PENGARUH METODE APLIKASI *AZOTOBACTER* TERHADAP HASIL KEDELAI (*GLYCINE MAX* (L.) MERILL) DI LAHAN KERING

EFFECT OF *AZOTOBACTER* APPLICATION METHOD ON YIELD OF SOYBEAN (*GLYCINE MAX* (L.) MERILL) ON DRY LAND

Reginawanti Hindersah¹, Rara Rahmatika Risanti¹, Ibnu Haikal¹, Yuliati Mahfud¹, Nenny Nurlaeny¹, Meddy Rachmadi²

¹Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

²Departemen Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
E-mail: reginawanti@unpad.ac.id

Diterima: 1 Mei 2019, disetujui 13 Desember 2019

ABSTRACT

Biofertilizer which contain rhizobacteria Azotobacter increase soil fertility and improve plant growth through nitrogen fixation and phytohormone production. The objective of this study was to compare the responses of soybean (Glycine max (L.) Merrill) plants in dry land after the application of several Azotobacter inoculation methods. Field experiments were carried out with a randomized block design consisting of five treatments with five replicates each. The treatments were seed inoculation, soil treatment before planting, soil treatment after planting and plant dressing. Plant inoculation with Azotobacter treated with half of recommended dosage urea while the control plant received recommended dose urea. The experimental results showed that all application methods did not affect soybean production, number of nodules, Azotobacter populations in the rhizosphere and N total soil; but influenced N uptake and soybean seeds weight. The results suggested that best inoculation method was by spraying on the leaves. This experiment explained that all Azotobacter application methods did not increase soybean cv Arjasari yield but plant dressing method might be suggested since it increased nitrogen uptake and weight of 100 soybean seeds

Keywords: *Azotobacter, Nodule, Nitrogen, Biofertilizer*

ABSTRAK

Pupuk hayati dengan bahan aktif rizobakteri *Azotobacter* mampu meningkatkan kesuburan tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen dan produksi fitohormon. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan respons tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di lahan kering setelah aplikasi beberapa metode inokulasi *Azotobacter*. Percobaan lapangan dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas lima perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan yang diuji adalah inokulasi *Azotobacter* melalui benih, tanah sebelum tanam, tanah setelah tanam dan tajuk tanaman. Pertanaman dengan inokulasi *Azotobacter* diberi pupuk urea 50 % dari dosis rekomendasi sedangkan tanaman kontrol mendapatkan urea dosis rekomendasi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa seluruh metode aplikasi tidak mempengaruhi produksi kedelai, jumlah nodula, populasi *Azotobacter* di rizosfer dan N total tanah; tetapi berpengaruh terhadap serapan N dan bobot biji kedelai. Penelitian ini menjelaskan bahwa seluruh metode aplikasi *Azotobacter* tidak meningkatkan hasil kedelai cv. Arjasari tetapi inokulas dengan metode penyemprotan pada daun dapat disarankan karena meningkatkan serapan nitrogen dan bobot 100 biji kedelai.

Kata Kunci: Kata kunci: *Azotobacter*, Nodula, Nitrogen, Pupuk Hayati

PENDAHULUAN

Permintaan kedelai terus meningkat, namun tidak diimbangi oleh produksi dalam negeri. Produktivitas nasional kedelai adalah sekitar 1,5 t/ha untuk menghasilkan kedelai sebanyak 859.653 ton pada 2016 dan 538.728 ton pada tahun 2017 (Kementrian Pertanian, 2017); lebih rendah daripada tahun 2015 (Badan Pusat Statistik, 2015) yang mencapai 963.183 ton. Oleh karena itu, industri pengolahan kedelai tergantung kepada kedelai impor.

Ekstensifikasi kedelai banyak dilakukan di lahan kering dengan tanah ordo Inceptisols yang luasnya mencapai sekitar 70,5 juta ha atau 37,5% dari total luas daratan Indonesia (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 2000). Inceptisols memiliki tingkat kesuburan rendah dan masam meskipun sifat fisik baik (Abdurachman *et al.*, 2008). Kendala ketersediaan nutrisi nitrogen (N) di Inceptisols umumnya diatasi dengan pupuk anorganik. Pada pertanian berkelanjutan, pemupukan berimbang yang terdiri atas pupuk organik, anorganik dan pupuk hayati dianjurkan.

Kedelai bersimbiosis dengan *Bradyrhizobium* pada bintil akar yang penting untuk penyediaan N. Aplikasi pupuk hayati *Rhizobium*/*Bradyrhizobium* telah banyak dilakukan di pertanaman kedelai untuk mengoptimalkan aktivitas fiksasi nitrogen, dan mempertahankan ataupun meningkatkan hasil tanaman (Ntambo *et al.*, 2017; Adeyeye *et al.*, 2017). Inokulasi ganda *B. japonicum* dengan *Azotobacter* pada kondisi rumah kaca telah dilaporkan dapat meningkatkan nodulasi, serapan unsur hara N serta produksi kedelai (Kozziel *et al.*, 2013; Sara *et al.*, 2014).

Azotobacter adalah rizobakteri pemfiksasi nitrogen hidup bebas, penghasil fitohormon (kukreja *et al.*, 2004); serta eksopolisakarida (EPS) yang terdiri atas asam organik dan polisakarida (Gauri *et al.*, 2012; Hindersah *et al.*, 2015). *Azotobacter* akan memberikan keuntungan terhadap perkembangan akar dan imobilisasi *Rhizobium* di rizosfer yang menginduksi pembentukan nodula serta kualitas hasil tanaman dan peningkatan serapan N kedelai (Burns *et al.*, 1981).

Efektivitas pupuk hayati *Azotobacter* dapat ditingkatkan dengan metode aplikasi yang tepat baik melalui benih, daun maupun tanah. Namun metode aplikasi akan berbeda untuk setiap tanaman. Inokulasi pupuk hayati yang efektif dan efisien dapat dilakukan melalui perlakuan benih (Sharma *et al.*, 2014). Pada tanaman anggur pengaruh aplikasi pupuk hayati melalui daun meningkatkan bobot tandan buah dan ukuran buah tetapi tidak mempengaruhi kualitas (Nagy dan Pinter, 2015).

Penelitian metode aplikasi inokulan cair *Azotobacter* pada pertanaman kedelai di lahan belum banyak. Belum ada informasi mengenai respons tanaman kedelai dan juga hasilnya akibat perbedaan metode inokulasi. Penelitian ini penting dilakukan karena program swasembada kedelai Kementrian Pertanian RI mengarah pada ekstensifikasi di lahan masam seperti Inceptisols. Tujuan penelitian lapangan ini adalah membandingkan respons tanaman terutama nodulasi dan serapan N serta produksi kedelai setelah aplikasi *Azotobacter* melalui benih (*seed dressing*), tanah (*top dressing*) dan tajuk tanaman (*foliar dressing*).

METODE PENELITIAN

Penelitian experimental dilaksanakan pada Juli-November 2015 di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, pada ketinggian 765 meter di atas permukaan laut. Tanah di lahan percobaan adalah Inceptisols dengan pH 5,8, bertekstur liat dengan kesuburan tanah rendah. Inceptisols mengandung C-organik rendah 1,58%, N-total rendah 0,2%, CN 8, P_2O_5 dan K_2O total rendah masing-

masing 14,27mg/100 g dan 19,02 mg/100 g, Kapasitas Tukar Kation tanah dan Kejenuhan Basa sedang masing-masing 21,7 cmol/kg⁻¹ dan 56,6% sedang. Benih Kedelai cv. Arjasari jenis *determinate* (pertumbuhan terhenti setelah tanaman berbunga) adalah koleksi Program Studi Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian. Bakteri *Azotobacter* sp. dan *Bradyrhizobium* diisolasi dari rizosfer kedelai yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Kacang dan Umbi Malang.

Rancangan Percobaan

Percobaan lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan lima perlakuan metode aplikasi pupuk hayati *Azotobacter* adalah:

Kontrol, tanpa *Azotobacter*

Inokulasi ke benih dengan dosis 3 L/ha

Inokulasi ke tanah sebelum tanam dengan dosis 3 L/ha

Inokulasi ke tanah setelah tanam dengan dosis 6 L/ha (3 dan 4 MST)

Inokulasi ke tajuk tanaman dengan dosis 6 L/ha (3 dan 4 MST)

Seluruh perlakuan diulang lima kali dan di setiap petak terdapat 100 lubang tanam. Tanaman dipelihara sampai panen, parameter yang diamati terdiri atas 1) tinggi tanaman pada 5 MST, 2) jumlah nodula akar per tanaman pada saat vegetatif maksimum (5 MST), 3) Serapan N tanaman kedelai pada saat vegetatif maksimum (5 MST), 4) Bobot per 100 biji dan bobot kering udara biji kedelai per petak.

Seluruh data dianalisis dengan analisis ragam, uji F pada taraf kepercayaan 95%, jika terdapat perbedaan nyata efek perlakuan terhadap

parameter yang diukur maka dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%.

Pelaksanaan Percobaan

Pengolahan tanah dilakukan dengan cangkul sedalam 25 cm, kemudian di atas lahan dibuat 5 petak dengan 5 ulangan yang memanjang dari arah utara–selatan. Parit selebar 50 cm dan sedalam 25 cm dibuat di antara petak dan di sekeliling lahan. Tanah sedalam 20 cm di setiap petak dicampur dengan 2 ton/ha kotoran sapi (1,5 kg/petak) dan diinkubasi satu minggu. Kotoran sapi mengandung C-organik 33,5%, C/N 18, N total 1,8%, P 1,2% dan K 3,71%.

Benih kedelai untuk seluruh perlakuan kecuali kontrol dan inokulasi benih direndam dengan inokulan *Bradyrhizobium* kepadatan 10^6 CFU/mL yang dicampur dengan gum arabic 1% (b/v). Dua benih kedelai cv. Arjasari dengan daya kecambah 95% ditanam di dalam tugal dengan kedalaman 3 cm pada jarak tanam 15 cm di dalam bedengan; penjarangan pada saat 2 MST menyisakan satu tanaman terbaik yang dipelihara sampai masa panen.

Pupuk hayati *Azotobacter* diaplikasikan sesuai dengan metode perlakuan yang diberikan. Inokulasi benih dilakukan dengan merendam benih kedelai di dalam inokulan cair mengandung *Azotobacter* sp. dan *Bradyrhizobium* dengan kepadatan 10^6 CFU/mL yang ditambah dengan gum arabic 1% (b/v). Inokulasi pada tanah menggunakan inokulan cair sebanyak 3 L/ha dengan kepadatan sel 10^8 CFU/mL pada kadar 5%; inokulan dicampurkan bersama dengan pupuk organik saat persiapan lahan. Inokulasi pada tanah setelah tanam dilakukan dengan menyiramkan inokulan *Azotobacter* ke sekitar

perakaran tanaman pada 3 dan 4 MST dengan dosis 6 L ha^{-1} pada kadar 5%. Inokulasi pada daun dilakukan dengan menyemprotkan inokulan cair *Azotobacter* sp. ke permukaan daun kedelai pada 3 dan 4 MST dengan dosis 6 L/ha pada kadar 5%.

Pupuk urea diberikan setengah dosis perlakuan sebanyak $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$ pada saat tanaman berumur 2 MST; petak kontrol mendapatkan 100% pupuk urea sebanyak 75 kg/ha. Pupuk SP-36 dan KCl dosis rekomendasi masing-masing 100 kg/ha diaplikasikan pada 2 minggu setelah tanam (MST) dan 4 MST. Serangan hama ulat penggulung daun (*Omidia indicata*) mencapai 10% dari seluruh total tanaman sehingga dilakukan penyemprotan pestisida dengan bahan aktif deltamethrin 25 g/L. Penyemprotan ke seluruh bagian tanaman dilakukan pada saat 7 MST dan 14 MST dengan konsentrasi 0,1%. Pestisida dengan bahan aktif yang sama disemprotkan untuk mengendalikan hama lalat buah, belalang, dan thrips pada saat tanaman mulai berpolong (7 MST) dan 3 minggu setelahnya (10 MST).

Sampel untuk analisis nodula, populasi *Azotobacter* di rizosfer; serta kadar N tanah dan tajuk diambil dari lima titik sampel acak yang digabungkan menjadi sampel komposit. Nodula efektif yang berwarna merah muda dihitung dari seluruh bagian akar. Tanah rizosfer dikoleksi dari tanah di permukaan akar setelah akar dikibaskan untuk menghilangkan bongkahan tanah. Sampel tanah untuk analisis N diambil dari dua titik pada jarak 3 cm dari batang kedelai, dikeringanginkan dan dianalisis dengan metode Kjeldahl. Tajuk tanaman dikeringkan sampai bobot konstan pada 60°C

sebelum kadar N tajuk dianalisis dengan metode Kjeldahl. Umur panen tanaman kedelai cv. Arjasari adalah sekitar 100 hari; panen polong kedelai dilakukan secara bertahap mulai 98 hari sampai 103 hari. Polong dikeringkan dan dijemur sampai 3 hari sebelum berat polong ditimbang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan pada musim kemarau dan hujan tidak turun sama sekali pada Juli sampai September. Curah hujan di bulan Oktober dan November hanya masing-masing 0,3 mm dan 5,1 mm. Tanaman disiram setiap hari tetapi pertumbuhan tetap terhambat dan tanah kering sehingga perkembangan akar serabut (lateral) di menjadi terhambat. Di akhir fase vegetatif, akar serabut kedelai pada percobaan ini tidak sebanyak akar kedelai normal (Gambar 1). Akibatnya, tinggi tanaman pada 6 MST di akhir fase vegetatif pada saat mulai berbunga hanya sekitar 20 cm padahal tinggi kedelai cv Arjasari dapat mencapai 72 cm.

Gambar 1 Arsitektur akar kedelai di fase vegetatif akhir (kiri) tidak seintensif kedelai pada umumnya (kanan).
Sumber gambar kanan: Prince et al., 2019

Perlakuan metode aplikasi *Azotobacter* tidak memengaruhi jumlah nodula, populasi *Azotobacter* maupun N total tanah tetapi meningkatkan serapan N di tajuk tanaman (Tabel 1). Pembentukan bintil akar merepresentasikan interaksi antara bakteri N simbiotik rizobia

dengan akar tanaman. Jumlah nodula pada semua perlakuan dalam percobaan hanya 4-6 buah. Faktor pembentukan nodula terutama tergantung dari kadar N di tanah (Xia et al., 2017); kemasaman, kelembaban dan suhu tanah (Al Falih, 2002); serta inokulasi *Bradyrhizobium* (Bhuiyan et al., 2008).

Nitrogen total di tanah setelah percobaan (Tabel 1) termasuk rendah yang mendukung pembentukan nodula (Xia et al., 2017). Suhu dan kelembaban tanah selama penelitian tidak diukur namun kekeringan dapat meningkatkan suhu dan menurunkan kelembaban yang menurunkan nodulasi (Al Falih, 2002). kekeringan menghambat proliferasi *Azotobacter* dan rizobia serta infeksi rizobia ke akar. Rendahnya jumlah nodula juga disebabkan oleh strain *Bradyrhizobium* yang diinokulasikan tidak resistens terhadap kekeringan. Penelitian kedelai di Indonesia memperlihatkan jumlah nodula per tanaman adalah antara 2-78 (Lestari dan Harsono, 2017); Kumalasari et al., 2013;

Meitasari dan Wicaksono, 2017) tergantung dari perlakuan pemupukan. Suatu penelitian di rumah kaca bahkan memperlihatkan nodul akar kedelai yang hanya berjumlah <8 pada berbagai perlakuan pemupukan organik maupun hayati (Lestari dan Harsono, 2017).

Inokulasi *Azotobacter* tidak memengaruhi populasinya di rizosfer kedelai meskipun Populasi *Azotobacter* di tanah meningkat daripada sebelum percobaan 10^4 CFU/g. Peningkatan populasi bakteri karena adanya eksudat yang dilepaskan akar dan menjadi sumber nutrisi bakteri (Dennis et al., 2010). Nitrogen total tanah adalah 0,18-0,21%

tidak berbeda dengan sebelum percobaan yaitu 0,2%. Seluruh metode inokulasi *Azotobacter* tidak menambah N tanah seperti yang diharapkan padahal kadar N tanah rendah. Hal ini diduga karena fiksasi nitrogen oleh *Azotobacter* mungkin tidak intensif karena dibatasi oleh kekeringan yang menyebabkan terhambatnya penyediaan energi untuk fiksasi nitrogen yang berasal dari bahan organik tanah.

Seluruh tanaman diinokulasi dengan *Bradyrhizobium* tetapi inokulasi ganda dengan *Azotobacter* melalui daun meningkatkan serapan N (Tabel 1). *Azotobacter* memproduksi hormon auksin, sitokinin dan giberelin (Kukreja *et al.*, 2004); aplikasi inokulan cair melalui daun memudahkan hormon diserap oleh tanaman dan meningkatkan perakaran untuk menyerap N.

Metode aplikasi tidak mempengaruhi hasil meskipun secara nominal terdapat bobot kedelai per petak setelah aplikasi *Azotobacter* (Tabel 2). Tanaman hanya mengandung sedikit nodula (Tabel 1) sehingga urea akan berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif yang

selanjutnya akan memperbanyak cabang penghasil polong.

Pada petak dengan inokulasi, penyakit rebah kecambah yang disebabkan oleh *Phytophthora* spp. menyerang terutama petak dengan inokulasi daun dan inokulasi tanah segera setelah kedelai berkecambah. *Phytophthora* spp. mematikan tanaman sehingga populasi tanaman menurun sampai 15% dan berpengaruh terhadap hasil (Lamichhane *et al.*, 2017). Namun Inokulasi *Azotobacter* melalui daun dengan nyata meningkatkan kualitas hasil yang diperlihatkan oleh meningkatnya bobot 100 biji (Tabel 2). *Azotobacter* menghasilkan N; aplikasi melalui daun meningkatkan serapan N tanaman (Tabel 1) yang berperan meningkatkan luas daun. Perkembangan area daun selain ditentukan oleh alokasi karbon juga tergantung dari serapan N (Gastal and Lemaire, 2002). Luas area daun tidak diukur pada percobaan ini tetapi (Suroso dan Sodik, 2016) menjelaskan bahwa pada percobaan lapangan, bobot biji kedelai berbanding lurus dengan luas daun.

Hasil percobaan lapangan ini kurang sejalan dengan hasil peneliti lain di rumah kaca. Tinggi

Tabel 1 Pengaruh metode inokulasi *Azotobacter* terhadap jumlah nodula, populasi *Azotobacter* di rizosfer, nitrogen total tanah dan serapan nitrogen tajuk kedelai pada 5 minggu setelah tanam

Metode Inokulasi	Nodula efektif per tanaman	Populasi <i>Azotobacter</i> (10^5 CFU/mL)	N total tanah (%)	Serapan N (mg/tan)
Tanpa <i>Azotobacter</i> sp	6,1	6,4	0,18	130,6 a
Inokulasi pada benih	6,8	8,4	0,21	154,7 ab
Inokulasi pada tanah sebelum tanam	5,4	9,1	0,21	150,9 ab
Inokulasi pada daun	4,4	1,2	0,19	190,3 b
Inokulasi pada tanah setelah tanam	5,5	1,0	0,20	119,9 a

Keterangan: Angka yang ditandai dengan huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95 %.

Tabel 2 Pengaruh metode inokulasi *Azotobacter* terhadap hasil dan kualitas hasil

Metode Inokulasi	Bobot 100 biji (g)	Bobot biji per petak (g)	Produktivitas (t/ha)*
Tanpa <i>Azotobacter</i> sp	16,2 bc	128.7	2,1
Inokulasi pada benih	15,6 b	106.4	1,7
Inokulasi pada tanah sebelum tanam	14,8 ab	108.2	1,8
Inokulasi pada daun	17,1 c	88.6	1,4
Inokulasi pada tanah setelah tanam	14,4 a	69.4	1,2

Keterangan : Angka yang ditandai dengan huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf kepercayaan 95 %.

*Dihitung berdasarkan berat biji per petak dan luas petak.

tanaman, panjang akar dan berat kering tanaman maupun serapan N kedelai yang diberi suspensi EPS *Azotobacter* di pot lebih besar daripada tanaman kontrol (Sara et al, 2014). Dilaporkan pula bahwa inokulasi dengan *R. leguminosarum* dan *A. chroococcum* yang meningkatkan proliferasi rhizobia di rizosfer, jumlah nodula faba bean, serapan nutrisi dan air di bawah kondisi kekurangan air di rumah kaca (Dashadi et al., 2011; Rawat et al., 2012). Pada percobaan ini, kemampuan isolat *Azotobacter* terhadap kekeringan belum teruji. Hambatan utama pertanian di lahan tidak beririgasi adalah kekeringan, penelitian adaptasi diperlukan untuk mengembangkan *Azotobacter* yang resisten terhadap kekeringan karena secara alami *Azotobacter* dapat bertahan di tanah kering melalui pembentukan sista (Shirinbayan et al., 2019).

Pada percobaan ini pengendalian hama tidak optimal. Di semua petak, pada fase vegetatif penyakit bulai yang disebabkan oleh fungi *Sclerospora*, ulat penggulung daun *Omidia* Kutu daun *Aphis glycines* menyerang daun sejak 3 MST yang akan menurunkan hasil (Marwoto et al, 2017). Kepik polong (*Riportus linearis*) dan penggerek polong

Etiella spp. serta penyakit bulai menyerang polong ditandai dengan lubang gerek pada polong. Hama menyerang di hampir setiap tandan polong; sekitar 80% tanaman terserang dan pemberian insentisida kurang efektif. Serangan hama dan penyakit menurunkan hasil di seluruh petak meskipun potensi produktivitasnya masih pada kisaran hasil kedelai cv. Arjasari yaitu 1,03 ton/ha–4,6 ton/ha (Balitkabi, 2016).

KESIMPULAN

Seluruh metode aplikasi inokulan cair *Azotobacter* tidak meningkatkan hasil kedelai cv. Arjasari dibandingkan tanpa inokulasi tetapi produktivitas kedelai masih berada di kisaran potensi produksinya meskipun terdapat serangan hama penyakit. Percobaan ini memperlihatkan bahwa inokulasi *Azotobacter* yang dilakukan dengan metode penyemprotan pada daun lebih berpotensi untuk diterapkan karena meningkatkan serapan nitrogen dan bobot 100 biji kedelai. Inokulasi tambahan dengan strain *Azotobacter* unggul untuk meningkatkan nodulasi perlu dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini adalah bagian dari penelitian Strategis Nasional yang dibiayai oleh Dirjen Pendidikan Tinggi TA 2015. Penulis berterimakasih kepada Dr. Arief Harsono dari Balai Penelitian Tanaman Kacang dan Umbi Malang yang telah menyediakan rizosfer tanaman kedelai sebagai sumber isolat *Azotobacter* dan *Bradyrhizobium*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., A. Dariah, A. Mulyani. 2008. *Strategi dan Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Mendukung Pengadaan Pangan Nasional*. J. Litbang, 27(2):43-39.
- Adeyeye, A.S., A.O.Togun, A.B. Olaniyan, W.B. Akanbi. 2017. *Effect of Fertilizer and Rhizobium Inoculation on Growth and Yield of Soyabean Variety (Glycine max L. Merrill)*. Adv. Crop Sci. Tech. 5(1), pp 9
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Data Produksi Kedelai*. www.bps.go.id [20/01/2019].
- Balitkabi. 2016. *Deskripsi Varietas Unggul Kedelai Kedelai 1918-2016*. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/wp-content/uploads/2016/09/kedelai.pdf>
- Biswas B., P.M. Gresshoff. 2014. *The Role of Symbiotic Nitrogen Fixation in Sustainable Production of Biofuels*. Int. J. Mol. Sci. 15:7380-7397.
- Bhuiyan, D. Khanam, M.F. Hossain, M.S. Ahmed. 2008. *Effect of Rhizobium Inoculation on Nodulation and Yield of Chickpea in Calcareous Soil*. Bangladesh J. Agril. Res., 33(3): 549-554.
- Burns Jr, T.A., P.E. Bishop, and D. W. Israel. 1981. *Enhanced nodulation of leguminous plant roots by mixed cultures of Azotobacter vinelandii and Rhizobium*. Plant and Soil, 62:399-412.
- Dashadi, M., H. Khosravi, A. Moezzi, H. Nadian. 2011. *Co-Inoculation of Rhizobium and Azotobacter on Growth Indices of Faba Bean under Water Stress in the Green House Condition*. Adv. Studies Biol. 3(8):373 – 385.
- Dennis, P.G., A.J. Miller, P.R. Hirsch. 2010. *Are Root Exudates More Important than Other Sources of Rhizodeposits in Structuring Rhizosphere Bacterial Communities?* FEMS Microbiol. Ecol. 72 :313–327.
- [Gastal, F.](#), G. Lemaire. 2002. *N Uptake and Distribution in Crops: An Agronomical and Ecophysiological Perspective*. [J. Exp. Bot.](#), 53(370):789-99.
- Gauri, SS., Mandal SM, Pati BR. 2012. *Impact of Azotobacter Exopolysaccharides on Sustainable Agriculture*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 95(2):331-338.
- Hindersah, R. 2015. *Pertumbuhan dan Komposisi Eksopolisakarida Bakteri Pemfiksasi Nitrogen Azotobacter spp. pada Media yang Mengandung Kadmium*. Pros. Sem. Nas. Biodiv. Indon. 1(6):1543-1746
- Kementrian Pertanian RI. 2017. *Data Lima Tahun Terakhir, Tanaman Pangan Angka Tetap (Tanpang ATAP), Sub Sektor Tanaman Pangan* <http://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61> [02/04/2018]

- Kukreja, K., S. Suneja, S. Goyal, N. Narula. 2004. *Phytohormone Production by Azotobacter - A Review*. Agric. Rev. 25 (1):70-75.
- Kumalasari, I.D., E.D. Astuti, E.Prihastanti. 2013. *Pembentukan bintil akar tanaman kedelai (Glycin max (L) Merrill) dengan perlakuan jerami pada masa inkubasi berbeda*. J. Sains Matematika. 21(4):103-107
- Lamichhane, J.R., C. Dürr, A.A. Schwanck, et al. *Integrated management of damping-off diseases. A review*. Agron. Sustain. Dev. (2017) 37: 10.
- Lestari, S.A.D., A. Harsono. 2017. *Pengaruh Pembenah Tanah dan Inokulan Rhizobium Terhadap Hasil Kedelai Pada Tanah Ultisol*. Bul. Palawija, 15(1):8-14.
- Marwoto, S. Hardaningsih, A. Taufiq. 2017. *Hama dan Penyakit Tanaman Kedelai Identifikasi dan Pengendaliannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian. Bogor
- Meitasari, A.D., Wicaksono, K.P. 2017. *Inokulasi Rhizobium dan Perimbangan Nitrogen Pada Tanaman Kedelai (Glycine max (L) Merrill) varietas Willis*. Plantropica J. Agric. Sci., 2(1)-55-63.
- Nagy, P.T., T. Pintér. 2015. *Effects of Foliar Biofertilizer Sprays on Nutrient Uptake, Yield, and Quality Parameters of Blaufrankish (Vitis vinifera L.) Grapes*, Comm. Soil Sci. Pl. Anal. 46:sup1, 219-227.
- Ntambo, M.S., I. S. Chilinda, A. Taruvinga, S. Hafeez, T. Anwar, R. Sharif, C. Chambi, L. Kies. 2017. *The Effect of Rhizobium Inoculation with Nitrogen Fertilizer on Growth and Yield of Soybeans (Glycine max L.)*. Int. J. Biosci. 10(3):163-172.
- [Péter Tamás Nagy & Tamás Pintér. 2015. Effects of Foliar Biofertilizer Sprays on Nutrient Uptake, Yield, and Quality Parameters of Blaufrankish \(Vitis vinifera L.\) Grapes. Comm \(Abstract\). Soil Sci. Pl. Anal. 46, Issue Sup1:Speciel Issue of the 13th International Symposium on Soil and Plant Analysis.](#)
- Prince, S.J., B. Valliyodan, H. Ye, M. Yang, S. Tai, W. Hu, M. Murphy, L. A. Durnell, L. Song, T. Joshi, Y. Liu, J. Van de Velde, K. Vandepoele, J. G. Shannon, H. T. Nguyen. 2019. *Understanding Genetic Control of Root System Architecture in Soybean: Insights into The Genetic Basis of Lateral Root Number*. Plant Cell Environ., 42 (1):212–229.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. *Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia, skala 1:1.000.000*. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian, Bogor
- Rawat, A.K., D.L.N. Rao, R.K. Sahu. 2012. *Effect of Soybean Inoculation with Bradyrhizobium and Wheat Inoculation with Azotobacter on Their Productivity and N Turnover in a Vertisol*. Arch. Agron. Soil Sci. 12:1-13.
- Sara, D.S., R. Hindersah. M. R. Setiawati. 2014. *Peningkatan Populasi Bradyrhizobium di Rizosfer dan Pertumbuhan Vegetatif Kedelai Melalui*

- Aplikasi Eksopolisakarida *Azotobacter*
Prosiding Seminar Nasional MIPA
2014. 319-323.
- Sharma, I. J., R.K. Samnotra, V. Kumar. 2014.
*Influence of Biofertilizer Application
Methods and Inorganic Fertilizer on
Growth, Seed yield and Economics
Cost of Okra (Abelmoschus esculentus
(L.) Moench) under Sub-Tropical
Irrigated Area of Jammu. Int. J. Agric.
Sci. 10(1):322-328.*
- Shirinbayan, S., H. Khosrav, M. J. Malakouti.
2019. *Alleviation of drought stress in
maize (Zea mays) by inoculation with
Azotobacter strains isolated from
semi-arid regions. Appl. Soil Ecol.,
133:138–145.*
- Suroso, B., A. J. Sodik. 2016. *Potensi Hasil dan
Kontribusi Sifat Agronomi terhadap
Hasil Tanaman Kedelai (Glycine max
L. Merrill) pada Sistem Pertanaman
Monokultur. Agritrop Jurnal Ilmu-Ilmu
Pertanian, 14(2):124-133*
- Xia, X., C. Ma, S. Dong, Y. Xu, Z. Gong. 2017.
*Effects of Nitrogen Concentrations on
Nodulation and Nitrogenase Activity
in Dual Root Systems of Soybean
Plants. Soil Sci.*