

Inokulasi Mikroba Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat Tunggal serta Konsorsia pada Kedelai Varietas Grobogan di Tanah Ultisol Rangkasbitung

Jati Purwani dan Elsanti

Balai Penelitian Tanah Bogor

E-mail: jati_purwani6243@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan N pada tanaman kedelai dapat dilakukan melalui inokulasi *Rhizobium* sp. Selain itu *Azotobacter* sp. juga menyediakan hara N nonsimbiotik. Peningkatan produktivitas lahan masam terkendala oleh fiksasi P, Al maupun Fe. Untuk melepaskan P yang terfiksasi dapat menggunakan mikroba pelarut P. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pemanfaatan mikroba penambat N dan pelarut P dalam memperbaiki pertumbuhan kedelai pada tanah Ultisol. Tanaman kedelai ditanam di dalam polibag yang diisi tanah masam dari Rangkasbitung, Banten. Kedelai varietas Grobogan digunakan sebagai tanaman indikator. Perlakuan adalah mikroba penambat N tunggal maupun konsorsia dengan mikroba pelarut P, yang disusun dengan rancangan acak kelompok tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas: (1) *Rhizobium* sp (R), (2) *Azotobacter* sp, (3) Bakteri pelarut P (BP), (4) Fungi pelarut fosfat (FP), (5) R + A, (6) R + BP, (7) R + FP, (8) A + BP, (9) A + FP, (10) BP + FP, (11) R + BP + FP, (12) A + BP + FP, (13) R + A + BP + FP, (14) Kontrol (tanpa inokulasi). Hasil penelitian menunjukkan aplikasi bakteri *Rhizobium* sp berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil akar, bobot kering akar, bobot segar dan bobot kering tanaman, sedangkan *Azotobacter* sp berpengaruh hanya pada kering akar, bobot segar dan bobot kering tanaman. Inokulasi BP atau FP memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering akar, bobot segar dan bobot kering tanaman. Perlakuan A + FP memberikan pengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati.

Kata kunci: kedelai, inokulasi, nitrogen fosfat, tanah masam

ABSTRACT

Inoculation of nitrogen fixing and phosphate solubilizer microbes on Grobogan variety grown in Ultisols. Inoculation of *Rhizobium* is undertaken to meet the nitrogen need of soybean plants. In addition, *Azotobacter* sp provides non-symbiotic nitrogen. The increase of productivity of acid soil is constrained by phosphate, aluminium, and iron fixation, and phosphate solubilised bacteria is applied to release the fixed P. The objective of the experiment was to examine the use of nitrogen fixing and phosphate solubilizer microbes on improving the growth of soybean plants grown in Ultisol. The pot trial used the acidic soils obtained from Rangkasbitung, Banten District, and Grobogan variety was used as planting material. There were 14 bacteria application treatments i.e. (1) *Rhizobium* sp (R), (2) *Azotobacter* sp (A), (3) P solubilizer bacteria (BP), (4) P solubilizer fungi (FP), (5) R + A, (6) R + BP, (7) R + FP, (8) A + BP, (9) A + FP, (10) BP + FP, (11) R + BP + FP, (12) A + BP + FP, (13) A + R + BP + FP, and (14) control with no inoculation. These treatments were arranged in a randomized block design with three replications. The result showed that application of *Rhizobium* sp significantly affected the number of nodules, root dry weight, fresh and dry weight of plants. Whereas *Azotobacter* sp affected the weight of dried roots, fresh and dry weight of plants. Inoculation of BP or FP significantly affected plant height, root length and its dry weight, fresh and dry weight of plants.

Application of A + FP gave significant effect on all parameters observed.

Keywords: soy bean, inoculation, nitrogen, phosphate, acid soil

PENDAHULUAN

Upaya meningkatkan produksi kedelai untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri antara lain melalui program intensifikasi maupun ekstensifikasi, salah satu kendala dalam program tersebut adalah jenis tanah yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian tidak memenuhi syarat pertumbuhan kedelai, diantaranya adalah tanah masam yang meliputi Podsolik Merah Kuning dan Latosol. Lahan kering masam dicirikan oleh tingkat kemasaman tinggi ($\text{pH} < 5,5$), ketersediaan unsur-unsur N, P, K, Ca, dan Mg rendah serta Al_{d} tinggi (Harsono *et al.* 2012) sering menjadi kendala untuk mencapai hasil optimal. Untuk meningkatkan produktivitas tanaman, upaya yang umum dilakukan adalah penggunaan kombinasi amelioran dan pupuk, dan pupuk hayati. Produktivitas tanaman yang rendah pada lahan masam salah satunya disebabkan oleh rendahnya hara fosfor (P) yang tersedia di dalam tanah. Tanaman kedelai membutuhkan banyak P untuk mampu memproduksi tinggi, sehingga perlu diupayakan pembebasan hara P yang terfiksasi di dalam tanah (Ginting *et al.* 2006).

Unsur hara yang membatasi produktivitas tanaman adalah nitrogen. Inokulasi *Rhizobium* sp. maupun *Azotobacter* sp. bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah telah sering dilakukan namun hasilnya bervariasi, bahkan kadang-kadang tidak meningkatkan hasil tanaman. Kontribusi rizobakteri hidup bebas terhadap nitrogen tanah sekitar 15 kg N/ha/tahun lebih rendah daripada kontribusi bakteri pemfiksasi nitrogen simbiosis yang mencapai 24–584 kg N/ha/tahun (Shantharam dan Mattoo 1997). Bakteri *Rhizobium* sp. dan tanaman kedelai mempunyai simbiosis yang saling menguntungkan.

Tanaman kedelai memberikan karbohidrat dan perlindungan pada bakteri. Sebaliknya bakteri mengkonversi nitrogen atmosfer menjadi bentuk yang kompleks yang dapat diserap tanaman. Nurzal dan Yunizar (1995), melaporkan inokulasi *Rhizobium* sp. dan pemupukan nitrogen berpengaruh terhadap tinggi dan bobot kering tanaman kedelai pada umur 45 HST, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah dan bobot bintil akar.

Biji kedelai mengandung protein tinggi ($\pm 30\text{--}50\%$), sehingga tanaman membutuhkan unsur hara, terutama hara N selama pertumbuhannya (Richard dan Henry 1984 dalam Widawati *et al.* 2015). Tanaman yang mempunyai kandungan protein yang tinggi membutuhkan banyak unsur hara, terutama N (Purwaningsih dan Saefudin 2012). Hara N dapat ditambat dari udara maupun dari dalam tanah agar tersedia bagi tanaman.

Bakteri pelarut fosfat (BPF) di dalam tanah mempunyai kemampuan melepas P dari ikatan Fe, Al, Ca, dan Mg, sehingga P tersedia bagi tanaman. Banyak bakteri yang mempunyai kemampuan melepas P dari ikatan Fe, Al salah satunya adalah *Pseudomonas* (Rao 1994). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bakteri *Rhizobium* sp., *Azotobacter* sp., bakteri dan fungi pelarut fosfat baik tunggal maupun konsorsia untuk memperbaiki pertumbuhan kedelai pada tanah Ultisol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah Polibag diisi tanah masam kering angin dari Rangkasbitung, Banten sebanyak 150 g/polibag. Tanaman indikator

adalah kedelai Varietas Grobogan. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri atas 14 perlakuan dengan 3 ulangan. Perlakuan adalah inokulasi mikroba penambat N maupun pelarut P, baik tunggal maupun konsorsia yaitu: (1) *Rhizobium* sp (R), (2) *Azotobacter* sp (A), (3) Bakteri pelarut P (BP), (4) Fungi pelarut fosfat (FP), (5) R + A, (6) R + BP, (7) R + FP, (8) A + BP, (9) A + FP, (10) BP + FP, (11) R + BP + FP, (12) A + BP + FP, (13) R + A + BP + FP, (14) Kontrol (tanpa inokulasi). Inokulasi mikroba dilakukan bersamaan pada saat tanam dengan cara mencampurkan benih dengan inokulum perlakuan hingga merata (dosis 10^9 CFU/ml) di sekeliling permukaan benih. Benih ditanam 1 butir/polibag, tiap unit percobaan terdiri atas 5 polibag. Pengamatan dilakukan hingga terbentuk bunga. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bintil, panjang akar, bobot akar, dan bobot tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah

Tanah Ultisol dari Rangkasbitung Banten bertekstur liat, bersifat masam, kandungan bahan organik sedang, N, P, dan K rendah, kejenuhan basa rendah. Hal ini menunjukkan tingkat kesuburan tanah rendah (Tabel 1). Kedelai dapat tumbuh baik pada tanah dengan pH 5,8–7. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa pH tanah belum memenuhi syarat pertumbuhan kedelai yang baik.

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia tanah Ultisol Rangkasbitung, Banten.

No.	Jenis Penetapan	Hasil	Kriteria
1.	Tekstur		
	Pasir	11	
	Debu	32	Liat
2.	Liat	57	
	pH		Masam
	H ₂ O	4,5	
3.	KCl	3,9	
	Bahan Organik		
	C (%)	2,58	Sedang
4.	N (%)	0,21	Sangat rendah
	C/N	12	
	P ₂ O ₅ (HCL 25%, mg/100g)	17	Rendah
5.	K ₂ O (HCL 25%, mg/100g)	9	Rendah
	P ₂ O ₅ (Bray 1-ppm)	3,45	Rendah
6.	Nilai Tukar Kation		
	Ca (cmol/kg)	1,88	Sangat rendah
	Mg (cmol/kg)	0,74	Sangat rendah
	K (cmol/kg)	0,16	Rendah
	Na (cmol/kg)	0,15	Rendah
	Jumlah	2,93	
7.	KTK (cmol/kg)	11,34	Rendah
8.	Kejenuhan Basa (%)	26	Rendah

Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun

Perlakuan inokulan bakteri maupun fungi berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai pada 4 minggu setelah tanam (MST). Pemberian inokulan A+BP+FP meningkat-

kan tinggi tanaman dan paling tinggi (57,3 cm), sama dengan perlakuan R+A +BP+FP (57,3 cm), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan R+FP, A+FP, R+BP+FP. Pemberian inokulan pupuk hayati secara majemuk (konsorsia) menambah tinggi tanaman kedelai, lebih baik dibandingkan dengan pemberian inokulan secara tunggal (Tabel 2). Namun perlakuan tersebut tidak menunjukkan perbedaan nyata untuk parameter jumlah daun.

Hutasoit (2011) menyatakan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh unsur N yang tersedia di tanah. Perlakuan inokulan meningkatkan tinggi tanaman. Peningkatan tinggi tanaman kedelai pada perlakuan inokulan secara konsorsia diduga disebabkan penambatan N dari udara dan pelarutan fosfat dalam tanah masam akibat aktivitas bakteri penambat N dan pelarut P yang diinokulasikan. *Rhizobium*, *Azotobacter* dan *Azospirillum* nyata meningkatkan penambatan N₂, dan mampu meningkatkan hasil 5–25% (James dan Olivarres 1997). Menurut Rao (1994), mikroba pelarut fosfat mensekresikan sejumlah asam organik seperti asam formiat, asetat, propionat, laktonat, glikolat, fumarat, dan suksinat yang mampu membentuk khelat dengan kation-kation seperti Al dan Fe. Asam tersebut berpengaruh terhadap pelarutan fosfat, sehingga P menjadi tersedia dan dapat diserap tanaman (Rao 1994), namun tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun (Tabel 3). Pada lahan masam Rangkasbitung Banten, inokulasi mikroba penambat N akan lebih meningkatkan tinggi tanaman apabila dikombinasikan dengan fungsi P. Kombinasi dengan bakteri pelarut P saja tidak nyata menambah tinggi tanaman.

Tabel 2. Tinggi tanaman dan jumlah daun kedelai Varietas Grobogan pada umur 4 MST.

No.	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun per tanaman
1.	<i>Rhizobium</i> (R)	43,50 a	7,33 a
2.	<i>Azotobacter</i> (A)	49,50 a	7,00 a
3.	Bakteri P (BP)	49,33 a	6,67 a
4.	Fungi P (FP)	49,00 a	6,33 a
5.	R + A	50,17 a	7,0 a
6.	R + BP	50,67 ab	6,33 a
7.	R + FP	54,00 b	6,33 a
8.	A + BP	50,67 ab	7,67 a
9.	A + FP	52,83 b	6,67 a
10.	BP + FP	50,67 ab	6,33 a
11.	R + BP + FP	53,83 b	7,00 a
12.	A + BP + FP	57,50 b	6,33 a
13.	R + A + BP + FP	57,33 b	6,67 a
14.	Kontrol	45,33 a	6,67 a

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf 0,05.

Pertumbuhan Akar

Jumlah bintil akar, panjang akar dan bobot kering akar berbeda nyata antar perlakuan. Jumlah bintil akar terbanyak terdapat pada perlakuan inokulasi bakteri pelarut P (BP), diikuti oleh perlakuan inokulasi R dan R + A. Jumlah bintil akar pada perlakuan inokulasi bakteri pelarut P rata-rata 3,67 bintil/tanaman, sedangkan pada perlakuan R dan R + A masing-masing 2,33 bintil/tanaman (Tabel 3). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Mulatsih (1987) dan Suharjo (2001), bahwa inokulasi *Rhizobium* sp meningkatkan jumlah

bintil akar dan bobot bintil akar. Menurut Freire (1977) dan Rao (1979), bintil akar efektif mampu memfiksasi N dari udara dan mengkonversi N menjadi asam amino bagi tanaman kedelai. Namun pengaruh inokulasi *Rhizobium* sp. terhadap jumlah bintil akar tidak sebaik perlakuan inokulasi bakteri P, hal ini diduga pengaruh bakteri pelarut P tidak langsung terhadap pembentukan bintil akar. Menurut Rao (1984), bakteri pelarut fosfat menseskresikan sejumlah asam organik seperti asam-asam format, asetat, propionat, laktonat, glikolat, dan suksinat yang mampu membentuk khelat dengan kation Al dan Fe, sehingga mempengaruhi pH tanah yang mendukung pertumbuhan dan aktivitas *Rhizobium*. Pengaruh inokulasi mikroba penambat N maupun pelarut P terhadap pembentukan bintil akar di lahan masam Rangkasbitung menunjukkan pemberian isolat tunggal bakteri P (BP) meningkatkan jumlah bintil akar dan berbeda nyata dibandingkan dengan isolat campuran (konsorsia) dan kontrol, kecuali perlakuan R dan R + A.

Akar terpanjang dicapai oleh perlakuan A + FP, rata-rata 31,67 cm, diikuti oleh A + BP (29,33 cm), BP (28,00 cm) dan FP (27,33). Hal ini menunjukkan inokulasi bakteri/fungi pelarut fosfat menyebabkan pertumbuhan akar kedelai pada tanah masam Rangkasbitung menjadi lebih baik. Mikroba pelarut fosfat membentuk khelat dengan kation Al dan Fe, sehingga tidak menghambat pertumbuhan akar. Alexander (1977) menambahkan bahwa sebagian besar bakteri pelarut fosfat berada dan mengkolonisasi dekat perakaran, mikroorganisme pelarut fosfat mampu mendominasi rizosfer pada tanah dengan kandungan P rendah (Yafizham 2003).

Inokulasi bakteri penambat N dan pelarut fosfat berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar kedelai varietas Grobogan. Bobot kering akar tertinggi terdapat pada perlakuan *Rhizobium* (0,41 g/tanaman). *BradyRhizobium japonicum* juga menghasilkan lendir dari karbohidrat permukaan sel yang sebagian besar berupa polisakarida ekstraseluler (EPS) dan berfungsi sebagai toleransi terhadap asam (Lounch *et al.* 2001). Dengan demikian perkembangan akar menjadi lebih baik, sehingga bobot kering akar menjadi tinggi. Sementara itu hasil penelitian Arinong (2005) inokulasi *BradyRhizobium* tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar tanaman kedelai pada tanah gambut.

Azotobacter sp. secara sendiri (tunggal) menghasilkan bobot kering akar lebih rendah dibandingkan dengan apabila dikombinasikan dengan bakteri P maupun fungsi P. Peningkatan bobot kering akar perlakuan A + FP sebesar 31,7% dibandingkan dengan perlakuan A.

Pertumbuhan Bagian Tajuk

Beberapa perlakuan inokulasi berpengaruh nyata terhadap bobot segar dan bobot kering tanaman kedelai varietas Grobogan (Tabel 4). Perlakuan inokulasi meningkatkan bobot kering tajuk dan tinggi tanaman, hal ini menunjukkan bintil akar efektif yang terbentuk mampu memberikan sumbangan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai melalui fiksasi N (Freire 1977). Rao (1979) mengungkapkan bahwa bintil akar efektif mampu memfiksasi N dari udara dan mengkonversi N menjadi asam amino untuk disumbangkan kepada tanaman kedelai.

Tabel 3. Jumlah bintil akar, panjang akar, dan bobot kering akar kedelai Varietas Grobogan pada umur 4 MST.

No.	Perlakuan	Jumlah bintil akar per tanaman	Panjang akar (cm)	Bobot kering akar (g/tanaman)
1	<i>Rhizobium</i> (R)	2,33 bc	24,00 a	0,41 d
2	<i>Azotobacter</i> (A)	1,00 a	21,67 a	0,37 cd
3	Bakteri P (BP)	3,67 c	28,00 bc	0,35 bc
4	Fungi P (FP)	1,67 b	27,33 bc	0,38 cd
5	R + A	2,33 bc	23,67 a	0,39 cd
6	R + BP	1,00 a	21,67 a	0,32 b
7	R + FP	0,33 a	23,67 ab	0,30 ab
8	A + BP	1,33 a	29,33 bc	0,28 ab
9	A + FP	1,67 b	31,67 c	0,34 bc
10.	BP + FP	1,00 a	25,67 b	0,26 a
11.	R + BP + FP	1,33 a	23,67 ab	0,26 a
12.	A + BP + FP	0,33 a	25,33 b	0,30 ab
13.	R + A + BP + FP	1,00 a	24,67 ab	0,30 ab
14.	Kontrol	0,33 a	20,33 a	0,28 a

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf 0,05.

Tabel 4. Bobot segar dan bobot kering tanaman kedelai Varietas Grobogan pada umur 4 MST.

No.	Perlakuan	Bobot segar tanaman (g)	Bobot kering tanaman (g)
1.	<i>Rhizobium</i> (R)	6,69 ab	1,80 b
2.	<i>Azotobacter</i> (A)	6,91 ab	1,86 b
3.	Bakteri P (BP)	6,69 ab	1,65 b
4.	Fungi P (FP)	7,30 b	1,83 b
5.	R + A	7,25 ab	1,84 b
6.	R + BP	6,47 ab	1,64 b
7.	R + FP	6,86 ab	1,83 b
8.	A + BP	5,58 a	1,42 a
9.	A + FP	6,37 ab	1,67 b
10.	BP + FP	5,55 a	1,41 a
11.	R + BP + FP	5,43 a	1,36 a
12.	A + BP + FP	5,84 a	1,49 a
13.	R + A + BP + FP	5,97 a	1,61 b
14.	Kontrol	5,01 a	1,32 a

Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan (DMRT) pada taraf 0,05.

Bobot segar tanaman kedelai tertinggi terdapat pada perlakuan fungi P (FP) yaitu 7,30 g/tanaman. Sedangkan bobot kering tertinggi terdapat pada perlakuan *Azotobacter* sp. (A) yaitu 1,86 g/tanaman, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan *Rhizobium* (R), *Azotobacter* (A), Bakteri P (BP), Fungi P (FP), R + A, R + BP, R + FP, A + FP, dan R + A + BP + FP. Inokulasi *Azotobacter* sp. perlu dilakukan karena rizobakteri ini berperan sebagai agen peningkat pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Hindersah dan Simarmata 2004). *Azotobacter* sp. diketahui mampu mensintesis substansi yang secara biologis aktif meningkatkan perkecambahan biji, pertumbuhan tanaman, vitamin B, asam indol asetat, giberelin, dan sitokinin (Wedhastris

2002; Husen 2003; Ahmad *et al.* 2005). Selain itu *Azotobacter* sp juga berperan dalam pengendalian pertumbuhan tanaman seperti produksi fitohormon yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Hindersah *et al.* 2000 dalam Danapriatna *et al.* 2013), dan memiliki kemampuan dalam metabolisme senyawa fenol, halogen, hidrokarbon, dan berbagai jenis pestisida (Munir 2006). Perlakuan mikroba konsorsia penambat N maupun pelarut P tidak memberikan pengaruh nyata terhadap bobot segar maupun bobot kering tanaman kedelai Varietas Grobogan dengan perlakuan mikroba tunggal.

KESIMPULAN

Mikroba penambat N dan pelarut fosfat secara konsorsia berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah bintil akar, panjang akar, bobot segar tanaman dan bobot kering tanaman kedelai varietas Grobogan. Isolat mikroba, baik mikroba penambat N maupun pelarut P, mempengaruhi jumlah bintil akar. Aplikasi bakteri *Rhizobium* sp. berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil, bobot kering akar, bobot segar dan bobot kering tanaman, sedangkan *Azotobacter* sp. hanya berpengaruh pada bobot kering akar, bobot segar dan bobot kering tanaman. Inokulasi bakteri pelarut fosfat (BP) atau fungi pelarut fosfat (FP) berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering akar, bobot segar dan bobot kering tanaman. Perlakuan *Azotobacter* sp. + fungi pelarut fosfat (FP) memberikan pengaruh nyata terhadap semua parameter yang diamati.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., L. Ahmad. and M. S. Khan. 2005. Indole Acetic Acid Production by the Indigenous Isolates of *Azotobacter* and Fluorescent *Pseudomonas* in The Presence and Absence and Absence of Tryptofan. *Turk. J Biol.* 29: 29–34
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. Second Edition. John Willey and Sons. Inc. Canada. 467 p.
- Arinong, A. R. 2005. Inokulasi Berbagai Strain Brady*Rhizobium* Japonicum terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai di Lahan Sawah. *Agrosistem* 1(1):1–12.
- Danapriatna, N., Hutagalung, B., Hinderah, R. 2013. Optimasi Produksi Hormon, Nitrogen Total dan Kepadatan Sel *Azotobacter* pada Inokulasi Cair Melalui Penambahan Fe dan Mo. *Jurnal Agroteknos.* 3(7):115–120.
- Freire, J.R.J. 1977. Inoculation of Soybean. In J.M. Vincent, A.S. Whitney and J. Bose (eds.). Exploiting the Legumes-*Rhizobium* symbiosis in tropical agriculture. Dept. Agron. Soil Sci., Hawaii University. pp. 335–379.
- Ginting, R.C. B., R. Saraswati, dan E. Husen. 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Dalam Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorim, D., dan Hartatik, W (Penyunting). Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 141–158.
- Harsono. A. Subandi dan Suryantini 2012. Formulasi pupuk hayati dan organik untuk meningkatkan produktivitas aneka kacang 20% ubi 40 % menghemat pupuk 50%. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2010. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 53 hlm.
- Hindersah, R. dan T. Simarmata. 2004. Potensi rhizobacteri *Azotobacter* dalam meningkatkan kesehatan tanah. *Jurnal Natura Indonesia.* 5:127–133.
- Husen E, Saraswati R. 2003. Effect of IAA-producing bacteria on the growth of hot pepper. *J Mikrobiol Indones* 8:22–26.

- Hutasoit N. 2011. Pengaruh Pemberian Pupuk Nitrogen dan Pupuk Fosfat Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Merah, (online), (nellahutasoit's blog) <http://nellahutasoit.wordpress.com>. Diakses pada tanggal 2 Maret 2016.
- James. E and F.L. Olivares. 1997. Infection and Colonization of sugarcane and other graminaceous plants by endophytic diazotrophs. *Plant Science*. 17:77–119
- Lounch, H.A. dan Miller, K.J. 2001. Synthesis of a low-molecular-weight form of exopolysaccharide by *Bradyrhizobium japonicum* USDA 110. *Appl Environ Microbiol*. 67, 1011–1014.
- Mulatsih, S. 1987. Pengaruh inokulasi *Rhizobium* dan dosis posfor terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max*(L.) Merr.). Skripsi Faperta UNIB. Bengkulu.
- Munir. E. 2006. Pemanfaatan Mikroba Dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif Untuk Pelestarian Lingkungan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara Medan. <http://library.usu.ac.id/download/e-book/erman%20munir.pdf>. Didownload 31 Maret 2016.
- Nursal, J. dan Yunizar, S. 1995. Inokulasi *Rhizobium* dan takaran pupuk urea pada tanaman kedelai. Risalah Seminar. Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukarami. Vol VIII: 128–134.
- Purwaningsih S, dan Saefudin. 2012. Pengaruh Inokulasi Bakteri Penambat Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Kedelai (*Glycine max* L) J. Tek. Ling Edisi Khusus “Hari Bumi” Jakarta, April 2012. Hlm. 13–20.
- Rao, N.S.S. 1979. Chemically and biological ly fixed nitrogen potentials and prospect. In N.S. Subba Rao (ed.). *Recent advances biological nitrogen fixation*. Oxford IBH Publ. Co. New York. pp 1–7.
- Rao, N.S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi Kedua. Jakarta: UI-Press
- Shantharam, S. Mattoo, A.K., 1997. Enhancing biological nitrogen fixation: An appraisal of current and alternative technologies for N input into plants. *Plant Soil*. 194, 205–216.
- Suharjo, UKJ. 2001. Efektivitas Nodulasi *Rhizobium japonicum* pada Kedelai yang Tumbuh di Tanah Sisa Inokulasi dan dengan Inokulasi Tambahan. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 3(1):31–35.
- Wedhastri 2002. Isolasi dan seleksi *Azotobacter* spp. Penghasil Faktor Tumbuh dan Penambat Nitrogen dari Tanah Masam. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 2002
- Widawati, S., Suliasih dan Saefudin. 2015. Isolasi dan uji efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di lahan marginal pada pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr.) var. Wilis. *Pros Semnas Masy Biodiv Indon*. Maret 2015. 1(1):59–65
- Yafizham. 2003. Aplikasi mikroba pelarut fosfat dan pupuk P terhadap produksi kacang tanah pada tanah podsolik Merah kuning. *J. Agrotropika* 8(1):18–22.