



KAJIAN LITERATUR: POTENSI RHIZOBIUM DALAM FIKSASI NITROGEN SEBAGAI SOLUSI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PENINGKATAN KESUBURAN TANAH

Putri Khide Talenta Mendrofa¹⁾, Ardianus Berkat Saleh Waruwu²⁾, Natalia Kristiani Lase³⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias Gunungsitoli, Indonesia
Email: putrihidetalentamendrofa123@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias Gunungsitoli, Indonesia
Email: ardinuswaruwu42@gmail.com

³⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias Gunungsitoli, Indonesia
Email: natalialase16@gmail.com

Abstract

The development of solutions to improve soil quality and agricultural sustainability is an important concern at this time, land use that is not considered makes the environment polluted and has a major impact on agricultural sustainability. This research aims to review and analyze the potential of Rhizobium in Nitrogen fixation to maintain an environment away from pollution. The research method used is Systematic Literature Review, where various references will be collected and linked into one information. The results stated that the utilization of Rhizobium in the Nitrogen fixation process is an environmentally friendly solution that strengthens and supports sustainable and environmentally friendly agriculture. The research also states that Rhizobium is able to survive in drought and acidic soil conditions even though it disrupts the effectiveness of the Nitrogen fixation process. Further research is needed to identify the effect of Nitrogen fixation by Rhizobium as an environmentally friendly solution and support soil fertility.

Keywords: Fixation; Nitrogen; Microorganism; Environmentally Friendly.

Abstrak

Pengembangan solusi peningkatan kualitas tanah dan keberlanjutan pertanian menjadi perhatian penting saat ini, pemanfaatan lahan yang kurang diperhatikan menjadikan lingkungan tercemar dan berdampak besar dalam keberlanjutan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan menganalisis potensi dari peran Rhizobium dalam proses fiksasi Nitrogen untuk mempertahankan lingkungan yang jauh dari pencemaran. Metode penelitian yang digunakan adalah Sistematis Literature Review, dimana berbagai refensi akan dikumpulkan dan dikaitkan menjadi satu informasi. Hasil penelitian menyatakan bahwa pemanfaatan Rhizobium dalam proses fiksasi Nitrogen menjadi solusi ramah lingkungan yang memperkuat dan mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penelitian juga menyatakan bahwa Rhizobium mampu bertahan dalam kondisi kekeringan dan tanah asam sekalipun mengganggu efektivitas proses fiksasi Nitrogen. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi pengaruh dari fiksasi Nitrogen oleh Rhizobium ini sebagai solusi ramah lingkungan dan mendukung kesuburan tanah.

Kata Kunci: Fiksasi; Nitrogen; Mikroorganisme; Ramah Lingkungan.



PENDAHULUAN

Lahan pertanian saat ini telah menjadi unsur pertanian yang sangat diperhatikan, terutama dalam studi pertanian yang saat ini sedang hangat terus dikembangkan. Keterbatasan lahan juga menjadi kekhawatiran penurunan hasil produksi pertanian, karena berpotensi mengurangi kesuburan tanah. Penurunan kualitas tanah ini telah banyak memberi dampak bagi keberlanjutan produksi tanaman. Bagi masyarakat mungkin keberadaan lahan bukan hal yang fokus untuk diperhatikan, karena hingga saat ini masyarakat masih terikat dengan pemahaman yang hanya berfokus pada hasil. Namun meskipun begitu, pemahaman ini harus segera dilepas dari masyarakat, hal ini karena keterbatasan lahan yang semakin sempit hingga keberlanjutan pertanian yang terhambat akibat kualitas tanah yang menurun.

Maka dari itu perlu pengembangan solusi peningkatan kualitas tanah dengan tetap menjaga lingkungan dan kelestariannya. (Sari & Chatri, 2024). Salah satu solusi yang ramah lingkungan adalah pemanfaatan unsur yang ada didalam tanah, misalnya mikroorganisme. Pemanfaatan mikroorganisme dalam mendukung berbagai bidang telah dilakukan sejak lama, terutama dalam bidang pertanian. Menurut data dari Dinas Petanian Buleleng, pemanfaatan mikroorganisme dibidang pertanian dalam pengendalian hama dan meningkatkan kesuburan tanah, telah dilakukan sejak abad ke 19. Mikroorganisme tanah, seperti jamur, bakteri, alga hingga protozoa cukup berperan dalam ekosistem tanah terutama dalam menjaga kelestariannya secara merata. Salah satu aspek yang sangat dibutuhkan tanah pada mikroorganisme adalah Fiksasi Nitrogen, atau proses mengubah Nitrogen dari gas menjadi zat yang dapat diserap tanah dan dapat dimanfaatkan tanaman. (Nainggolan, n.d.)

Nitrogen merupakan senyawa yang hampir 78% berada di udara dan berbentuk gas, namun menjadi unsur penting bagi tanaman. Nitrogen yang melimpah ini, tidak dapat digunakan secara langsung terutama oleh makhluk hidup seperti tanaman. Senyawa Nitrogen perlu difiksasi menjadi ion yang mampu diserap tanaman didalam tanah, proses ini secara alami terjadi dengan bantuan mikroorganisme salah satunya yaitu Bakteri *Rhizobium*. Bakteri ini hidup dan menetap dalam akar tanaman jenis leguminase dan membentuk bintil-bintil pada akar dimana bintil tersebut menjadi ciri khas akar tanaman kacang-kacangan.

Kelas bakteri unik yang dikenal sebagai rizobakteri mendiami area di sekitar akar tanaman. Proses fiksasi nitrogen, yang mengubah nitrogen atmosfer menjadi molekul amonia yang mudah diserap tanaman, adalah bakat khusus mereka. Amonia ini mendorong pertumbuhan tanaman dengan cara yang mirip dengan pupuk alami. Ada banyak jenis rhizobakteri yang berbeda, dan sebagian besar dari mereka adalah bakteri gram negatif. Dengan jenis terbanyak, genus *Pseudomonas* adalah yang paling banyak ditemukan di antara mereka, diikuti oleh genus *Serratia*. Selain itu, genus lain seperti *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, dan *Bacillus* juga diketahui mengandung rizobakteri.

Potensi dari Bakteri *Rhizobium* dalam peningkatan kualitas tanah dengan menawarkan solusi yang ramah lingkungan, yang menyediakan keberadaan zat Nitrogen dalam tanah sehingga mengurangi penggunaan bahan kimia sintesis yang justru merusak struktur dan kualitas tanah diharapkan mampu menjadi alternatif penting dalam permasalahan ketersediaan lahan dan kualitas tanah dibidang pertanian.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode SLR atau Sistematis Literature Review, dimana berbagai referensi dikumpulkan sebagai sumber data dan saling dikaitkan, yang kemudian hasil penelitian diperoleh dengan mengidentifikasi, mengkaji hingga mengevaluasi semua data penelitian yang ada. Referensi yang dipilih juga harus memenuhi kriteria inklusi dan eksekusi tertentu agar relevan dengan focus penelitian. Langkah selanjutnya adalah mengkaji secara mendalam, melakukan analisis terhadap metodologi, hasil, dan kontribusi dari setiap penelitian yang dikumpulkan.

Hasil dari seluruh data dan informasi yang diperoleh, tahapan selanjutnya adalah evaluasi dan analisis data. Pada tahap ini bertujuan untuk menyajikan informasi secara relevan dan aplikatif. Sebagai hasil akhirnya, informasi akan disusun menjadi sebuah informasi utuh yang dapat digunakan untuk menjawab tujuan penelitian.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis secara mendalam, mengenai potensi dari *Rhizobium* dalam berperan pada proses fiksasi Nitrogen sebagai upaya dalam mendukung keberlanjutan lingkungan yang bebas dari kontaminasi dan kerusakan.

Fokus utama penelitian ini adalah menggali bagaimana kemampuan alami *Rhizobium* dalam mengikat Nitrogen di atmosfer secara efektif untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan kimia sintesis.

Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan ilmiah yang mendukung implementasi teknologi ramah lingkungan di dalam bidang pertanian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nitrogen merupakan unsur penting yang ada pada atmosfer bumi dengan jumlah mencapai 10^{15} Ton dalam bentuk gas N_2 . (Zahrani, 1999). Meskipun begitu, Nitrogen dalam bentuk N_2 , tidak dapat dimanfaatkan untuk mendukung ketersediaan nutrisi tanaman. Kemampuan tanaman dalam menyerap zat Nitrogen hanya dalam bentuk amonia seperti NH_3 . Kondisi ini yang menjadi tantangan serius dalam pemanfaatan Nitrogen yang ada di atmosfer dalam pertanian, karena memerlukan proses fiksasi terlebih dahulu. Fiksasi Nitrogen ini secara umum menggunakan bakteri didalam tanah seperti *Rhizobium*. (Lindström & Mousavi, 2020). *Rhizobium* merupakan bakteri yang hidup bersimbiosis dengan tanaman jenis leguminosa. Bakteri ini berperan mengikat Nitrogen dan memfiksasi zat menjadi



amoniam, oleh karena itu peranan bakteri ini sangat penting dalam menyediakan zat Nitrogen dalam tanah.

Beberapa perbandingan dari penelitian terdahulu mengenai potensi Rhizobium ini dalam fiksasi Nitrogen dengan tetap memperhatikan kondisi ramah lingkungan.

Penelitian	Fokus Utama	Temuan Utama	Relevansi Terhadap Solusi Ramah Lingkungan
(Koryati et al., 2022)	Efektivitas inokulasi bakteri Rhizobium pada tanaman legum	Inokulasi sebanyak 5g tiap 1 kg benih tanaman akan sangat efektif dalam menambat Nitrogen dari udara dan menyediakan kebutuhan unsur hara bagi tanaman.	Mengurangi penggunaan pupuk sintetis dengan penggunaan Nitrogen alami dari hasil fiksasi Nitrogen dengan memanfaatkan bakteri <i>Rhizobium</i> .
(Sapalina et al., 2022)	Mekanisme fiksasi Nitrogen oleh Rhizobium	Rhizobium berperan penting dalam penambatan Nitrogen melalui pembentukan bintil akar pada tanaman legum.	Meningkatkan produktivitas tanaman tanpa ketergantungan dengan sumber nutrisi kimia dari bahan sintesis, yang mengurangi emisi gas rumah kaca, sehingga ramah lingkungan.
(Distan Buleleng., 2022)	Dampak penggunaan Rhizobium pada lingkungan	Penggunaan Rhizobium mampu mengurangi penggunaan pupuk kimia, mencegah kerusakan tanah dan juga pencemaran air tanah.	Menyediakan alternatif ramah lingkungan dengan meminimalkan dampak negatif penggunaan pupuk kimia.
(Liem et al., 2019)	Pengaruh kelembapan tanah terhadap efektivitas Rhizobium	Kelembaban tanah sangat mempengaruhi efektivitas dari kinerja Rhizobium, oleh karena itu, kondisi lingkungan yang baik akan sangat mempengaruhi keberhasilan kinerja Rhizobium.	Pentingnya kondisi yang tepat seperti ketersediaan air dan pengolahan tanah yang tepat akan mendukung kinerja Rhizobium dalam proses fiksasi Nitrogen, membuktikan bahwa Rhizobium membutuhkan daerah yang tepat yaitu ramah lingkungan.
(Sari & Chatri, 2024)	Penggunaan PGPR (<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>) sebagai solusi	Mikroorganisme pada PGPR termasuk Rhizobium akan berperan penting dalam kesehatan	Proses ini akan berdampak memperbaiki sifat dan struktur tanah baik secara

ramah lingkungan untuk, dalam peningkatan kesuburan tanaman	dan kesuburan tanaman dengan menekan aktivitas patogen didalam tanah karena mampu menghasilkan antibiotik bagi tanaman.	fisika maupun secara kimia juga sifat biologi tanah. Maka dari sini dapat disimpulkan bahwa Rhizobium membutuhkan tempat yang baik dan ramah lingkungan.
---	---	--

Dari perbandingan beberapa artikel, pemanfaatan Rhizobium sebagai solusi yang ramah lingkungan, penelitian inipun memperkuat pemahaman dan mendukung penuh pemanfaatan Rhizobium sebagai biofertilizer yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Rhizobium merupakan bakteri dari genus bakteri tanah gram-negatif, dikenal secara umum dari hubungan simbiosis yang terjadi dengan tanaman leguminosa (kacang-kacangan). Rhizobium jenis ini bernama "*Rhizobium leguminosarium*". Adapun jenis Rhizobium lainnya seperti *Rhizobium japonicum* yang melakukan hubungan simbiosis dengan tanaman kedelai. *Rhizobium tropici* yang mampu bekerja efektif meskipun dalam kondisi tanah yang asam dan bersuhu tinggi, biasanya bersimbiosis dengan tanaman kacang polong. (Cegelski., 2009). Tentunya dari beberapa jenis ini, jenis Rhizobium dapat kita sesuaikan dengan keberadaan tanaman simbiosis dan juga kondisi tanah. Dengan begitu petani akan tetap mampu meningkatkan ketersediaan Nitrogen bagi tanaman secara alami.

Rhizobium sendiri, membutuhkan kondisi lingkungan yang optimal untuk memperoleh kinerja Rhizobium yang efektif. Yaitu kondisi pH tanah, rhizobium membutuhkan pH 5,5 hingga 7, untuk suhu berkisar antar 25-30°C, kelembaban tanah yang cukup, kondisi fisik tanah dan juga ketersediaan unsur hara seperti Fosfor, Kalsium dan unsur hara mikro lainnya. (Ramdana Sari* dan Retno Prayudyansih, 2018). Efisiensi fiksasi Nitrogen meningkat jika ada kompatibilitas antara Rhizobium dan spesies tanaman legum, oleh karena itu kesesuaian spesies akan sangat mempengaruhi proses fiksasi yang dilakukan. (Meitasari & Wicaksono, 2017).

Rhizobium adalah bakteri tanah yang memainkan peran kunci dalam proses fiksasi Nitrogen, melalui hubungan symbiosis yang dibangun dengan tanaman leguminosa. Proses ini dimulai ketika tanaman inang atau tanaman legum mengeluarkan senyawa kimia yaitu flavoboid ke lingkungan sekitarnya. Senyawa ini juga berfungsi menjadi sinyal untuk menarik bakteri seperti Rhizobium didalam tanah. Sebagai respon dari senyawa ini, Rhizobium akan menghasilkan nod factor, yaitu moleku yang dikenali oleh akar tanaman, pada saat itu interaksi akan dimulai dimana proses pengikatan Rhizobium pada rambut akar, yang kemudian bakteri akan masuk ke jaringan tanaman melalui struktur khusus yang disebut infeksi thread.



Setelah berhasil masuk, bakteri Rhizobium merangsang pembentukan bintil akar atau nodul. Dalam struktur ini, Rhizobium mengalami diferensiasi menjadi bentuk bacteroid, yang mampu melakukan fiksasi Nitrogen secara aktif. Aktivitas ini melibatkan enzim Nitrogenase yang mengubah Nitrogen atmosfer (N_2) menjadi ammonia (NH_3). Namun, proses ini memerlukan lingkungan anaerob karena enzim nitrogenase sangat sensitive terhadap Oksigen. Untuk memenuhi kebutuhan ini, tanaman inang menghasilkan leghemoglobin, protein yang mengatur kadar Oksigen didalam nodul. Dengan demikian, kondisi optimal bagi aktivitas enzim Nitrogenase dapat terjaga

Nitrogen yang telah difiksasi oleh Rhizobium kemudian dikonversi menjadi senyawa organik yang dapat dimanfaatkan tanaman, seperti glutamin. Senyawa ini, berpean penting dalam pembentukan protein dan asam nukleat, sehingga mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Disisi lain, tanaman juga memberikan imbalan berupa karbon organik kepada Rhizobium sebagai sumber energi dalam mempertahankan kehidupannya. Hubungan mutualisme ini menunjukkan bagaimana kedua organisme saling mendukung satu sama lain dalam siklus kehidupan.

Selain itu, siklus ini berakhir ketika tanaman inang selesai hidup atau nodul mengalami penuaan. Rhizobium dilepaskan kembali ke tanah, dimana bakteri tersebut tetap hidup dan siap menginfeksi tanaman baru yang kompatibel. Namun, keberhasilan fiksasi Nitrogen ini sangat bergantung pada kondisi lingkungan. Faktor seperti pH tanah yang netral hingga sedikit asam. Ketersediaan nutrisi seperti Fosfor dan Molibdenum, serta aerasi tanah yang memadai, sangat menentukan efektivitas proses tersebut.

Keseluruhan siklus ini menjadikan Rhizobium sebagai agen biologis yang mendukung peningkatan kesuburan tanah secara alami. Kehadirannya membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintesis, sehingga mendukung keberlanjutan dalam sistem pertanian. Dengan memanfaatkan mekanisme ini, petani dapat mengelola tanah dengan cara yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Perbandingan fiksasi Nitrogen menggunakan Rhizobium dengan pupuk kimia atau sintesis, yaitu efisiensi kemampuan fiksasi Rhizobium mampu menambat hingga 80 kg/tahun tergantung pada spesies yang dipakai serta kondisi lingkungan yang mendukung. (Prefectural & Koseikan, 2010). Sedangkan pada pupuk kimia seperti urea, harus diaplikasikan sebanyak 50–100 kg/ha tiap waktu pemupukan. Dari hal ini penggunaan fiksasi jauh lebih rendah dibanding penggunaan pupuk sintesis. Fiksasi Nitrogen juga jauh lebih rendah dan ramah lingkungan. Peran Rhizobium yang menyediakan Nitrogen langsung pada tanaman inang melalui bintil akar, yang memastikan ketersediaan Nitrogen yang berkelanjutan selama musim tanam.

Tanah bekas tanaman legum yang bersimbiosis dengan Rhizobium memiliki dampak yang signifikan, salah satunya

kandungan Nitrogen lebih tinggi, sekalipun setelah pasca panen. Tanah bekas setelah panen juga dapat dimanfaatkan oleh tanaman non-legum yang akan ditanam sehingga mengurangi kebutuhan pemupukan. Tanah bekas tanaman legum ini kaya akan Nitrogen, sehingga manfaat akan sangat terasa pada tanaman non- legum yang ditanam setelahnya, hal ini mengurangi kebutuhan akan pemupukan tambahan. Dengan demikian, rotasi tanaman yang dilakukan antara tanaman legum dan non-legum dapat menjadi strategi efektif dalam pengolahan kesuburan tanah secara alami.

Selain itu, aktivitas Rhizobium dan tanaman legum mampu memperbaiki kondisi dan struktur tanah. Akar tanaman legum, membantu meningkatkan porositas tanah, sementara residu organik dari tanaman tersebut menambah bahan organik dalam tanah, yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air dan nutrisi.

Dengan begitu, penggunaan Rhizobium dalam budidaya tanaman legum akan sangat berdampak baik dalam meningkatkan kesuburan tanah, bahkan ketika tanaman melewati masa pasca panen.

KESIMPULAN

Sebagai agen biofertilizer, Rhizobium menjadi bakteri dengan potensi yang besar dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Kemampuan Rhizobium dalam melakukan hubungan simbiosis dengan tanaman legum menjadikannya alternatif ramah lingkungan disbanding penggunaan pupuk sintesis. Tidak hanya itu, proses fiksasi Nitrogen oleh Rhizobium tidak hanya meningkatkan ketersediaan Nitrogen, tetapi juga mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan pemanfaatan proses fiksasi Nitrogen oleh Rhizobium secara optimal, akan mengurangi banyak dampak merugikan seperti, mengurangi ketergantungan pada pupuk sintesis, biaya yang terjangkau, dan praktik budidaya pertanian yang berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Jika ada, ucapan terima kasih dapat dicantumkan dalam makalah. Ucapan terima kasih harus ditulis secara singkat di bagian akhir teks sebelum Daftar Pustaka, dan ditujukan kepada penyandang dana, pemberi beasiswa, penyedia data, serta pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan. Ucapan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, Hanni. 2019. Pengaruh Konsentrasi dan Interval Pemberian PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bunga Kol (*Brassica oleraceae* var. botrytis L. BIOFARM Jurnal Ilmiah Pertanian. Vol. 15, No. 2.
- Basamba, T. A. (2021). *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*. Academic Press.



- Cegelski, L., C.L. Smith dan S.J. Hultgren. 2009. Microbial Adhesion. Environmental Microbiology and Ecology in Encyclopedia of Microbiology (Third Edition). San Fransisco, Academic Press.
- Chandraningtyas, C.F. & Indrawan, M. 2023. Analisis Efektivitas Penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Untuk Peningkatan Pertanian Berkelanjutan. Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan. Vol. 10 No. 2. 88-99.
- Fauzi, A. (2022). *Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture*. Wiley.
- Gage, D.J. 2004. Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing Rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 68: 280-2300.
- Koryati, T., Fatimah, & Dolly, S. (2022). PERANAN Rhizobium DALAM FIKSASI N Tanaman Legum. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, 20(3), 8–17.
- Koutika, L.-S. (2013). *Nutrient Cycling and Maintaining Soil Fertility in Tropical Rainforests*. Springer.
- Liem, J. L., Arianita, B. A., Sugiarti, S., & Handoko, Y. A. (2019). OPTIMALISASI BAKTERI Rhizobium japonicum SEBAGAI PENAMBAT NITROGEN DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKSI JAGUNG. *Jurnal Galung Tropika*, 8(1), 64. <https://doi.org/10.31850/jgt.v8i1.413>
- Lindström, K., & Mousavi, S. A. (2020). Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Microbial Biotechnology*, 13(5), 1314–1335. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13517>
- Meitasari, A. D., & Wicaksono, K. P. (2017). Inokulasi rhizobium dan perimbangan nitrogen pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L) merrill) varietas Wilis inoculation of rhizobium and nitrogen equalization on soybean (*Glycine max* (L) Merrill) varieties Wilis. *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*, 2(1), 55–63.
- Nainggolan, J. (n.d.). *Pemanfaatan Mikroorganisme Tanah untuk Meningkatkan Kualitas Tanah dan Produktivitas Pertanian*. 1–7.
- Oktaviani, E & Sholihah. M. 2018. Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae* Var. acephala) Sistem Vertikultur. *Jurnal AKRAB JUARA*. Vol 3, No 1. 63-70.
- Olla, L., Siahaan, P., Kolondam, B. 2019. Uji Penggunaan PGPR (Plant Growth- Promoting Rhizobacteria) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal MIPA UNSTRAT*. 8(3),150-155
- Prefectural, S., & Koseikan, H. (2010). 妊娠・産褥期に発症した脳出血の3 症例 1,2. *september*, 83–86.
- Ramdana Sari* dan Retno Prayudyaningsih. (2018). *Rhizobium : PEMANFAATANNYA SEBAGAI BAKTERI PENAMBAT NITROGEN* Ramdana Sari * dan Retno Prayudyaningsih. 51–64.



Sapalina, F., Noviandi Ginting, E., & Hidayat, F. (2022).

Bakteri Penambat Nitrogen Sebagai Agen
Biofertilizer. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa
Sawit*, 27(1), 41–50.
<https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i1.80>

Sari, F. D., & Chatri, M. (2024). *Pemanfaatan PGPR :
Solusi Ramah Lingkungan untuk Meningkatkan
Kesuburan Tanaman*. 837–848.

Utami, C. D & Nihayati, E. 2017. Aplikasi Plant Growth
Promoting Rhizobacteria (PGPR) sebagai Sebuah
Upaya Pengurangan Pupuk Anorganik pada
Tanaman Krisan Potong (*Chrysanthemum sp.*).
Jurnal Biotropika. Vol. 5 No. 3.

Zahran, H. H. (1999). Rhizobium -Legume Symbiosis and
Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an
Arid Climate . *Microbiology and Molecular Biology
Reviews*, 63(4), 968–989.
<https://doi.org/10.1128/membr.63.4.968-989.1999>