

## **OPTIMALISASI BAKTERI *Rhizobium japonicum* SEBAGAI PENAMBAT NITROGEN DALAM UPAYA PENINGKATAN PRODUKSI JAGUNG**

### ***Optimization of the *Rhizobium japonicum* as Nitrogen-Fixing Bacteria in an Effort to Increase Production of Maize***

**Jennifer Larisa Liem**

Email: [jenniferliem98@gmail.com](mailto:jenniferliem98@gmail.com)

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, Jawa Tengah

**Briliani Ayu Arianita**

Email: [brilianiayua@yahoo.com](mailto:brilianiayua@yahoo.com)

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, Jawa Tengah

**Shinta Sugiarti**

Email: [shintasugiart25@gmail.com](mailto:shintasugiart25@gmail.com)

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, Jawa Tengah

**Yoga Aji Handoko\***

Email: [yoga.handoko@uksw.edu](mailto:yoga.handoko@uksw.edu)

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, Jawa Tengah

### **ABSTRAK**

Jagung merupakan salah satu komoditi di Indonesia yang tingkat konsumsinya cukup tinggi sebagai pangan dan pakan. Namun seringkali dalam proses budidaya jagung mengalami defisiensi unsur hara nitrogen, sehingga mempengaruhi produksi jagung dalam negeri. Salah satu solusi yang dilakukan yaitu dengan penggunaan bakteri *Rhizobium japonicum* untuk memenuhi kebutuhan unsur N. Bakteri ini adalah salah satu bakteri penambat nitrogen yang dapat mengkonversi N dari udara bebas kedalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  agar dapat diserap oleh tanaman. Untuk mencapai pertumbuhan bakteri *Rhizobium japonicum* yang maksimal perlu diupayakan kondisi pH 6-7, kelembaban udara yang stabil, suhu 25-30°C, dan ketersediaan unsur hara molybdenum, besi, belerang, fosfor, kalsium, aluminium, dan mangan. Bakteri ini hanya dapat melakukan simbiotik dengan tanaman kedelai saja, sehingga untuk meningkatkan produksi jagung dilakukan pola penanaman tumpangsari antara jagung dan kedelai.

**Kata kunci:** *Rhizobium japonicum*; produktivitas jagung; penambat nitrogen; lemahemoglobin.

---

\* Principal contact for correspondence

## ABSTRACT

*Corn is one of the commodities in Indonesia which has a high level of consumption as food and feed. In the process of cultivation, corn often has a deficiency of nitrogen nutrients, and affecting domestic maize production. One solution is done by using the bacteria *Rhizobium japonicum* to supply of N elements. This bacterium is one of the nitrogen fixing bacteria that can convert N from free air into  $NH_4^+$  and  $NO_3^-$  forms so that it can be absorbed by plants. The maximum growth of *Rhizobium japonicum* bacteria can be achieved with in pH 6-7, stable air humidity, temperature 25-30°C, and availability of nutrient elements molybdenum, iron, sulfur, phosphorus, calcium, aluminum, and manganese. These bacteria only symbiotic with soybean, so to increase corn production by conducting intercropping pattern between corn and soybean.*

**Keywords:** *Rhizobium japonicum, maize productivity, nitrogen fixing, lemahemoglobin.*

## PENDAHULUAN

Jagung merupakan komoditas yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena berperan strategis untuk perekonomian dan pengembangan pertanian Indonesia. Sekitar 58% jagung digunakan untuk pakan, 30% jagung dimanfaatkan untuk pangan, dan 12% sisanya digunakan untuk bahan industri dan benih (Kementerian Pertanian, 2015). Produksi jagung nasional dari tahun 2015 sampai dengan 2017 terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2015 produksi jagung sebesar 19,61 juta ton, kemudian pada tahun 2016 produksi jagung mengalami peningkatan yaitu 20,22% menjadi 23,58 juta ton, pada tahun 2017 produksi jagung, dan terus meningkat 10,39% menjadi 26,03 juta ton (Ditjen Tanaman Pangan, 2008). Peningkatan produksi dipengaruhi salah satunya oleh kesuburan tanah.

Kesuburan tanah merupakan salah satu aspek penting dalam budidaya tanaman. Hal ini disebabkan kesuburan tanah merupakan kualitas tanah dalam menyediakan kebutuhan tanaman dalam bentuk unsur hara (Hardjowigeno, 2007).

Namun seringkali ketersediaan unsur hara didalam tanah tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman, disebabkan karena sifat fisik, kimia, dan biologi tidak seimbang. Salah satu unsur hara yang dibutuhkan tanaman adalah unsur N, begitu pula untuk tanaman jagung. Pada fase pembentukan biji jagung dibutuhkan unsur N yang optimal, sehingga apabila terjadi defisiensi perlu dilakukan pemupukan. Pupuk yang dapat diterapkan dalam pemupukan adalah pupuk hayati.

Pupuk hayati terdiri dari mikroorganisme yang berfungsi sebagai agen pembenah tanah agar dapat menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman (Simanungkalit, 2007). Pupuk hayati memiliki keunggulan tersendiri, yaitu memiliki agen biologis seperti bakteri yang dibutuhkan untuk mempercepat proses ketersediaan unsur hara yang diperoleh dari dalam tanah atau dari pupuk organik. Termasuk kebutuhan nitrogen. Jenis bakteri penambat nitrogen terbagi menjadi dua kelompok yaitu bakteri simbiotik dan non simbiotik. Salah satu bakteri simbiotik yang sering digunakan dalam dunia pertanian adalah *Rhizobium* yang merupakan bakteri

penyedia nitrogen dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  atau  $\text{NO}_3^-$ . Bakteri ini berikatan atau bersimbiosis dengan akar tanaman famili *Leguminosae* atau aneka kacang untuk mendapatkan  $\text{N}_2$  di udara bebas (Gerendas dan Sattelmachner, 1990). Sedangkan bakteri non simbiotik berfungsi menyediakan nitrogen yang tersedia untuk tanaman inangnya sendiri. Nitrogen dapat diubah menjadi  $\text{NH}_4^+$  membutuhkan adanya bahan organik yang juga tersedia dalam tanah (OECD, 2015). Bakteri penambat nitrogen dari kedua golongan tersebut, yang lebih menguntungkan dan dapat memenuhi nitrogen yang tersedia di tanah dalam bentuk  $\text{NH}_4^+$  atau  $\text{NO}_3^-$  adalah bakteri *Rhizobium*.

*Rhizobium* memiliki banyak spesies. Namun yang akan dikaji dalam review ini adalah bakteri *Rhizobium japonicum*. Inokulasi bakteri ini dapat ditemukan pada akar tanaman kedelai. Kelebihan dari bakteri *R. japonicum* yaitu inokulasi bakteri ini dapat diperoleh dari tanah bekas penanaman tanaman kedelai. Bakteri *R. japonicum* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) yang berasal dari inokulan tersebut.

Penggunaan *R. japonicum* sebagai pupuk hayati dapat bekerja maksimal dalam meningkatkan produktivitas jagung yaitu dengan pola tanam tumpangsari. Penerapan sistem tumpangsari dapat meningkatkan potensial lahan dan produksi tanaman dapat bertambah dua kali lipat dibandingkan dengan sistem monokultur. Selain itu input penggunaan pupuk nitrogen dapat berkurang (Turmidi, 2002). Berdasarkan latar belakang tersebut, review artikel ini bertujuan

untuk mengkaji optimalisasi bakteri *R. japonicum* sebagai penambat nitrogen dalam upaya peningkatan produksi jagung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Morfologi dan Fisiologi Bakteri *R. japonicum*

*Rhizobium* termasuk dalam famili *Rhizobiciae* dan genus *Rhizobium*. Genus terdapat beberapa spesies seperti *R. leguminosae*, *R. phaseoli*, *R. meliloti*, *R. lupini*, dan *R. japonicum* (Salle, 1961). Karakteristik bakteri *Rhizobium* secara makroskopis yaitu koloni berwarna putih susu, tidak transparan, bentuk koloni sirkuler, konveks, semitranslusen, berdiameter 2–4 mm dalam waktu 3–5 hari pada agar khamir-manitol-garam mineral. Secara mikroskopis sel bakteri *Rhizobium* berbentuk batang, aerobik, merupakan bakteri gram negatif dengan ukuran  $0,5\text{--}0,9 \times 1,2\text{--}3 \mu\text{m}$ , bersifat motil pada media cair. Bakteri ini umumnya memiliki satu flagela polar atau subpolar. Untuk pertumbuhan optimum dibutuhkan temperatur  $25\text{--}30^\circ\text{C}$ , pH 6–7 (kecuali galur-galur dari tanah masam). Bakteri *Rhizobium* bersifat kemoorganotropik, yaitu dapat menggunakan berbagai karbohidrat dan garam-garam asam organik sebagai sumber karbonnya. Organisme ini memiliki ciri khas yaitu dapat menyerang rambut akar tanaman aneka kacang di daerah beriklim sedang atau beberapa daerah tropis. Selain itu dapat mendorong memproduksi bintil-bintil akar yang menjadikan bakteri sebagai simbiosis intraseluler. Keberadaan bakteri pada bintil-bintil akar sebagai bentuk pleomorfik secara normal



Gambar 1. Morfologi bakteri *R. japonicum*. (sumber <https://www.exportersindia.com>)

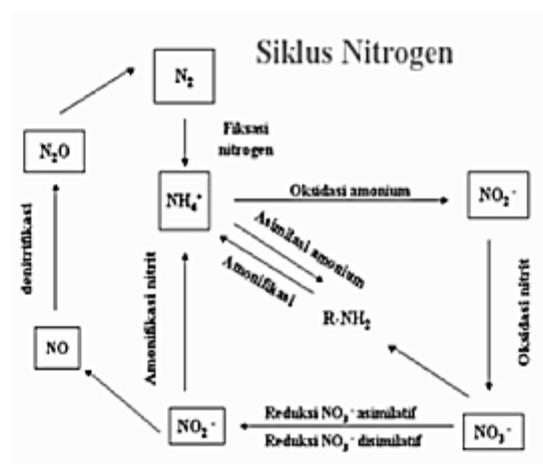
termasuk dalam fiksasi nitrogen atmosfer, ke dalam suatu bentuk penggabungan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman inang. Semua galur bakteri bintil akar menunjukkan afinitas terhadap inang (Madigan et al., 2002).

Morfologi mikroskopis bakteri *R. japonicum* yaitu berbentuk batang dan termasuk bakteri gram negatif (Gambar 1). Morfologi bakteri ini secara makroskopis dapat diamati setelah 3 hari pada suhu 28°C. Diameter koloni yang dimiliki yaitu sebesar 1 mm, koloni berbentuk bundar, berelevasi cembung dan berwarna putih susu (Arimurti,

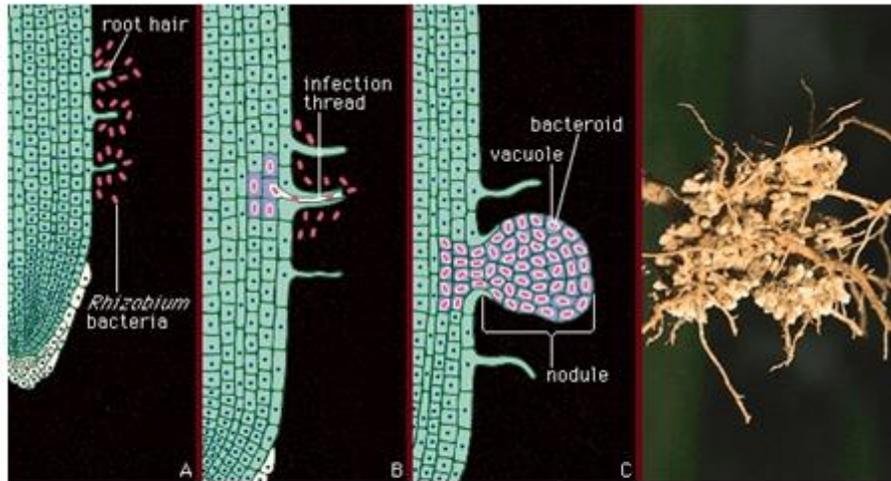
2009).

### Siklus Nitrogen dan Mekanisme Penambatan Nitrogen Oleh *R. japonicum*

Siklus nitrogen merupakan hal yang sangat penting dalam proses penambatan nitrogen oleh bakteri *R. japonicum*. Terdapat proses fiksasi, amonifikasi, nitrifikasi, dan asimilasi dalam siklus ini (Gambar 2). Nitrogen di udara diikat oleh bakteri *R. japonicum* lalu oleh enzim nitrogenase yang merupakan enzim penambat gas nitrogen



Gambar 2. Siklus Nitrogen (Hastuti, 2011).



Gambar 3. Proses infeksi bakteri *R. japonicum* pada akar tanaman kedelai.  
(Sumber <https://www.edubio.info>)

di udara, akan mengubah gas nitrogen menjadi gas amoniak. Proses ini disebut fiksasi. Setelah fiksasi, bakteri akan mengubah nitrogen yang belum tersedia menjadi tersedia di tanah dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Proses ini disebut amonifikasi. Selain proses perubahan nitrogen bebas menjadi ammonium, pada proses amonifikasi terdapat proses dekomposisi.

Amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dalam proses nitrifikasi dibantu oleh enzim nitrogenase. Terdapat dua proses dalam nitrifikasi yaitu amonium menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan proses nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Tahap terakhir dari siklus nitrogen yaitu asimilasi. Proses ini menggunakan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) akan dirubah langsung menjasi asam amino. Proses ini biasanya dimanfaatkan oleh alga, bakteri dan tanaman tingkat tinggi (Hastuti, 2011).

Mekanisme biokimiawi dan seluler nitrogen bebas yang dilakukan oleh *R. japonicum*, yaitu dengan cara membentuk bintil akar pada tanaman inangnya. Bintil ini mempunyai peran

sebagai penambat nitrogen. Proses awal dimulai dengan membentuk rambut akar yang mengeriting karena adanya hormon auksin yang dihasilkan oleh bakteri *R. japonicum*. Hal ini terjadi selama 3-5 minggu. Selama periode tersebut kebutuhan karbohidrat, mineral, dan asam amino disediakan oleh inang tanpa memperoleh keuntungan. Sementara pada kondisi ini, *R. japonicum* bersifat parasit.

Setelah itu, tanaman mengeluarkan senyawa seperti flavonoid yang dijadikan sebagai sinyal untuk komunikasi dengan bakteri, sedangkan bakteri mengeluarkan senyawa *lipochitinoligosakarida*. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kehadiran mikroorganisme lain yang bersifat parasit untuk tanaman aneka kacang. Kecocokan substrat yang dihasilkan oleh bakteri dan tanaman inang merupakan tanda simbiosis terjadi. Selanjutnya, bakteri melakukan perbanyakan diri dengan membentuk hifa yang dapat menginfeksi ke akar tanaman *Leguminosae*. Pada tanaman kedelai, sistem infeksi bakteri

terjadi melalui rambut akar (*root hair entry*).

Terdapat empat tahap pada proses infeksi bakteri ke akar tanaman. Tahap pertama dimulai dengan kolonisasi rhizobia di daerah rhizosfer, kemudian penempelan di permukaan akar, penyabangan rambut akar, dan terakhir adalah pembengkokan rambut akar. Setelah infeksi terjadi, bakteri akan melakukan proses bakteroid yang merupakan proses perbanyak diri bakteri dalam sel akar. Akar akan mengalami pembengkakan dan akan membentuk bintil-bintil akar (Gambar 3). Selain itu, terdapat *leghemoglobin* yang terletak diantara sel inang dan bakteroid (Long, 1996). Bakteri cenderung lebih peka terhadap lingkungan yang asam.

*Leghemoglobin* berperan sebagai pigmen yang akan memfiksasi nitrogen. Semakin banyak *leghemoglobin* yang terbentuk, maka semakin banyak juga nitrogen yang akan diikat oleh bakteri (Campbell, dkk, 2003). Rentang 3 - 5 minggu merupakan waktu yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menginfeksi akar dan mengikat nitrogen bebas di udara. Pada fase ini bakteri *R. japonicum* dianggap parasit oleh tanaman kedelai. Bakteri *R. japonicum* membutuhkan karbohidrat, mineral, dan asam amino yang digunakan untuk membentuk enzim dalam mengikat nitrogen yang berasal dari inangnya. Bakteri yang telah menginfeksi akar tanaman disebut bakteroid karena saat akar dibelah menjadi dua akan menunjukkan warna merah muda hingga coklat yang dihasilkan oleh pigmen *leghemoglobin* yang telah mengikat nitrogen.

Pada proses pengikatan nitrogen bebas di udara, bakteroid membutuhkan ATP. ATP sendiri terbentuk dengan bantuan enzim nitrogenase dan membutuhkan oksigen dalam pembentukannya. Namun sering kali enzim nitrogenase tidak stabil terhadap oksigen, sehingga perlu adanya *leghemoglobin*. *Leghemoglobin* berfungsi sebagai pengontrol oksigen yang dibutuhkan dalam pembentukan ATP dan akan mengubah nitrogen yang ditambat menjadi  $\text{NH}_3$ . Saat proses penambatan terjadi, bakteroid menerima unsur hara dan karbon, sedangkan tanaman inang akan mereduksi nitrogen menjadi  $\text{NH}_4^+$  dan akan melepas nitrogen hasil fiksasi ke tanah. Bentuk  $\text{NH}_4^+$  ini dapat diserap oleh tanaman dan menanggulangi defisiensi unsur hara nitrogen (Handayanto dan Hairiah, 2007).

### **Optimalisasi *R. japonicum* dalam Meningkatkan Produktivitas Jagung**

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Rhizobium japonicum* dari segi eksternal yaitu gangguan bakteri lain yang dapat menginfeksi *Rhizobium*. Gangguan ini berupa *Rhizobiophage* (virus yang menginfeksi *Rhizobium* yang berperan seperti parasit), pH tanah, suhu, kelembaban udara yang stabil, dan ketersediaan unsur hara.

Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan *R. japonicum* meliputi kesiapan nodul tanaman kedelai dalam mengikat nitrogen. Kesiapan ini dapat diperoleh pada umur 10-12 hari setelah tanam (HST). Selain itu, volume akar yang terbentuk pada saat tanaman kedelai

berumur 4-5 HST mempengaruhi jumlah nodul yang akan terbentuk (Prasastyawati dan Rumawas, 1980).

Faktor suhu juga sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan *R. japonicum*. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Hanum (2010) yang menunjukkan perubahan suhu tanah dapat mempengaruhi kinerja bakteri *R. japonicum*. Aktivitas metabolisme pada tanaman kedelai menurun karena dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi. Curah hujan tinggi mengakibatkan kelembaban tanah tinggi dan suhu tidak stabil. Akibatnya pertumbuhan tinggi tanaman kedelai agak terlambat pada bulan Oktober yang merupakan awal musim hujan. Penelitian lain dilakukan oleh Ni'am dan Bintari (2017), perlakuan pemberian mulsa pada tanaman kedelai menghasilkan jumlah bakteri bintil akar yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa pemberian mulsa. Hal ini disebabkan fungsi dari pemberian mulsa dapat menjaga kelembaban udara saat suhu lingkungan tinggi. Mulsa sendiri memiliki fungsi dapat memantulkan sinar matahari yang mepapar langsung dengan tanah. Suhu optimum untuk mendukung pertumbuhan *R. japonicum* yaitu 25°C.

Selain suhu, pH tanah juga mempengaruhi kinerja *R. japonicum*. Menurut penelitian Lubis dkk (2015), media yang optimal untuk pertumbuhan *rhizobium* adalah memiliki pH 5,65. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya jumlah rata-rata bintil akhir vegetatif sebanyak 3.00 buah dan jumlah rata-rata bintil akhir generatif sebanyak 4.87 buah. Selain itu, bobot bintil akhir vegetatif maupun generatif pada pH 5,65 lebih

berat dibandingkan dengan bobot bintil akhir vegetatif maupun generatif pada pH 4,83.

Faktor terakhir dalam mendukung pertumbuhan *R. japonicum* yaitu ketersediaan unsur hara seperti molybdenum, besi, belerang, fosfor, kalsium, mangan, dan aluminium juga berpengaruh. Tiap unsur hara yang dibutuhkan oleh bakteri *Rhizobium*, memiliki fungsi masing-masing. Unsur molybdenum, besi, dan belerang berfungsi dalam penyusun nitrogenase (Gardner, dkk, 1991). Sedangkan unsur hara fosfor dan kalsium berfungsi saat pembentukan bintil akar dan mengoptimalkan aktivitas nodul. Namun apabila kadar hara seperti aluminium dan mangan berlebih malah akan menghambat proses fiksasi karena bersifat toksik terhadap *Rhizobium*.

Pengaplikasian bakteri *R. japonicum* agar dapat digunakan sebagai penambat nitrogen yaitu dengan pencampuran inoculum pada pembuatan pupuk hayati. Pupuk hayati ini terdiri dari bahan-bahan organik dan inokulum bakteri *R. japonicum* yang telah disiolasi dari akar tanaman kedelai dan difermentasi. Namun terdapat kelemahan dalam penggunaan bakteri *R. japonicum* sebagai pupuk hayati. Menurut Kristanto dkk (2002), bakteri *R. japonicum* hanya dapat diaplikasikan menjadi pupuk hayati pada tanaman kedelai saja. Ini terjadi karena sifat bakteri tersebut yang simbiotik dengan kedelai sehingga sulit diaplikasikan pada tanaman lain.

Terdapat alternatif dalam menggunakan bakteri *R. japonicum* untuk meningkatkan produksi jagung. Cara yang dapat digunakan yaitu dengan

menerapkan pola tumpangsari tanaman jagung dengan tanaman kedelai dan metode rotasi tanaman. Tumpangsari ini dengan menggunakan *R. japonicum* sebagai biofertilizer untuk tanaman kedelai untuk membentuk bintil akar pada kedelai.

Jika ketersediaan unsur hara nitrogen telah berlimpah dalam tanah, secara tidak langsung tanaman jagung dapat menyerap nitrogen yang telah diproses dengan bakteri *R. japonicum*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Surtiningsih, dkk (2009), dosis optimum inokulan bakteri *R. japonicum* sebagai biofertilisasi pada tanaman kedelai yaitu 10 ml/tanaman yang ditanam dalam polybag. Inokulan 1 ml *R. japonicum* berisi  $10^{10}$  sel. Maka 10 ml inokulan setara dengan  $100^{10}$  sel. Berat bintil akar per tanaman yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan pemberian dosis inokulan 5 ml.

Manfaat dari bakteri *R. japonicum* dalam metode tumpangsari yaitu sebagai penambat nitrogen guna mengurangi pemupukan nitrogen sintetis. Selain itu dapat menanggulangi masalah defisiensi unsur hara nitrogen karena terjadi proses pencucian. Pola tumpangsari dengan tanaman kedelai yang telah diaplikasi dengan inokulan *R. japonicum* ini dapat meningkatkan produksi jagung. Keuntungan lain adalah petani juga dapat memanen kedelai sebagai keuntungan tambahan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Indriati (2009), tumpangsari kedelai dan jagung dengan perbandingan 1:1 dan penambahan pupuk organik dengan dosis 600 kg/ha hingga 800 kg/ha dapat menghasilkan bobot

tongkol yang optimal dibandingkan dengan tumpangsari kedelai dengan jagung dengan perbandingan 2:1 dan 3:1. Penambahan pupuk organik juga dilakukan agar bakteri *R. japonicum* mendapatkan nutrisi untuk berkembangbiak. Selain itu pupuk organik merupakan pupuk dasar yang ramah lingkungan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

*R. japonicum* merupakan bakteri penambat nitrogen secara simbiotik. *R. japonicum* memiliki kelebihan yaitu mampu mengikat nitrogen bebas secara optimum di udara dan diubah menjadi  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  yang dapat diserap oleh tanaman melalui proses perombakan yang dibantu enzim nitrogenase, ATP, dan *leghemoglobin*. Faktor yang dikehendaki dalam menjaga siklus pertumbuhan bakteri ini yaitu suhu berkisar  $25-30^\circ\text{C}$ , pH 6-7, serta ketersediaan unsur hara molybdenum, besi, belerang, fosfor, kalsium, aluminium, dan mangan, serta kelembaban tanah yang terjaga. Aplikasi bakteri *R. japonicum* hanya dapat dilakukan sebagai biofertilisasi pada tanaman kedelai yang memiliki sifat simbiotik dengan bakteri ini. Dosis yang optimal untuk aplikasi inokulan bakteri *R. japonicum* yaitu 10 ml/tanaman setara dengan  $100^{10}$  sel. Penerapan pola tumpangsari antara tanaman jagung dan kedelai menyebabkan ketersediaan unsur hara nitrogen dalam tanah menjadi melimpah dan tanaman jagung dapat memanfaatkan nitrogen tersebut. Pola tumpangsari yang dianjurkan yaitu 1:1 dan penambahan pupuk organik dengan dosis 600 kg/ha hingga 800 kg/ha.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arimurti. (2009). Karakterisasi Rhizobia *Indigenous* Edamame Sebagai Kandidat Pupuk Hayati. *Jurnal Ilmu Dasar*, 10: 30-37.
- Campbell, N. A. Jane, B. R. Lawrence, G. M. (2003). *Biologi Eidsi Kelima Jilid II*, Erlangga, Jakarta, 347.
- Ditjen Tanaman Pangan. (2008). *Pedoman Umum: Peningkatan Produksi Dan Produktivitas Padi, Jagung, Dan Kedelai Melalui Pelaksanaan SL-PTT*. Dirjen Tanaman Pangan, 72.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell. (1991). *Physiology of Crop Plants (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa: Susilo dan Subiyanto)*. UI Press, Jakarta.
- Gerendas, J. dan Sattelmachner. (1990). Influence of Nitrogen Form and Concentration on Growth and Ionic Balance of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) and Potato (*Solanum tuberosum*). (Proceedings of the eleventh International Plant Nutrition Colloquium).
- Handayanto, E. dan Hairiah K. (2007). *Biologi Tanah*. Pustaka Adipura, Yogyakarta, 198.
- Hanum, C. (2010). Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Yang Diasosiasikan dengan Rhizobium Pada Zona Iklim Kering E (Klasifikasi Oldeman), *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik*, 12(3):176-183.
- Hardjowigeno, S. (2007). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo, Jakarta, 296.
- Hastuti, Y. P. (2011). Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak, *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(1): 89-98.
- Indriati, T. E. (2009). Pengaruh Dosis Pupuk Organik dan Populasi Tanaman Terhadap Pertumbuhan serta Hasil Tumpangsari Kedelai (*Glycine max L.*) dan Jagung (*Zea mays L.*) (Tesis, Program Pascasarjana).
- Kementerian Pertanian. (2015). *Modul Pemberdayaan dalam Upaya Khusus Peningkatan Produksi Padi, Jagung dan Kedelai Tahun 2015*. Kerjasama Kementerian Pertanian RI dengan Perguruan Tinggi, Jakarta, 34.
- Kristanto H.B, Simbar S.M, Sumarni T. (2002). Pengaruh inokulasi *Azospirillum* terhadap efisiensi pemupukan N pada pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Agrivita*, 24(1), 74-79.
- Long, S.R. (1996). Rhizobium Symbiosis: Nod Factors in Perspective *The Plant Cell*. 8: 1895-1898.
- Lubis, D. S., Hanafiah, A. S., Sembiring, M. (2015). Pengaruh pH terhadap Pembentukan Bintil Akar, Serapan Hara N, P dan Produksi Tanaman pada Beberapa Varietas Kedelai pada Tanah Inseptisol Di Rumah Kasa. *Jurnal Online Agroteknologi*, 3(3), 1111-1115.
- Madigan, M.T., J.M.Martinko dan J. Parker. (2000). *Biology of Microorganisms*. 9th edition. Prentice Hall International. Inc. New Jersey.
- Ni'am, A. M dan Bintari, S. H. (2017). Pengaruh Pemberian Inokulan Legin dan Mulsa terhadap Jumlah Bakteri Bintil Akar dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai Varietas Grobogan, *Jurnal MIPA*, 40(2): 80-86.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development], 2015. *Biosafety and the*

- Environmental Uses of Micro-Organisms: Conference Proceedings.*  
[www.fao.org/docrep/meeting/028/mg339e.pdf](http://www.fao.org/docrep/meeting/028/mg339e.pdf). Diakses tanggal 16 Maret 2019.
- Prasastyawati, D. dan F. Rumawas. (1980). Perkembangan bintil akar *Rhizobium japonicum* pada kedelai. Buletin Agronomi, 21(1), 4.
- Salle, A. J. (1961). *Fundamental Principles of Bacteriology*. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York, 719-739.
- Simanungkalit, R. D. M., Didi, A. S., Rasti, S., Diah, S., dan Wiwiek, H., (2007). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 1-10.
- Surtiningsih, T. Farida dan Tri, N. (2009). Biofertilisasi Bakteri *Rhizobium* pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max (L) Merr.*), Berk. Penel. Hayati, 15: 31-35.
- Turmidi E. (2002). Kajian Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Dalam Sistem Tumpangsari Jagung dengan Empat Kultivar Kedelai Pada Berbagai Waktu Tanam, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, 4(2): 89-96.