

RHIZOBIUM INDIGENOUS DAN PENGARUHNYA TERHADAP KEBERHASILAN INOKULASI

Suryantini ¹

ABSTRAK

Penambatan N simbiosis merupakan salah satu faktor kunci dalam sistem pertanian input rendah untuk mempertahankan kesuburan tanah jangka panjang. Penambatan N simbiosis terjadi melalui interaksi spesifik antara bakteri penambat N rhizobium dengan inangnya yaitu tanaman kacang-kacangan. Oleh karena itu strategi utama untuk meningkatkan penambatan N simbiosis adalah dengan inokulasi rhizobium. Namun inokulasi tidak selalu berhasil dan salah satu penyebabnya adalah populasi rhizobium indigenous atau rhizobium lokal yang terdapat dalam tanah. Rhizobium indigenous dapat berkompetisi dengan rhizobium inokulan melalui kerapatan populasi dan efektivitas. Tingginya populasi rhizobium indigenous di satu tempat berkaitan dengan jenis legum yang pernah tumbuh atau ditanam di tempat tersebut. Bila jumlah populasi indigenous rendah, tidak efektif atau tidak kompatibel dengan kacang-kacangan yang ditanam maka inokulasi rhizobium diperlukan. Sebaliknya bila jumlah populasi rhizobium indigenous tinggi (> 10.000/g tanah), efektif dan kompatibel dengan kacang-kacangan yang ditanam (berdasarkan pengamatan bintil akar dari tanaman yang ada), maka inokulasi rhizobium tidak bermanfaat.

Kata kunci: rhizobium indigenous, inokulasi, kompetisi, penambatan N

ABSTRACT

Indigenous rhizobium and its effect on the success of inoculation. Symbiotic nitrogen fixation is a key factor in the low-input farming system to sustain long time soil fertility. Symbiotic nitrogen fixation involving host-specific symbiotic interactions between root nodule bacteria, termed rhizobia, and legumes. One of the major strategies for enhancing symbiotic nitrogen fixation by legumes in crop production systems is through rhizobial inoculation. But inoculation not always successful and one reason is the population of indigenous rhizobium contained in the soil. Indigenous rhizobium can compete with rhizobium inoculant through population density and effectiveness. The high population

of rhizobium in one place relating to the type of legume that ever grew / grown. When the number of indigenous population is low, not effective or not compatible with legumes planted the rhizobium inoculation is required. But when the number of indigenous rhizobium population is high, effective and compatible with legumes that will be planted (based on observations of root nodules and existing plants), inoculation is not required.

Key words: Rhizobium indigenous, inoculation, competition, N fixation

PENDAHULUAN

Tanaman kacang-kacangan sering tidak menunjukkan tanggapan terhadap pupuk nitrogen, karena selain dapat memanfaatkan N dari dalam tanah, tanaman kacang-kacangan dapat bersimbiosis dengan bakteri rhizobium yang mampu mengikat N dari udara. Pada simbiosis yang efektif jumlah N yang diikat/ditambat dapat mencapai 50–75% kebutuhan N tanaman (Salvagiotti *et al.* 2008). Strategi utama untuk meningkatkan penambatan N simbiosis adalah dengan inokulasi rhizobium. Inokulasi diperlukan bila rhizobium yang ada dalam tanah tidak kompatibel/sesuai dengan jenis kacang-kacangan yang akan ditanam, tidak efektif atau jumlahnya tidak memadai (Catroux *et al.* 2001; Musiyiwa *et al.* 2005). Rhizobium yang secara alami terdapat dalam tanah disebut sebagai rhizobium indigenous atau rhizobium lokal. Tanah dengan populasi rhizobium indigenous rendah dapat terjadi pada daerah dimana tanaman kacang-kacangan yang berkaitan tidak tersedia/tumbuh, atau pada pH, tekanan osmotik, temperatur, logam berat yang merugikan bagi rhizobium (Catroux *et al.* 2001). Keberadaan populasi rhizobium indigenous dapat menjadi kendala bagi keberhasilan inokulasi. Oleh karena itu sebelum melakukan inokulasi kita perlu mengenal rhizobium indigenous yang ada dalam tanah dan mengetahui pengaruhnya terhadap inokulasi rhizobium.

RHIZOBIUM INDIGENOUS

Rhizobium indigenous atau rhizobium lokal adalah rhizobium yang terdapat secara alami di satu lokasi, dengan kata lain tidak melalui

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Jl. Raya kendal Payak, KM 8 Kotak Pos 66, Malang email:suryantini@telkom.net

Naskah diterima tanggal 20 Nov 2011, disetujui untuk diterbitkan tanggal 30 Juli 2012.

Diterbitkan di Buletin Palawija No. 24: 92–98 (2012).

inokulasi. *Rhizobium indigenus* dapat disamakan dengan varietas lokal pada tanaman. Sedangkan *rhizobium* inokulan adalah *rhizobium indigenus* yang diisolasi dari tanah, dikumpulkan dan diseleksi melalui serangkaian pengujian (laboratorium, rumah kaca dan lapang) hingga terpilih *rhizobium* terbaik dan dikembangkan sebagai inokulan.

Rhizobium indigenus umumnya hidup sebagai saprofit bila tidak terdapat tanaman kacang-kacangan inangnya (O'Hara (2001). Populasi *rhizobium* dalam tanah meliputi beberapa spesies dan dalam tiap spesies dapat terdiri dari banyak strain (Abaidoo *et al.* 2002). Begitu pula dengan jumlahnya dapat berkisar dari nol hingga jutaan per gram tanah. Menurut Singleton (1998) ada beberapa hal penting berkenaan dengan *rhizobium indigenus*, yaitu (1) kerapatan populasi, (2) efektivitas, (3) kemampuan berkompetisi dan (4) keragaman spesies.

Kerapatan Populasi

Rhizobium indigenus dikenal mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan tanah tempat hidupnya. Menurut Peng *et al.* (2002), faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap *rhizobium* yang diinokulasikan belum tentu berpengaruh sama terhadap *rhizobium indigenus* yang lebih adaptif terhadap lingkungannya. Populasi *rhizobium* di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembaban (rata-rata curah hujan dan kapasitas tanah menahan air) dan tanaman legum penutup tanah/yang pernah tumbuh di tempat tersebut (Werner and Newton 2005). Perakaran legum dan residunya sangat penting dalam mempertahankan populasi *rhizobium indigenus*. Tingginya populasi *rhizobium* di satu tempat berkaitan dengan jenis legum yang pernah ditanam. Zhang *et al.* (2011) melaporkan bahwa tanah yang sering ditanami kedelai mempunyai populasi *rhizobium* lebih tinggi dibanding tanah yang tidak pernah atau lama tidak ditanami kedelai.

Variasi jumlah *rhizobium* dipengaruhi secara nyata oleh perbedaan sifat tanah antara lain kadar liat dan karbon. Zengeni dan Mpeperek (2003) melaporkan bahwa populasi *rhizobium* meningkat dengan meningkatnya kadar liat dan c-organik tanah ($p = 0,005$ dan $0,003$, dan $r^2 = 0,95$ dan $0,67$). Menurut O'Hara (2001) bahan organik mempunyai peranan penting dalam penyediaan makanan bagi *rhizobium* sebagai sumber C, N, Ca dan S yang diperlukan untuk

tumbuh dan bertahan hidup. Sedangkan liat tanah berperan membentuk mikro agregat yang dapat melindungi *rhizobium* dari kondisi tanah yang buruk seperti temperatur tinggi.

Ada asumsi bahwa berdasarkan sifat *rhizobium* yang aerob maka penggenangan selama pertanaman padi akan menurunkan ketahanan hidup *rhizobium* alam. Weaver *et al.* (1997) melaporkan bahwa pada lahan sawah dengan pola tanam padi-kedelai, penggenangan selama pertanaman padi tidak menurunkan populasi *rhizobium*. Namun hasil penelitian Suryantini (2006) menunjukkan bahwa populasi *rhizobium* dalam tanah setelah dua kali musim tanam padi mengalami penurunan dibanding setelah kedelai dan jauh lebih rendah dibanding populasi *rhizobium* dalam inokulan (Tabel 1). Diduga hal ini disebabkan oleh kondisi reduktif saat penggenangan dalam dua musim tanam padi yang berturut-turut sehingga menghambat pertumbuhan *rhizobium* yang bersifat aerob.

Efektivitas

Populasi *rhizobium* dalam tanah dapat terdiri atas satu kisaran strain dari yang tidak efektif hingga sangat efektif. *Rhizobium* yang tidak efektif dapat membentuk bintil (infektif) namun tidak mampu menambat N. Dengan demikian tanaman kacang-kacangan yang ditanam pada tanah yang mengandung *rhizobium* alam akan mengalami pembintilan oleh beberapa strain *rhizobium* yang tidak efektif maupun yang efektif. Menurut Bergersen *et al.* (1998) pola efektivitas populasi *rhizobium* alam dalam tanah mengikuti sebaran normal dengan rata-rata efektivitas hanya sekitar 50% dari efektivitas strain *rhizobium* inokulum yang terseleksi.

Tingkat keefektivan *rhizobium* alam/*indigenus* di satu tempat dapat dilihat dari variasi warna bintil yang terbentuk pada tanaman kacang-kacangan yang tumbuh di tempat

Tabel 1. Populasi *Bradyrhizobium japonicum* sebelum percobaan pada inokulan Legin, Rhizoplus dan tanah setelah pertanaman padi dan kedelai. Ngale, MK II 2005.

Bahan	Rhizobium/g bahan
Tanah setelah kedelai	$5,2 \times 10^5$
Tanah setelah padi-padi	$2,3 \times 10^3$
Inokulan Legin	$1,1 \times 10^8$
Inokulan Rhizoplus	$8,2 \times 10^8$

Sumber: Suryantini (2006).

tersebut (merah yang efektif atau putih yang tidak efektif dalam penambatan N). Menurut O'Hara (2001) melimpahnya keragaman populasi rhizobium alam memberi sumber daya plasma nutfah yang besar untuk skrining karakter yang diinginkan dari kelompok alam tersebut. Hal ini memerlukan skrining yang teliti untuk mendapatkan strain rhizobium yang efisien dan mampu beradaptasi pada kondisi tanah yang berbeda. Untuk mencapai hal ini, rhizobium indigenus dapat dikarakterisasi pada kondisi yang berbeda di laboratorium kemudian diuji efektivitasnya di lapang. Hal ini menunjukkan perlunya mempelajari pengaruh rhizobium indigenus terhadap pembintilan dan pertumbuhan tanaman kacang-kacangan agar peran penambatan N biologi dapat sepenuhnya direalisasi.

Kemampuan Berkompetisi

Kompetisi atau persaingan merupakan ciri utama rhizobium indigenus yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan inokulasi. Kompetisi ditentukan oleh kepadatan populasi. Strain inokulum seringkali gagal atau tidak menunjukkan hasil karena kalah bersaing dengan rhizobium alam yang lebih adaptif terhadap lingkungannya dan mampu mempertahankan populasinya tetap tinggi. Daya saing untuk membentuk bintil dari rhizobium merupakan salah satu sifat penting, strain rhizobium harus berkompetisi dengan strain lain di lingkungan rhizosfer guna mendapatkan tempat untuk membentuk bintil (Blanco *et al.* 2010). Keberhasilan akan diperoleh bila strain rhizobium selain mampu berkompetisi juga efektif dalam simbiosis

Kompetisi merupakan fenomena kompleks yang dipengaruhi oleh interaksi antara faktor tanah, sifat genetik tanaman inang dan rhizobium simbiosis (Duodu *et al.* 2009). Hal yang sama dilaporkan oleh Graham (1992) bahwa beberapa karakter yang mempengaruhi daya saing meliputi sifat yang berhubungan dengan individu strain, genotipe tanaman inang dan lingkungan. Karakter yang berkaitan dengan individu strain meliputi motilitasnya, produksi antibiotik, selektivitas dalam penggunaan substrat, kecepatan tumbuh dan berkoloni di rhizosfer, kecepatan menginfeksi dan efisiensi pembentukan bintil akar (Sessitsch *et al.* 2002). Karakter yang berkaitan dengan genotipe tanaman meliputi kecepatan, jumlah dan konsentrasi sekresi sinyal kimiawi (flavonoids, flavones and isoflavones) oleh tanaman inang

yang menginduksi terbentuknya "Nod factors" (faktor pembentuk nodul/bintil) oleh strain rhizobium (Kamboj 2008; Streng *et al.* 2011). Faktor lingkungan meliputi kelembaban dan ketersediaan hara-hara esensial (O'Hara 2001).

Keragaman Spesies

Menurut Singleton (1998) tanah-tanah di daerah tropis yang tidak digarap umumnya mengandung rhizobium yang kompatibel dengan sejumlah spesies legum. Rhizobium tersebut *Bradyrhizobium* spp atau *cowpea rhizobium* dapat membentuk bintil pada kelompok tanaman "cowpea group" termasuk di dalamnya kacang tanah dan kacang hijau karena kelompok kacang-kacangan ini mempunyai sifat "cross inoculation" (inokulasi-silang), artinya rhizobium dari tanaman yang satu dapat menginokulasi tanaman lainnya dan sebaliknya. Kedelai yang tidak mempunyai sifat inokulasi-silang dengan kacang-kacangan lain tidak termasuk dalam kelompok tersebut. Oleh karena itu dalam tanah umumnya tidak terdapat rhizobium untuk kedelai (*Bradyrhizobium japonicum*) kecuali kedelai pernah ditanam di tempat tersebut.

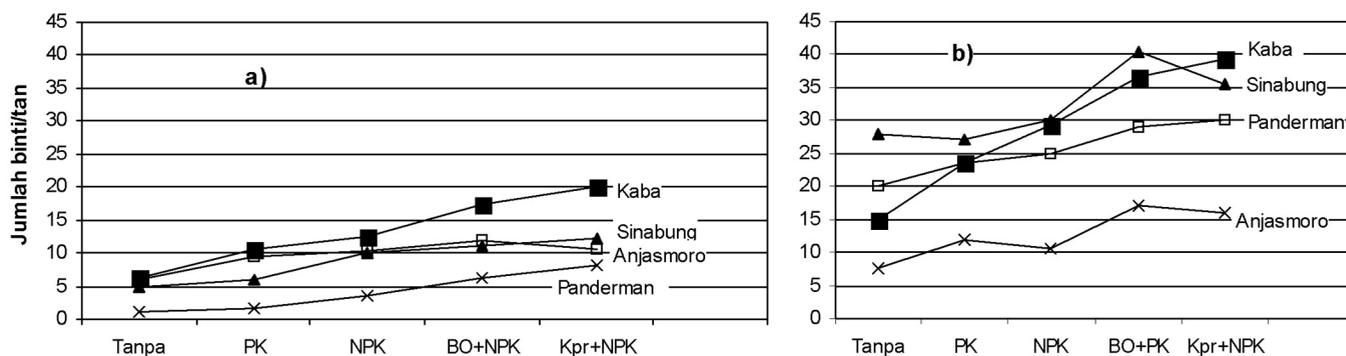
Tanah pada daerah beriklim kering umumnya mengandung sedikit rhizobium, sedangkan pada lokasi dengan curah hujan tinggi dengan banyak vegetasi dan kacang-kacangan mengandung rhizobium lebih banyak. Namun demikian pada daerah dengan iklim yang ekstrim, curah hujan sangat tinggi sehingga tanahnya menjadi masam, tanaman kacang-kacangan tidak dapat tumbuh dengan baik maka jumlah populasi rhizobiumnya juga rendah. Suryantini (2006) melaporkan pada tanah Ultisol Lampung bekas tanaman kedelai maupun non kedelai terdapat populasi rhizobium yang dapat dianggap toleran masam karena pada umumnya rhizobium hidup pada kisaran pH 6,5–7,5. Pada tanah bekas kedelai populasinya jauh lebih tinggi, sekitar 1,7 juta cfu/g tanah dibanding non kedelai yang hanya sekitar 58.000 cfu/g tanah (Tabel 2).

Tabel 2. Jumlah bakteri rhizobium di tanah Ultisol Lampung.

Tanah	pH (H ₂ O)	Rhizobium (cfu/g tanah)
Bekas kedelai	4,50	1,7 x 10 ⁶
Bekas non kedelai	4,50	5,8 x 10 ⁴

Cfu (colony forming unit): satuan pembentuk koloni.

Sumber: Suryantini dan Muchdar, 2006.



Gambar 1. Jumlah bintil akar pada beberapa varietas kedelai di tanah masam bekas ditanami non kedelai (a) dan bekas kedelai (b) pada perlakuan pupuk (kg/ha) 150 SP36 + 50 KCl (PK), 50 Urea + 150 SP36 + 50 KCl (NPK), 3 t/ha pupuk kandang + PK, dan 1,7 t/ha dolomit + NPK.

Sumber: Suryantini dan Muchdar 2006.

Rhizobium indigenus di tanah masam Lampung pada kedua lingkungan tersebut bersifat infeksi (mampu membentuk bintil) pada semua varietas yang diuji yaitu Kaba, Sinabung, Anjasmoro, dan Panderman. Namun rhizobium di lingkungan yang sering ditanami kedelai lebih infeksi sehingga mampu menghasilkan bintil dengan jumlah 5–30 bintil/tanaman dibanding tanah bekas non kedelai yang hanya 1–10 bintil/tanaman pada perlakuan tanpa pupuk (Gambar 1). Terbentuknya bintil akar pada empat varietas kedelai yang diuji, yaitu Kaba, Sinabung, Anjasmoro dan Panderman, menunjukkan adanya kompatibilitas antara varietas-varietas tersebut dengan rhizobium indigenus dari tanah Ultisol Lampung.

Dibanding ketiga varietas lain, Anjasmoro menunjukkan rata-rata jumlah bintil paling rendah, hal ini mungkin disebabkan Anjasmoro kurang toleran terhadap lingkungan yang masam meskipun kompatibel dengan rhizobium setempat. Pemberian pupuk anorganik, organik dan kapur meningkatkan jumlah bintil akar terutama pada perlakuan bahan organik dan kapur. Hal ini karena bahan organik merupakan sumber hara bagi mikroba, sedangkan kapur menurunkan kejenuhan Al yang tinggi di tanah masam yang dapat menghambat pertumbuhan rhizobium maupun tanaman.

Karakter Fisiologi, Serologi dan Genetik

Karakter-karakter tersebut terutama berguna untuk mengidentifikasi strain dalam

suatu populasi rhizobium indigenus. Karakter fisiologis berdasarkan pada aktivitas selnya, seperti rata-rata waktu pembelahan sel, reaksi terhadap anti biotik, terhadap temperatur, tekanan osmotik dan kemampuan membentuk asam atau basa (Khokhar *et al.* 2001). Dalam pengujian mengenai faktor tumbuh yang diperlukan oleh rhizobium, pengujian fisiologi sangat penting sebelum uji lapang dilakukan.

Serologi adalah karakter "marker" atau tanda untuk mengetahui apakah strain satu dengan lainnya sama atau berbeda, berdasarkan reaksi antara kultur rhizobium sebagai antigen dengan anti bodinya (Khan *et al.* 2002). Antibodi dari satu strain rhizobium diperoleh dengan cara menyuntikan antigen (sel rhizobium) ke tubuh seekor kelinci sehingga terjadi reaksi imonologis dan menghasilkan antibodi, kemudian serum darah kelinci yang sudah mengandung antibodi tersebut diambil menggunakan jarum suntik dan dikoleksi. Pengujian serologi (di luar tubuh kelinci) adalah reaksi antara serum (antibodi) dengan antigen (strain yang diuji).

Karakter genetik dapat diidentifikasi dengan teknik *Polymerase chain reaction* (PCR). Teknik ini memungkinkan untuk melakukan sequencing, kemudian membandingkan fragmen-fragmen dari sequence nukleotida yang teridentifikasi, seperti gen-gen ribosomal (16S dan 23S rRNA) dan ruang antar gen (16S-23S rRNA), dengan variabilitas yang memadai untuk mendeteksi perbedaan antar genus dan spesies (Young *et al.* 2004; Gonzales *et al.* 2008).

PENGARUH RHIZOBIUM INDIGENOUS TERHADAP INOKULASI

Respons tanaman terhadap inokulasi ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain keberadaan dan kualitas rhizobium alam (Naeem *et al.* 2004), ketersediaan N-tanah (Voisin 2002), fisika-kimia tanah dan iklim (Al-Falih, 2002; Mohammadi *et al.* 2012). Semua faktor tersebut secara nyata mempengaruhi kemampuan tanaman untuk mendapatkan peningkatan hasil dari inokulasi. Melakukan inokulasi tanpa memperhatikan populasi rhizobium dalam tanah sama seperti melakukan pengapuran tanpa memperhitungkan pH tanah. Rhizobium dalam tanah semestinya dianggap seperti halnya unsur hara tanah lainnya. Populasi rhizobium alam dapat mempengaruhi inokulasi melalui dua cara yaitu kompetisi dan efektivitas.

Di antara beberapa sifat populasi alam yang paling berpengaruh dalam kompetisi adalah jumlah rhizobium per gram tanah. Terdapatnya rhizobium alam dalam jumlah yang besar dapat mempengaruhi penambatan N simbiosis dalam dua hal, yaitu (1) rhizobium alam membentuk bintil pada tanaman kacang-kacangan tetapi tidak menstimulasi penambatan N sebaliknya menghambat pembentukan bintil dan penambatan N oleh rhizobium dari inokulan, (2) rhizobium alam efektif menstimulasi penambatan N yang memadai untuk memenuhi kebutuhan N tanaman. Dalam hal yang terakhir tersebut maka inokulasi rhizobium tidak akan meningkatkan hasil biji meskipun mampu membentuk bintil.

Beberapa percobaan inokulasi menunjukkan bahwa keberhasilan strain inokulum untuk membentuk bintil sangat tergantung pada jumlah saingannya, yaitu rhizobium indigenus dalam tanah (Mehrpuoyan 2011). Ukuran populasi rhizobium indigenus dapat digunakan seba-

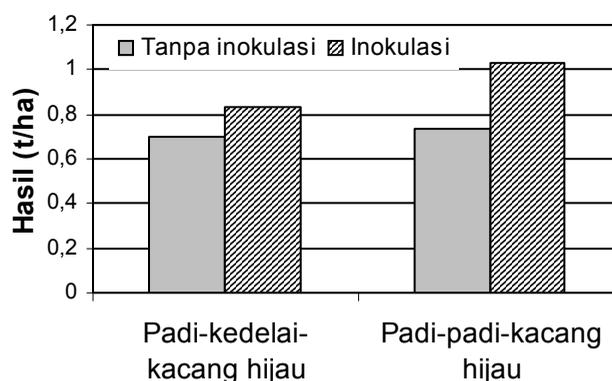
gai indeks yang layak untuk menentukan apakah tanaman kacang-kacangan akan tanggap terhadap inokulasi atau tidak. Thies *et al.* (1991) melaporkan bahwa inokulasi pada 8 jenis kacang-kacangan meningkatkan jumlah bintil akar hanya apabila tanah mengandung 10–100 rhizobium indigenus/g tanah (Tabel 3).

Pada tanah yang mengandung kurang dari 100 rhizobium/g tanah inokulasi pada kedelai meningkatkan jumlah bintil, sedangkan bila populasi alam lebih dari 1×10^3 rhizobium/g tanah inokulasi tidak meningkatkan jumlah bintil meskipun dosisnya ditingkatkan hingga $3,3 \times 10^3$ per 2,5 m baris tanaman (Thies *et al.* 1991). Sebaliknya Suryantini (2008) melaporkan bahwa di lahan sawah setelah kedelai (pola: padi-padi-kacang hijau) dengan jumlah populasi rhizobium indigenus $5,2 \times 10^3$ rhizobium/g tanah inokulasi rhizobium mampu meningkatkan hasil kacang hijau dibanding pada pola: padi-kedelai-kacang hijau (Gambar 2). Hal ini mungkin disebabkan populasi rhizobium inokulan lebih kompetitif dibanding populasi alam yang jumlahnya ribuan. Namun pada lahan setelah kedelai dengan jumlah populasi alam hingga ratusan ribu ($3,5 \times 10^5$ rhizobium/g tanah) inokulasi tidak meningkatkan hasil. Hasil ini sejalan dengan Weaver *et al.* (1997) bahwa penggenangan selama satu musim pertanaman padi tidak menurunkan populasi rhizobium. Penggenangan yang berturut-turut selama dua kali musim tanam padi (pola padi-padi-palawija) mampu menurunkan jumlah rhizobium dalam tanah dan meningkatkan tanggapan kacang-kacangan terhadap inokulasi rhizobium (Suryantini 2006). Dengan demikian pada tanah dengan jumlah populasi rhizobium yang tinggi (>10.000 rhizobia/g tanah) inokulasi tidak meningkatkan hasil, sebaliknya pada tanah dengan populasi rhizobium rendah

Tabel 3. Pengaruh inokulasi terhadap jumlah bintil akar dalam kaitannya dengan jumlah rhizobium indigenus.

Jumlah rhizobium indigenus /g tanah	Bintil yang dibentuk oleh strain inokulan (%)	Peningkatan hasil akibat inokulasi (%)
0–10	89	128
10–100	86	9
>100	53	7

Sumber Thies *et al.* (1991).



Gambar 2. Pengaruh pola tanam dan inokulasi rhizobium terhadap hasil kacang hijau (Sumber: Suryantini 2008).

(<10.000 rhizobia/g tanah) inokulasi mampu meningkatkan hasil kacang hijau dibanding tanpa inokulasi.

Rhizobium yang diaplikasikan ke benih pada dosis normal (kurang dari 1×10^5 per benih) umumnya tidak mampu bersaing dengan populasi alam untuk membentuk bintil. Namun demikian bila strain inokulum tersebut mempunyai kemampuan kompetisi yang tinggi dalam pembentukan bintil dan terutama mampu bertahan hidup dan memperbanyak diri dalam tanah maka strain tersebut akan semakin dominan seiring berjalannya waktu. Danso dan Owiredo (1998) melaporkan bahwa pada tahun pertama inokulasi strain *Bradyrhizobium* 110 membentuk kurang dari 10% bintil akan tetapi pada tahun-tahun berikutnya jumlah bintil yang dibentuk meningkat. Keberhasilan strain rhizobium yang efektif dalam persaingan dan pembentukan bintil akan meningkatkan hasil tanaman. Jika populasi rhizobium tanah sangat efektif namun jumlahnya tidak banyak maka perlu dilakukan inokulasi untuk mendorong terbentuknya bintil lebih awal.

Penambahan N pada tanaman kacang-kacangan dapat terjadi secara alami bila di dalam tanah terdapat rhizobium indigenous dengan kapasitas yang baik yaitu efektif dan kompatibel dengan tanaman tersebut. Namun bila tanah tidak mengandung rhizobium dengan kapasitas seperti yang disebutkan tadi maka perlu dilakukan inokulasi rhizobium. Inokulan dapat diberikan langsung ke tanah atau melalui benih yang akan ditanam. Inokulasi rhizobium dapat memberi manfaat bila nitrogen merupakan satu-satunya unsur hara pembatas produksi tanaman, artinya unsur hara lain selain nitrogen tersedia dalam jumlah yang optimal. Selain itu kebutuhan tanaman akan hara N tidak mampu dipenuhi oleh N-tanah maupun N yang ditambat oleh rhizobium indigenous. Namun bila rhizobium indigenous efektif menambat N sehingga kebutuhan N tanaman terpenuhi maka inokulasi dengan rhizobium yang sangat unggul sekalipun tidak akan bermanfaat.

KESIMPULAN

Populasi rhizobium indigenous di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembaban, bahan organik tanah dan tanaman kacang-kacangan yang pernah tumbuh di tempat tersebut. Tanah yang sering ditanami kacang-kacangan mempunyai populasi

rhizobium indigenous lebih tinggi dibanding tanah yang tidak pernah ditanami kacang-kacangan.

Kebhasilan inokulasi ditentukan oleh dua kondisi populasi rhizobium indigenous, yaitu 1) jumlah rhizobium indigenous yang mampu membentuk bintil kurang tersedia (<10.000 rhizobium/g tanah) dan 2) efektivitasnya kurang memadai untuk memenuhi kebutuhan N tanaman. Bila salah satu kondisi atau keduanya terjadi maka dapat diharapkan bahwa inokulasi dengan strain efektif akan meningkatkan hasil tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Abaidoo R.C., Keyser H.H. and Singleton P.W. (2002). Population and symbiotic characteristics of indigenous *Bradyrhizobium* spp. that nodulate TgX soybean genotypes in Africa. Paper Presented at Ninth Congress of the African Ass. for Biol. Nitrogen Fixation, held in Nairobi, Kenya, 25–29 September 2000. Pages 167–188.
- Al-Falih, A.M.K. 2002. Factors affecting the efficiency of symbiotic nitrogen fixation by rhizobium. *Pakistan J. of Biol. Sci.* 5 (11): 1277–1293.
- Bergersen, F.J., J. Brockwell, R.R. Gault, L.J. Morthorpe, M.B. Peoples, and G.L. Turner. 1998. Effect of available soil nitrogen and rates of inoculation on nitrogen fixation by irrigated soybean and evaluation of N15 methods for measurement. *Aust. J. Agric. Res.* 40:763–80.
- Blanco, R.A., Sicardi, M., Frioni, M., 2010. Competition for nodule occupancy between introduced and native strains for *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii*. *Biology and Fertility of Soils* 46, 419–425.
- Catroux G., Hartmann A. and Revelin C. (2001). Trends in rhizobial inoculant production and use. *Plant and Soil* 230, 21–30.
- Gonzalez, T.O., J.C. Campanharo, E.G.M. Lemos. 2008. Genetic characterization and nitrogen fixation capacity of *Rhizobium* strains on common bean. *Pesq. agropec. bras. Brasilia.* 43(9). 1177–1184.
- Danso, S.K. and J.D. Owiredo. 1988. Competitiveness of Introduced and Indigenous cowpea in three soil. *Soil Biology and biochemistry.* 20:305–310.
- Duodu, S., Brophy, C., Connolly, J., Svening, M.M., 2009. Competitiveness of a native *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* strain for nodule occupancy is manifested during infection. *Plant Soil* 318, 117–126.
- Graham, P.H., 1992. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian J of Microbiol* 38, 475–484.

- Kamboj, D., R. Kumar, A. Kumari, B.S. Kundu, D. Pathak and P. K. Sharma. 2008. Rhizobia, Nod Factors and Nodulation-A Review. *Agric. Rev.*, 29 (3): 200–206.
- Khan, M.S., A. Zaidi and B.D. Lakhchaura. 2002. Replica Immunoblot Assay: A new method for quantification and specific determination of Rhizobium and Bradyrhizobium strains directly in legume nodules. *Symbiosis*. 32: 257–263.
- Khokhar, S. N., Muzaffer, A. and Chaudhri, M. F. 2001. Some characters of chickpea nodulating rhizobia to Thal soil. *Pakistan. J. Biol. Sci.*, 4 (8): 1016–1019.
- Mehrpouyan, M. 2011. Nitrogen fixation efficiency in native strains compared with non-native strains of *Rhizobium leguminosarum*. *Internat Conf on Environment Sci and Engin. IPCBEE vol.8*. 216–219.
- Mohammadi, K., Y. Sohrabi, G. Heidari, S. Khalesro and M. Majidi. 2012. Effective factors on biological nitrogen fixation. *African J. of Agric. Res.* 7(12): 1782–1788.
- Musiyiwa, K., Mpeperekhi, S. and Giller, K. 2005. Symbiotic effectiveness and host ranges of indigenous varieties rhizobia nodulating promiscuous soybean in Zimbabwean soils. *Soil Biol. and Biochem.* 37: 1169–1176.
- Naeem, F.I., M.M. Ashraf, K.A. Malik, and F.Y. Hafeez. 2004. Competitiveness of introduced rhizobium strains for nodulation in fodder legumes. *Pak. J. Bot.*, 36(1): 159–166.
- O'Hara, G.W. 2001. Nutritional constraints on root nodule bacteria affecting symbiotic nitrogen fixation: a review. *Australian J. of Exp. Agric.* 41: 417–433.
- Peng, G.X., Tan, Z.Y., Wang, E.T., Reinhold-Hurek, B., Chen, W.F., Chen, W.X. 2002. Identification of isolates from soybean nodules in Xinjiang region as *Sinorhizobium xinjiangense* and genetic differentiation of *S. xinjiangense* from *Sinorhizobium fredii*. *Internat. J. of Systematic and Evolutionary Microbiol.* 52: 457–462.
- Salvagiotti, F., K.G. Cassman, J.E. Specht, D.T. Walters, A. Weiss, and A. Dobermann. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. *Field Crops Res.* 19 p.
- Sessitsch, A., Howieson, J.G., Perret, X., Antoun, H., Martinez-Romero, E., 2002. Advances in Rhizobium Research. *Critical Reviews in Plant Sci.* 21, 323–378.
- Singleton, P. W., and J. W. Tavares. 1998. Inoculation response of legumes in relation to the number and effectiveness of indigenous rhizobium population. *Appl. Environ. Microbiol.* 51:1013–1018.
- Streng, A., R. Op den Camp, T. Bisseling, and R. Geurts. 2011. Evolutionary origin of rhizobium Nod factor signaling. *Plant Signaling & Behavior*. 6 (10): 1510–1514.
- Suryantini. 2006. Pemupukan N dan Inokulasi Rhizobium pada Tanaman Kedelai di Lahan Sawah Setelah Padi dan Setelah Kedelai. *dalam* Suharsono, A.K. Makarim, A.A. Rahmianna, M.M. Adie, A. Taufiq, F. Rozi, I K. Tastra, D. Harnowo (Edt). *Prosiding Seminar Nasional Balitkabi 2006*.
- Suryantini dan Muchdar. 2006. Pengaruh varietas kedelai dan pemupukan terhadap efektivitas rhizobium endogen di tanah masam. *Laporan Hasil Penelitian Balitkabi. 2006*: 112–120.
- Suryantini. 2008. Peningkatan Produktivitas Kacang Hijau di Lahan Sawah Melalui Pemberian Pupuk P, Pupuk Organik dan Hayati. *Jurnal Agritek* 16(5): 775–779.
- Thies J.E., Singleton P.W., and Bohlool.B.B (1991). Influence of the Size of Indigenous Rhizobial Populations on Establishment and Symbiotic Performance of Introduced Rhizobia on Field-Grown Legumes. *Appl. Environ. Microbiol.* 57 (1): 19–28.
- Voisin, A.S., C. Salon, N.G. Munier-Jolain and B. Ney. 2002. Quantitative effects of soil nitrate, growth potential and phenology on symbiotic nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). *Plant and Soil.* 243 (1): 31–42.
- Weaver, R. W, D. R. Morris, N. Boonkerd and J. Sij. 1997. Populations of Bradyrhizobium japonicum in fields cropped with soybean-rice rotations. *Soil Sci Soc. Am. J. Vol 51. p.* 90–91.
- Werner D, Newton WE. (2005). Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment. *Springer Publ.* 4: 75–80.
- Young, J.M., D. Park, B.S. WEIR. 2004. Diversity of 16S rDNA sequences of Rhizobium spp. Implications for species determinations. *FEMS Microbiol. Letters*, 238: 125–131.
- Zengeni, R and S. Mpeperekhi. 2003. Manure and soil properties effects on rhizobial survival and persistence in smallholder field environments of Zimbabwe. *African Crop Sci. Conf. Proc.* 6: 497–507.
- Zhang, Y.M., L. J. Ying, W. F. Chen, E. T. Wang, C. F. Tian, Q.Q. Li, Y. Z. Zhang, X. H. Sui, and W. X. Chen. 2011. Biodiversity and Biogeography of Rhizobia Associated with Soybean Plants Grown in the North China Plain. *Appl Environ Microbiol.* 77(18): 6331–6342.