

SINERGISME INOKULASI *Bradyrhizobium japonicum* DAN MIKROBA PELARUT FOSFAT TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KEDELAI

SYNERGYSM OF *Bradyrhizobium japonicum* INOCULANT AND PHOSPHATE MICROBIALS SOLVENT ON SOYBEAN GROWTH AND PRODUCTION

SYARULLAH SALMAN DAN UMAR DANI*

Dosen Program Agroteknologi Faperta Universitas Majalengka

*e-mail: umardani@unma.ac.id

ABSTRACT

*This study aimed to analyze the synergism between *Bradyrhizobium japonicum* inoculant with phosphate microbial solvent, and to measure the optimum dose for soybean growth and production. The experiment was conducted at the Agricultural Counseling Center of Majalengka District, West Java from March to June 2021. The design used in this experiment was a Randomized Block Design (RBD) with a 2x2 factorial arrangement. The first factor was the dose of *B. japonicum* inoculant (R) and the second factor was the dose of Phosphate Microbial solvent (P). The results showed that synergistically inoculation of *B. japonicum* at a dose of 5 g kg⁻¹ seeds and phosphate microbial solvent 50 kg ha⁻¹ could increase the number of effective nodules by 110.48% and root loss ratio by 13.83%. Inoculation dose of *B. japonicum* 5 g kg⁻¹ seed reduced the number of ineffective nodules by 46.54%, increased the effective nodule diameter by 1.75%, increased leaf area index by 14.69%, increased the number of pods by 16.04%, decreased the number of empty pods by 3.62%, increased the weight of pods per plant by 17.20%, increased the weight of 100 seeds by 1.55%, increased the weight of seeds per plant by 17.20%, and increased the weight of seeds per plot by 16.99%. A dose of 150 kg ha⁻¹ can increase the effective nodule diameter up to 0.98%, reducing the number of empty pods by 29.82%. It can be concluded that the interaction between *B. japonicum* inoculation with phosphate microbial solvent, and a dose of 150 kg ha⁻¹ was to get the better growth and yields.*

Key words: Soybean Growth and Production, *Bradyrhizobium japonicum*, Phosphate Microbial Solvent

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sinergisme antara inokulasi *B. japonicum* dan mikroba dan pelarut fosfat dan dosis optimum pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Percobaan dilakukan di lahan Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Kecamatan Majalengka Kabupaten Majalengka Jawa Barat pada bulan Maret sampai dengan Juni 2021. Rancangan yang digunakan dalam Percobaan ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan Pola Faktorial 2x2. Faktor pertama dosis inokulan *B. japonicum* (R) dan faktor kedua dosis Mikroba Pelarut Fosfat (P). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Secara sinergis Inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 50 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan jumlah nodula efektif sebesar 110,48% dan nisbah pupus akar sebesar 13,83%. Dosis Inokulasi *B. japonicum* 5 g kg⁻¹ benih menurunkan jumlah nodula tidak efektif sebesar 46,54%, meningkatkan diameter nodula efektif sebesar 1,75%, meningkatkan indek luas daun sebesar 14,69%, meningkatkan jumlah polong sebesar 16,04%, menurunkan jumlah polong hampa sebesar 3,62%, meningkatkan bobot polong per tanaman sebesar 17,20%, meningkatkan bobot 100 biji sebesar 1,55%, meningkatkan bobot biji per tanaman sebesar 17,20%, dan meningkatkan bobot biji per petak sebesar 16,99%. Dosis 150 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan diameter nodula efektif hingga 0,98%, menurunkan jumlah polong hampa 29,82%. Dapat disimpulkan bahwa adanya interaksi antara inokulasi *B. japonicum* dengan mikroba pelarut phosphate, dan dosis 150 kg ha⁻¹ mampu menghasilkan pertumbuhan dan hasil yang lebih baik.

Kata Kunci : Kedelai, Pertumbuhan, Hasil, *Bradyrhizobium japonicum*, Mikroba Pelarut Fosfat

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) adalah komoditas pangan utama yang secara luas sebagai bahan pangan sumber protein nabati yang murah. Kebutuhan kedelai nasional tidak diimbangi oleh peningkatan

areal panen, produksi dan produktivitas. Produktivitas kedelai nasional pada tahun 2015 - 2020 cenderung mengalami peningkatan, namun masih termasuk rendah dibandingkan potensi hasil. Produktivitas yang cenderung meningkat, karena kontribusi sistem

intensifikasi pertanian yang bertumpu pada penggunaan input eksternal, terutama pupuk nitrogen (N) dan Fosfat (P).

Efisiensi penggunaan pupuk N tergolong rendah karena hanya 33% yang diserap oleh tanaman (Raun dan Johnson, 1999) dan sebagian besar 63% hilang melalui proses pencucian, denitrifikasi, mobilisasi dan volatilisasi (Nielsen, 2006). Penggunaan pupuk fosfat (P) juga memiliki nilai efisiensi yang tergolong. Pupuk fosfat di dalam tanah mengalami reaksi pengendapan yang sangat reaktif dengan Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} dan Al^{3+} (Singh dan Purohit, 2011) dan imobilisasi menjadi kompleks organik oleh jasad renik, sehingga P tidak tersedia bagi tanaman. Hal ini yang menyebabkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat menjadi sangat rendah antara 10-25% (Isherword, 1998). Hanya 10-25% pupuk P yang diaplikasikan diserap oleh tanaman, selebihnya 90-75% dalam bentuk P tidak larut.

Biji kedelai yang berkualitas tinggi dan kaya protein sangat ditentukan oleh ketersediaan N dan P secara optimal di dalam tanah (Vance, 2001). Penggunaan input eksternal berupa pupuk nitrogen (N) dan Fosfat (P) yang terus meningkat sangat tidak efisien dan sangat berdampak negatif terhadap ekosistem pertanian. Sementara, tanaman kedelai secara alami mempunyai potensi adaptif dengan keterbatasan N dan P di dalam tanah melalui asosiasi simbiosis dengan rhizobia fiksasi N_2 dan asosiasi non simbiosis dengan mikoriza dan/atau mikroba pelarut fosfat (Vance, 2001), sehingga kebutuhan unsur N dan P tetap tersedia bagi tanaman kedelai walaupun dalam keadaan N dan P yang terbatas di dalam tanah.

Pemahaman mengenai potensi adaptif ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan teknologi alternatif pilihan yang lebih efisien, efektif dan berkelanjutan. Teknologi pilihan yang strategis adalah pendekatan yang mensinergikan interaksi antara tanaman dengan mikroba yang berperan mengatur ketersediaan hara bagi tanaman. Teknologi yang dapat dikembangkan adalah inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* (*B. japonicum*) dan Mikroba Pelarut Fosfat. Inokulasi *B. japonicum* dan Mikroba Pelarut Fosfat diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai. Penelitian Zarei et al. (2011) melaporkan bahwa pemupukan P disertai inokulasi *B. japonicum* dan bakteri pelarut

fosfat meningkatkan indeks luas daun, bobot kering tanaman, jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, jumlah biji per tanaman, bobot 100 biji, dan bobot biji tanaman kedelai. Efisiensi inokulasi *B. japonicum* dan pupuk fosfat disertai inokulasi bakteri pelarut fosfat terbukti lebih tinggi (50%) dibandingkan perlakuan konvensional (Wasule, 2008). Penelitian ini bertujuan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai dengan input produksi yang lebih murah, efisien dan ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan percobaan lapangan yang dilaksanakan di lahan Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Kecamatan/ Kabupaten Majalengka Propinsi Jawa Barat pada bulan Maret sampai Juni 2021. Lokasi percobaan terletak pada ketinggian 220 m dpl dengan tipe agroklimat D2 (Oldeman, 1982) dan jenis tanah Oxisol dengan pH 6,8 (Netral). Bahan yang digunakan adalah benih kedelai kultivar Anjasmoro sebagai tanaman model, Inokulan *B. japonicum* dan Mikroba Pelarut Fosfat. Pengadaan Isolat bakteri fiksasi N (*B. japonicum*), bakteri pelarut fosfat (BPF) (*Bacillus sp.* dan *P. fluorescens*) dan jamur pelarut fosfat (JPF) (*A. niger*) diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian UNPAD. Sarana produksi lainnya yang digunakan adalah batuan fosfat, pupuk Urea, KCl, insektisida dan fungisida. Peralatan yang digunakan adalah cangkul, tugal, kored, tali, karung plastik dan peralatan penunjang lainnya. Selain itu digunakan beberapa peralatan pengamatan di lapangan, dokumentasi foto, timbangan digital dan komputer. Rancangan yang digunakan dalam Percobaan ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan Pola Faktorial. Faktor pertama dosis inokulan pupuk hayati (*B. japonicum*) (R) dan faktor kedua dosis Mikroba Pelarut Fosfat (B). Variabel respons terdiri dari pengamatan komponen pertumbuhan (Jumlah Nodula Efektif, Jumlah Nodula tidak Efektif, Ukuran Nodula Efektif, Nisbah Pupus Akar (P/A), Indeks luas daun, Laju Tumbuh Tanaman, dan Laju Asimilasi Bersih), pengamatan Komponen Hasil dan Hasil (Jumlah polong isi, Jumlah polong hampa, Bobot polong, Bobot per 100 biji, Bobot biji per tanaman, Bobot Biji per Petak), dan Pengamatan Efisiensi Penggunaan Pupuk

Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Mikroba Pelarut Fosfat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Jumlah Nodula Efektif,

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat pengaruh interaksi secara sinergis antara inokulasi pupuk hayati (*B. japonicum*) dan mikroba pelarut fosfat terhadap jumlah nodula efektif. Perbandingan antar rata-rata perlakuan dilakukan dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, dan hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Pemberian Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Bio-fosfat terhadap Jumlah Nodula Efektif.

Inokulan <i>B. japonicum</i>	Mikroba Pelarut Fosfat			
	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹
0 g kg ⁻¹ benih	22.52 a A	32.53 a AB	41.39 a B	31.82 a AB
5 g kg ⁻¹ benih	42.84 b AB	47.40 b B	39.55 a AB	33.42 a A
10 g kg ⁻¹ benih	39.56 b A	45.86 b A	39.73 a A	41.63 ab A
15 g kg ⁻¹ benih	43.52 b A	44.04 b A	45.62 a A	44.88 b A

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf kapital yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Tabel 1. menunjukkan bahwa interaksi inokulasi *B. japonicum* dan mikroba pelarut fosfat secara sinergis mampu meningkatkan jumlah nodula efektif. Inokulasi *B. japonicum* dengan dosis 5 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 50 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan jumlah nodula efektif dibanding dosis inokulasi *B. japonicum* dengan dosis 0 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 0 kg ha⁻¹.

Jumlah Nodula Tidak Efektif, dan Diameter Nodula Efektif

Hasil analisis ragam menunjukkan tidak terdapat pengaruh interaksi secara sinergis antara inokulasi pupuk hayati (*B. japonicum*) dan mikroba pelarut fosfat terhadap jumlah nodula tidak efektif dan diameter nodula efektif ($p < 0.05$). Inokulasi *B. japonicum* secara mandiri menunjukkan terdapat pengaruh nyata terhadap jumlah nodula tidak efektif dan diameter nodula efektif. Inokulasi mikroba pelarut fosfat secara mandiri

menunjukkan tidak terdapat pengaruh nyata terhadap jumlah nodula tidak efektif, tetapi menunjukkan pengaruh nyata terhadap diameter nodula efektif. Perbandingan antar rata-rata perlakuan dilakukan dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5% dan hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih dapat menurunkan jumlah nodula tidak efektif, tetapi pada dosis yang lebih tinggi menunjukkan tidak terdapat perbedaan dibanding dosis 0 g kg⁻¹ benih. Inokulasi *B. Japonicum* pada 5 g kg⁻¹ benih hingga 15 g kg⁻¹ benih dapat meningkatkan diameter nodula efektif dibanding dosis 0 g kg⁻¹ benih.

Inokulasi mikroba pelarut fosfat pada dosis 50 kg ha⁻¹ hingga 150 kg ha⁻¹ tidak menurunkan jumlah nodula efektif, tetapi pada dosis 50 kg ha⁻¹ hingga 150 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan diameter nodula efektif dibanding dosis 0 g kg⁻¹ benih.

Tabel 2. Pengaruh Pemberian Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Bio-fosfat terhadap Jumlah Nodula Inefektif dan Ukuran Nodula Efektif.

Perlakuan	Jumlah Nodula Inefektif (Buah)	Diameter Nodula Efektif (mm)
Dosis Inokulan <i>B. japonicum</i>		
0 g kg ⁻¹ benih	16.91 b	3.99 a
5 g kg ⁻¹ benih	9.04 a	4.06 b
10 g kg ⁻¹ benih	18.90 b	4.12 c
15 g kg ⁻¹ benih	18.04 b	4.16 d
Dosis Mikroba Pelarut Fosfat		
0 kg ha ⁻¹	15.59 a	4.06 a
50 kg ha ⁻¹	11.73 a	4.09 b
100 kg ha ⁻¹	17.59 a	4.09 bc
150 kg ha ⁻¹	17.18 a	4.10 c

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Nisbah Pupus Akar (P/A)

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi secara sinergis antara dosis inokulan pupuk hayati (*B. japonicum*) dan mikroba pelarut fosfat terhadap nisbah pupus akar ($p>0.05$). Hasil perbandingan antar rata-rata perlakuan dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 50 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan jumlah nodula efektif hingga 110,23% dibanding dosis inokulasi *B. japonicum* pada dosis 0 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 0 kg ha⁻¹.

Tabel 3. Pengaruh Pemberian Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Bio-fosfat terhadap Nisbah Pupus Akar (P/A).

Inokulan <i>B. japonicum</i>	Mikroba Pelarut Fosfat			
	0 kg ha ⁻¹	50 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹
0 g kg ⁻¹ benih	23.88 a	25.07 ab	24.46 a	26.27 b
	A	B	AB	B
5 g kg ⁻¹ benih	24.30 a	27.28 b	25.10 a	24.03 b
	A	B	A	A
10 g kg ⁻¹ benih	26.33 a	23.12 a	24.22 a	21.37 a
	B	AB	B	A
15 g kg ⁻¹ benih	24.34 a	26.02 ab	24.86 a	24.82 b
	A	A	A	A

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai huruf kecil yang sama (arah vertikal) dan huruf kapital yang sama (arah horizontal) tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan 5%.

Indeks Luas Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan tidak terdapat pengaruh interaksi secara sinergis antara inokulasi pupuk hayati (*B. japonicum*) dan mikroba pelarut fosfat terhadap indeks luas

daun ($p<0.05$). Inokulasi *B. japonicum* secara mandiri menunjukkan pengaruh nyata terhadap indeks luas daun. Inokulasi mikroba pelarut fosfat secara mandiri menunjukkan tidak terdapat pengaruh nyata terhadap terhadap

indeks luas daun. Perbandingan antar rata-rata perlakuan dilakukan dengan menggunakan Uji

Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5% dan hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 4. Pengaruh Pemberian Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Bio-fosfat terhadap Indeks Luas Daun.

Perlakuan	Indeks Luas Daun
Dosis Inokulan <i>B. Japonicum</i>	
0 g kg ⁻¹ benih	1.43 a
5 g kg ⁻¹ benih	1.64 b
10 g kg ⁻¹ benih	1.83 c
15 g kg ⁻¹ benih	1.87 c
Dosis Mikroba Pelarut Fosfat	
0 kg ha ⁻¹	1.63 a
50 kg ha ⁻¹	1.68 a
100 kg ha ⁻¹	1.71 a
150 kg ha ⁻¹	1.75 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Tabel 4 menunjukkan bahwa inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih hingga 15 g kg⁻¹ benih dapat meningkatkan indeks luas daun.. Inokulasi mikroba pelarut fosfat pada dosis 50 kg ha⁻¹ hingga 150 kg ha⁻¹ menunjukkan tidak dapat meningkatkan indeks luas daun dibanding dosis 0 kg ha⁻¹ h.

Jumlah polong isi, Jumlah Polong Hampa, dan Bobot Polong per Tanaman

Hasil analisis ragam tidak menunjukkan pengaruh interaksi secara sinergis inokulasi *B. japonicum* dan mikroba pelarut fosfat terhadap

jumlah polong isi, jumlah polong hampa, dan bobot polong per tanaman. Inokulasi *B. japonicum* secara mandiri menunjukkan pengaruh nyata terhadap jumlah polong isi dan bobot polong per tanaman, tetapi tidak nyata terhadap jumlah polong. Inokulasi Mikroba Pelarut Fosfat secara mandiri menunjukkan pengaruh tidak nyata terhadap jumlah polong isi dan bobot polong per tanaman, tetapi nyata terhadap jumlah polong hampa. Hasil perbandingan antar rata-rata perlakuan dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Pemberian Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Bio-fosfat terhadap Jumlah Polong Isi dan Jumlah Polong Hampa

Perlakuan	Jumlah Polong Isi (Buah)	Jumlah Polong Hampa (Buah)	Bobot Polong per tanaman (g)
Dosis Inokulan <i>B. Japonicum</i>			
0 g kg ⁻¹ benih	92.91 a	2.57 a	32.79 a
5 g kg ⁻¹ benih	107.82 b	2.48 a	38.43 b
10 g kg ⁻¹ benih	110.00 b	2.45 a	38.30 b
15 g kg ⁻¹ benih	109.75 b	2.47 a	39.85 b
Dosis Mikroba Pelarut Fosfat			
0 kg ha ⁻¹	102.84 a	2.83 b	36.47 a
50 kg ha ⁻¹	104.27 a	2.58 ab	38.14 a
100 kg ha ⁻¹	106.97 a	2.37 ab	38.17 a
150 kg ha ⁻¹	106.41 a	2.18 a	36.59 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata Menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Tabel 5 menunjukkan bahwa bahwa inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih hingga 15 g kg⁻¹ benih dapat meningkatkan jumlah polong isi dan bobot polong, tetapi tidak menurunkan jumlah polong hampa per tanaman dibanding 0 g kg⁻¹ benih. Inokulasi mikroba pelarut fosfat pada dosis 50 kg ha⁻¹ hingga 150 kg ha⁻¹ tidak dapat meningkatkan jumlah polong isi dan bobot polong, tetapi dapat menurunkan jumlah polong hampa per tanaman dibanding dosis 0 kg ha⁻¹.

Bobot 100 biji, Bobot Biji per Tanaman, dan Bobot Biji per Petak

Hasil analisis ragam tidak menunjukkan pengaruh interaksi secara sinergis antara inokulasi *B. japonicum* dan Mikroba Pelarut Fosfat terhadap bobot 100 biji, bobot biji per tanaman dan bobot biji per petak. Inokulasi *B. japonicum* secara mandiri menunjukkan pengaruh nyata terhadap bobot 100 biji, bobot biji per tanaman dan bobot biji per petak. Inokulasi mikroba pelarut fosfat secara mandiri menunjukkan pengaruh tidak nyata terhadap bobot 100 biji, bobot biji per tanaman dan bobot biji per petak. Hasil perbandingan antar rata-rata perlakuan dengan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Pemberian Inokulan Pupuk Hayati (*B. japonicum*) dan Bio-fosfat terhadap Bobot 100 biji, Bobot Biji per Tanaman dan Bobot Biji per Petak

Perlakuan	Bobot 100 Biji	Bobot Biji per Tanaman (g)	Bobot Biji per Petak (kg)
<i>Dosis Inokulan B. Japonicum</i>			
0 g kg ⁻¹ benih	13.51 a	24.88 a	2.59 a
5 g kg ⁻¹ benih	13.72 ab	29.16 b	3.03 b
10 g kg ⁻¹ benih	13.90 ab	29.05 b	3.02 b
15 g kg ⁻¹ benih	14.30 b	30.23 b	3.14 b
<i>Dosis Mikroba Pelarut Fosfat</i>			
0 kg ha ⁻¹	13.57 a	27.67 a	2.88 a
50 kg ha ⁻¹	14.09 a	28.93 a	3.01 a
100 kg ha ⁻¹	13.96 a	28.96 a	3.01 a
150 kg ha ⁻¹	13.82 a	27.76 a	2.89 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata Menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Tabel 6 menunjukkan bahwa bahwa inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih hingga 15 g kg⁻¹ benih dapat meningkatkan bobot 100 biji, bobot biji per tanaman, dan bobot biji per petak dibanding dosis 0 g kg⁻¹ benih. Inokulasi mikroba pelarut fosfat pada dosis 50 kg ha⁻¹ hingga 150 kg ha⁻¹ tidak dapat meningkatkan bobot 100 biji, bobot biji per tanaman, dan bobot biji per petak dibanding dosis 0 g kg⁻¹ benih.

Pembahasan

Inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 50 kg ha⁻¹ secara sinergis dapat meningkatkan jumlah nodula efektif sebesar 110,48% dan nisbah pupus akar sebesar 13,83%. Secara mandiri dosis Inokulasi *B. japonicum* 5 g kg⁻¹ benih menurunkan jumlah nodula tidak efektif

sebesar 46,54%, meningkatkan diameter nodula efektif sebesar 1,75%,

Inokulasi *B. japonicum* meningkatkan populasi *B. japonicum* yang efektif dalam jumlah optimum, sehingga dapat berkembangbiak, membentuk koloni dan mendominasi daerah perakaran tanaman kedelai, sehingga mampu bersaing dengan strain *B. japonicum* indigenous. Kehadiran *B. japonicum* merangsang tanaman kedelai untuk mensekresikan senyawa flavonoid ke rizosfer (Hubber et al., 2006), kemudian *B. japonicum* menanggapi dengan mensekresikan *lipochitooligosaccharide* yang dikenal sebagai nod faktor (Ferguson, 2010). Nod faktor menginduksi proses pembentukan dan deformasi rambut akar, pembentukan primordia nodula akar dan memainkan peran kunci selama inisiasi nodula akar (D'Haeze dan

Holsters, 2002), sehingga terbentuk sejumlah nodula akar yang efektif dan dengan demikian menurunkan jumlah nodula akar yang tidak efektif.

Pada saat yang sama, tanaman kedelai juga harus memperoleh hara P dari tanah, karena hampir setiap aspek dari simbiosis antara akar tanaman kedelai dan *B. japonicum* dipengaruhi dan akhirnya dibatasi oleh ketersediaan hara P. Nodula akar tanaman kedelai merupakan pemanfaat hara P, dan memiliki kapasitas yang kuat untuk mengambil P dari dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertukaran antara senyawa karbon hasil fotosintesis tanaman inang dan bakteroid terdapat aliran bersih P yang keluar dari nodula akar untuk melengkapi siklus hidupnya (McDermott, 2004).

Inokulasi mikroba pelarut fosfat meningkatkan kadar P larut dalam tanah melalui mekanisme pelarutan fosfat secara kimia yang dilakukan oleh mikroorganisme pelarutan fosfat (*P. fluorescen*, *Bacillus* Sp. dan *A. niger*). Mikroorganisme tersebut mensekresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat, suksinat tartrat, sitrat laktat, α -ketoglutarat, asetat, formiat, glikolat, glutamat, glioksilat, malat, fumarat, selanjutnya asam-asam organik ini bereaksi dengan bahan pengikat fosfat membentuk khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat (Santosa, 2007). Fosfor berperan penting dalam meningkatkan inisiasi pembentukan dan pengembangan fungsi nodula akar (Shu-Jie *et al.* 2007; Abbasi *et al.*, 2008; Waluyo *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2009), namun perannya dalam proses itu tetap masih belum jelas (Tsvektova, 2003).

Inokulasi *B. japonicum* pada dosis 5 g kg⁻¹ benih dan mikroba pelarut fosfat 50 kg ha⁻¹ secara sinergis meningkatkan ketersediaan hara N dan P secara optimal yang mempengaruhi “keseimbangan fungsional” dalam partisi bahan kering antara tajuk dan akar. Pada tanaman kedelai yang bergantung pada N simbiosis, translokasi fotosintat ke tanaman bagian bawah digunakan untuk pertumbuhan dan fungsi nodula dan akar selama fase pertumbuhan vegetatif, sehingga meningkatkan jumlah nodula efektif dan bobot akar yang akhirnya mempengaruhi nisbah pupus akar.

Dosis Inokulasi *B. japonicum* 5 g kg⁻¹ benih meningkatkan indek luas daun sebesar

14,69%, meningkatkan jumlah polong sebesar 16,04%, menurunkan jumlah polong hampa sebesar 3,62%, meningkatkan bobot polong per tanaman sebesar 17,20%, meningkatkan bobot 100 biji sebesar 1,55%, meningkatkan bobot biji per tanaman sebesar 17,20%, dan meningkatkan bobot biji per petak sebesar 16,99%. Dosis 150 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan diameter nodula efektif hingga 0,98% dan menurunkan jumlah polong hampa 29,82%. Peningkatan ini berkaitan dengan ketersediaan N bagi tanaman yang dihasilkan melalui fiksasi N₂ dari udara oleh *B. japonicum*. Ureides merupakan hasil akhir dari fiksasi N₂ dari udara oleh *B. japonicum* yang ditranslokasikan ke tajuk (White *et al.*, 2007) dan dialokasikan pada organ-organ vegetatif sebelum fase pengisian biji (Schulz *et al.*, 2005), termasuk pada daun. Menurut Hikosaka (2003) bahwa luas daun bertambah, karena pertumbuhan daun baru yang ditunjang oleh fotosintesis, dan kapasitas fotosintesis ditentukan oleh distribusi cahaya dan nitrogen daun.

Polong yang tumbuh menggunakan sejumlah besar nitrogen dan karbon (Fischinger dan Schulze, 2010). Serapan N, asimilasi C dan alokasi keduanya antar organ memainkan peran tertentu dan asimilasi C terkait dengan distribusi N pada daun dan organ fotosintesis lainnya, serta proses fotosintesis secara keseluruhan (Gastal, 2002). Tanaman kedelai yang bergantung pada N simbiosis, pasokan C selama pengisian biji sebagian besar bergantung pada fotosintesis secara langsung, sedangkan pasokan N selama pengisian biji, diperoleh dari remobilisasi N dari organ vegetatif (daun, dinding polong, batang) (Schulz *et al.*, 2005) dan/atau dari nodula akar (Fischinger dan Schulze, 2010).

Menurut Dubbs (2000) pengembangan biji merupakan sink yang kuat, bergantung pada produk penyimpanan dan remobilisasi asimilasi karbon dan nitrogen untuk memasok nutrisi yang dibutuhkan untuk pematangan biji. Namun, remobilisasi N dari jaringan vegetatif dapat menurunkan kapasitas fotosintesis karena mempercepat senescen daun, yang akhirnya memperpendek periode pengisian biji. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan pengisian biji tanpa mengurangi kuantitas dan kualitas biji yang dihasilkan perlu mengurangi ketergantungan pada N remobilisasi dengan meningkatkan pasokan N yang diantaranya dengan

memperpanjang aktivitas fiksasi N₂ simbiosis (Salon, 2001).

Menurut Fischinger dan Schulze (2010) pada pembentukan dan pengisian polong, fiksasi N₂ tanaman lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan vegetatif dan aktivitas nodula akar pun meningkat kurang lebih 25 %. sehingga polong tumbuh dengan cepat dan memiliki jaringan yang mengandung N yang tinggi. Hal ini akan berdampak pada meningkatnya jumlah polong isi dan bobot polong. Bobot polong akan berkorelasi positif dengan peningkatan bobot biji.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa adanya interaksi antara inokulasi *B. japonicum* dengan mikroba pelarut phosphate, dan dosis 150 kg ha⁻¹ mampu menghasilkan pertumbuhan dan hasil yang lebih baik.

SARAN

Upaya meningkatkan produksi kedelai disarankan untuk melakukan inokulasi *B. japonicum* pada benih sebelum di tanam dengan dosis 5 g kg⁻¹ benih.

DAFTAR PUSTAKA

- D'HAENZE W, HOLSTERS M. 2002. Nod factor structures, responses, and perception during initiation of nodule development. *Glycobiology*. Jun;12(6):79R-105R. doi: 10.1093/glycob/12.6.79r. PMID: 12107077.
- DUBBS, W. E., & GRIMES, H. D. (2000). The mid-pericarp cell layer in soybean pod walls is a multicellular compartment enriched in specific lipoxygenase isoforms. *Plant physiology*, 123(4), 1281–1288. <https://doi.org/10.1104/pp.123.4.1281>.
- FISCHINGER, S. A. AND SCHULZE, J. 2010. The importance of nodule CO₂ fixation for the efficiency of symbiotic nitrogen fixation in pea at vegetative growth and during pod formation. *Journal of Experimental Botany*, Page 1 of 11.
- GASTAL, F. AND LEMAIRE, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53 (370): 789-799.
- HIKOSAKA, K AND NIELS P. R. ANTEN. 2012. An evolutionary game of leaf dynamics and its consequences for canopy structure. *Functional ecology*. Volume 26, Issue 5. October 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02042.x>
- HUBBER, A. M., SULLIVAN, J.T., DAN RONSON C.W. 2006. Symbiosis-Induced Cascade Regulation of the *Mesorhizobium loti* R7A VirB/D4 Type IV Secretion System. *MPMI* Vol. 20, No. 3, pp. 255–261.
- ISHERWORD, K. F. 1998. Fertilizer use and environment. In: N. Ahmed and A. Hamid (eds.), *Proc. Symp. Plant Nutrition Management for Sustainable Agricultural Growth*. NFDC, Islamabad. pp. 57-76.
- KHAN, A.A., JILANI, G., AKHTAR, M.S., NAQVI, S.M.S, RASEED, M. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. *J. Agric. Biol. SCI.* 1(1): 48-58.
- Mc. DERMOTT, T. R. DAN GRAHAM, P.H. 1989. *Bradyrhizobium japonicum* Inoculant Mobility, Nodule Occupancy, and Acetylene Reduction in the Soybean Root System. *Appl Environ Microbiol.* 55(10): 2493–2498.
- NIELSEN, R. L. 2006. N Loss Mechanisms and Nitrogen Use Efficiency. *Purdue Nitrogen Management Workshops*, Purdue University.
- RAUN, W. R. DAN JOHNSON, G. V. 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. *Review dan Interpretation. Agronomy Journal*, Volume 91:357–363.
- SANTOSA, E. 2007. Mikroba Pelarut Fosfat. Dalam Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R.D.M. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Selected reading, hlm. 55-68. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan.
- SALON, C. NATHALIE G. MUNIER-JOLAIN, GÉRARD DUC, ANNE-SOPHIE VOISIN, DAVID GRANDGIRARD, et al.. 2001 Grain legume seed filling in relation to nitrogen acquisition: A review and prospects with particular reference to pea. *Agronomie*,

- EDP Sciences, , 21 (6-7), pp.539-552.
ff10.1051/agro:2001143ff.
- SCHULZ, T.J., THELEN, K.D., AND WANG, D. 2005. Effect of *Bradyrhizobium japonicum* Inoculant on Soybean Growth and Yield. Michigan State University, Crop and Soil Science Department
- SINGH T. DAN PUROHIT, S.S. 2011. Biofertilizer Technology. Agrobios (India).
- SHU-JIE, M., YUN-FA, Q., XIAO-ZENG, H.. 2007. Nodule Formation and Development in Soybeans (*Glycine max* L.) in Response to Phosphorus Supply in Solution Culture. *Pedosphere* 17(1):36-43.
- TSVETKOVA, G. & GEORGIEV, G. 2003. Growth, Nodulation and Dinitrogen Fixation Related to the Changes of Phosphate Fractions of Nodules and Leaves of Phosphorus Starved Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Plants. *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*, vol.56, p.9:47
- VANCE C.P. 2001. Symbiotic Nitrogen Fixation and Phosphorus Acquisition. *Plant Nutrition in a World of Declining Renewable Resources*. *Plant Physiology* vol. 127 no. 2 390-397.
- WALUYO S.H., LIEB T. A. DAN MANNETJE L. 2004. Effect of Phosphate on Nodule Primordia of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in Acid Soils in Rhizotron experiments Indonesian of soybean 37-44.
- WASULE, D., WADYALKAR S. AND BULDEO, A., 2007. Effect of phosphate solubilizing bacteria on role of Rhizobium on nodulation by soybean. First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization Developments in Plant and Soil Sciences, Volume 102, 139-142, DOI: 10.1007/978-1-4020-5765-6-20.
- ZAREI, I., SOHRABI, Y., HEIDARI, G.R., JALILIAN, A. AND MOHAMMADI, K. 2012. Effects of biofertilizers on grain yield and protein content of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(27), pp. 7028-7037.