S., & Syaban, R. A. (2024). Pengaruh inokulasi *Rhizobium* sp. dan konsentrasi pupuk kalium fosfat terhadap produksi serta mutu benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill). In *Agropross National Conference Proceedings of Agriculture*, 13-14 Juni 2024, Politeknik Negeri Jember.
- Koryati, T., Fatimah, F., & Sojuangan, D. (2022). Peranan *Rhizobium* dalam fiksasi N tanaman legum. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, 20(3), 8-17.
- Novriani. (2011). Peranan *Rhizobium* dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen pada tanaman kedelai. *AgronomiS*, 3(5), 35–42.
- Sari, R., & Prayudyarningsih, R. (2015). *Rhizobium*: Pemanfaatannya sebagai bakteri penambat nitrogen. *Info Teknis EBONI*, 12(1), 51–64.
- Silalahi, A. (2009). Pengaruh inokulasi *Rhizobium* dan pupuk posfat terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* L. Merrill). Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siti Aisyah, Y., Nurhayati, D., & Hadi, S. (2020). The role of *Rhizobium* in improving nitrogen fixation efficiency. *Journal of Green and Sustainable Technologies*, 9(2), 58-65.
- Suharjo, U. J. K. (2001). Efektifitas nodulasi *Rhizobium japonicum* pada kedelai yang tumbuh di tanah sisa inokulasi dan tanah dengan inokulasi tambahan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 3(1), 31–35.

- Supriyadi, S. (2017). Community of practitioners: Solusi alternatif berbagi pengetahuan antar pustakawan. *Lentera Pustaka: Jurnal Kajian Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan*, 2(2), 83. <https://doi.org/10.14710/lenpust.v2i2.13476>
- Takanashi, K., Sugiyama, A., & Yazaki, K. (2011). Involvement of auxin distribution in root nodule development of *Lotus japonicus*. *Planta*, 234, 73–81.
- Zuchri, A. (2006). Dampak penambahan *Rhizo-plus* terhadap perubahan perbintilan akar tiga varietas kedelai. *Saintekno*, 10(2), 101–108.