

EFEKTIVITAS INOKULAN *BRADYRHIZOBIUM* DAN GALUR MUTAN KEDELAI TERHADAP KANDUNGAN N DAN HASIL DI LAHAN MASAM

[Inokulan Effectivity of *Bradyrhizobium* and Soybean Mutant Lines Against N content and Yield in Acid Soil]

S Gantlanegara¹, J Wemay¹, Idawati¹, dan Wayan Sabe Ardjasa²

¹ Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN
² Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian
(InP2TP Taman Bogo), Lampung Tengah

ABSTRACT

One field experiment had been conducted at Institute for Research and Agricultural Technology Evaluation at Taman Bogo Field Sta, to screen some Bradyrhizobium inoculants on soybean mutant lines developed for acid soil. Inoculants evaluated were single strain B-22, and its mixed inoculants (B-22+B37), (B-22 + G49), and (B-22+TAL 102) on two soybean mutant lines No. 07 and 58, and cv. Wilis as check variety. Plant growth and N yield were determined at pod development (R4) and grain maturity (R8) stages. The effect of inoculation significantly influenced nodulation and N yield and tended to increase plant dry weight 25%. Mixed inoculant (B-22+B-37) showed good symbiotic compatibility with the three soybean genotypes tested, whereas inoculant (B-22+G49) only showed good compatibility with mutant line No. 58. Cultivar Wilis had broader symbiotic spectrum as compared to mutant line No. 07 and 58. The effect of plant genotypes, and its interaction with inoculants were significant on grain and N yield. It was observed that at pod development stage, the plant growth of mutant line No. 07 were slower than the other genotypes but it had better nutrient translocation rate to grain which resulted grain yield of cv. Wilis. The results showed that this mutant line could be developed for this area.

Kata kunci/keywords: efektifitas simbiosis/symbiotic effectiveness; *Bradyrhizobium*; mutan kedelai/soybean mutant, nitrogen; lahan masam/acid soil.

PENDAHULUAN

Pada tanaman kedelai, inokulasi benih dengan inokulan *Bradyrhizobium* pada waktu tanam umum dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan produksi. Inokulan yang digunakan dapat berupa inokulan strain tunggal atau inokulan campuran dengan kelebihan dan kekurangannya. Di Australia, hanya inokulan strain tunggal yang diproduksi untuk menghindari pengaruh dominasi dan antagonistik strain tertentu dalam suatu inokulan campuran, dan untuk memudahkan penentuan hilangnya keefektifan simbiotik serta pengontrolan kualitas (Thompson, 1980; Roughley, 1988). Sebaliknya, di Amerika Serikat inokulan campuran diproduksi secara komersial, dengan alasan sistem tersebut menyediakan

mekanisme kompensasi dalam menghadapi cekaman yang ditimbulkan oleh interaksi genotipe tanaman x strain x lingkungan yang tidak mungkin dapat ditanggulangi oleh inokulan strain tunggal (Thompson, 1980).

Inokulan campuran terdiri dari gabungan beberapa strain *Bradyrhizobium* dan atau gabungan dengan strain dari spesies lain (Roughley, 1988; Somasegaran dan Ben Bohlool, 1990; Thompson, 1980). Di Indonesia dengan areal pertanaman kedelai yang luas pada berbagai tipe tanah, diduga inokulan strain campuran lebih mampu mengantisipasi cekaman dari lingkungan dan dapat digunakan untuk menghadapi beragam galur dan varietas kedelai. Walaupun demikian, hasil pengujian di lahan masam Sitiung menunjukkan hasil biji kering maksimal diperoleh

dari kombinasi pasangan galur mutan kedelai dengan strain *Bradyrhizobium* tunggal tertentu (Gandanegara *et al*, 1993). Selain itu ada strain tunggal yang memiliki kemampuan meningkatkan kandungan N tanaman dan hasil biji kering melebihi kemampuan inokulan strain campuran (Gandanegara *etal*, 1993).

Pada makalah ini dilaporkan hasil penelitian yang bertujuan untuk menguji potensi inokulan campuran dalam meningkatkan kandungan N dan hasil biji kering galur mutan harapan kedelai Batan di lahan masam Lampung Tengah.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (InP2TP) Taman Bogo, Lampung Tengah, Sumatera pada Musim Hujan (MH) 1997/1998. Lahan yang digunakan adalah podsolik merah kuning dengan pH 4,6; N 0,15 % (Kjeldahl); P 10,54 ppm (Bray-II); C-organik 0,12%; dengan nilai kejenuhan Al 68%.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Acak Petak Terpisah dengan empat ulangan. Petak utama adalah perlakuan inokulasi *Bradyrhizobium* dan anak petak adalah galur mutan/varietas kedelai.

Petak Utama : inokulasi *Bradyrhizobium*

- 1-0 : kontrol
- 1-1 : strain tunggal B-22
- 1-2 : inokulan campuran (B-22+B-37)
- 1-3 : inokulan campuran (B-22+G-49)
- 1-4 : inokulan campuran (B-22+TAL 102).

Anak petak : galur mutan/varietas kedelai

- G-1 : galur mutan No. 07
- G-2 : galur mutan No. 58
- G-3 : varietas Wilis

Inokulan *Bradyrhizobium*

Inokulan campuran *Bradyrhizobium* yang digunakan merupakan campuran strain tunggal *Bradyrhizobium* B-22 dengan strain lain pada komposisi 1:1 dengan bahan pembawa gambut. Pembuatan inokulan dilakukan menurut metode standar (Somasegaran dan Hoben, 1995) dengan gambut steril yang telah diiradiasi sinar gamma dari sumber ⁵⁰Co pada dosis 50 kGy (Thompson, 1980). Strain dengan singkatan B (Batan) merupakan hasil isolasi dari bintil akar sejumlah varietas dan galur mutan kedelai (Gandanegara *et al*, 1996a). Strain TAL 102 berasal dari Proyek NifTAL dan Mircen, Hawaii, Amerika Serikat, sedang strain G-49 berasal dari koleksi CIRAD, Montpellier, Perancis.

Plot percobaan berukuran 4 m x 5 m dan diberi taraf kapur setara 1 t/ha seminggu sebelum tanam. Benih kedelai yang telah diinokulasi *Bradyrhizobium* ditanam pada jarak 40 cm x 15 cm. Pupuk dasar setara dengan 30 kg N/ha (urea), 90 kg P₂O₅/ha (SP-36), dan 60 kg K₂O (KCl) ditanam di samping baris tanaman.

Pada stadium pembentukan polong (R4) dilakukan pengamatan pertumbuhan tanaman dengan cara mengamati pembentukan bintil akar dan bobot kering dari 10 tanaman sampel. Tanaman bagian atas dipisah menjadi polong dan brangkasan (batang dan daun), kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 70°C selama 2x24 jam. Persentase hara N dalam sampel bagian tanaman ditentukan dengan metode Kjeldahl dan digunakan untuk mengukur kandungan N-total tanaman. Efektivitas inokulasi dievaluasi dengan menyekor pembentukan bintil akar berdasarkan jumlah dan lokasi bintil akar efektif yang terbentuk pada sistem perakaran (Peoples *et al*, 1989). Nilai skoring yang berkisar antara 0 - 5 menggolongkan status pembentukan bintil dengan

Tabel 1. Pengaruh inokulasi dan genotipe tanaman terhadap pertumbuhan pada stadium R4

Perlakuan	Bintilakar*,		Polong g/10 tanaman	Bobot tanaman,	
	Storing	Bobot g/10 tan		Brangkas	Tanaman
Inokulasi (P)					
1-0	0,00 o	0,00 b	10,67 a	54,84 a	63,51 a
1-1	1,01 b	0,39 b	14,74 a	72,22 a	86,96 a
1-2	1,38 a	1,07 a	15,11 a	72,53 a	83,64 a
1-3	1,40 a	0,90 ab	17,49 a	67,84 a	83,54 a
1-4	1,09 b	0,71 ab	14,08 a	62,02 a	76,10 a
Genotipe (G)					
G-1	1,09 b	0,98 a	12,44 a	52,32 c	64,76 b
G-2	1,05 b	0,92 a	15,75 a	65,76 b	82,50 a
G-3	1,23 a	1,10 a	15,07 a	78,41 a	93,41 a
K.K., %	14	24	33	25	25

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata pada Uji BNT 0,05
 \downarrow konversi data $\sqrt{x+0,5}$

Tabel 2. Pengaruh inokulasi dan genotipe tanaman terhadap komponen panen

Perlakuan	Bbt-100 btr, (g)	Jumpol, (bh/tanaman)	Hasil biji kering,
			ha
Inokulasi (I)			
1-0	10,34 a	13,7 a	0,75 a
1-1	10,58 a	15,8 a	0,77 a
1-2	10,84 a	12,5 a	0,91 a
1-3	11,65 a	14,8 a	0,83 a
1-4	10,59 a	17,7 a	0,68 a
Genotipe (G)			
G-1	11,93 a	13,2 a	0,87 a
G-2	10,74 b	15,8 a	0,64 b
G-3	9,74 c	15,8 a	0,86 a
K.K., (%)	7	45	28

Keterangan : Bbt = bobot kering
 Jumpol = Jumlah polong

Tabel 3. Persentase N dan kandungan N-total bagian dan keseluruhan tanaman pada stadium R4

Perlakuan	Persentase N (%) Polong, Brangkas		Kandungan N (mg N/10 tanaman),			
			R4		R8	
			Polong	Brangkas	Tanaman	Biji
Inokulan (I)						
1-0	2,12 b	2,55 a	275 a	1098 a	1373 b	1225 c
1-1	2,05 b	2,48 a	372 a	1462 a	1834 ab	1369 be
1-2	2,54 a	2,54 a	386 a	1767 a	2153 a	1745 a
1-3	2,47 a	2,56 a	461 a	1675 a	2136 a	1522 b
1-4	2,51 a	2,51 a	361 a	1280 a	1642 b	1310 c
Genotipe (G)						
G-1	2,47 a	2,19 a	312 a	1165 b	1477 b	1509 a
G-2	2,54 a	2,33 a	407 a	1530 a	1938 a	1247 b
G-3	2,58 a	2,12 a	394 a	1674 a	2064 a	1546 a
K.K., %	13	8	35	26	26	27

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata pada Uji BNT 0,05

N yang difiksasi. Nilai skoring antara 0-2 mengkategorikan pembentukan bintil akar yang miskin dengan jumlah sumbangan N dari fiksasi yang kecil atau tidak ada sama sekali. Nilai antara 2-3 mewakili pembentukan bintil akar yang sedang dengan sumbangan N dari fiksasi mungkin kurang cukup untuk kebutuhan tanaman. Nilai 3-4 mewakili pembentukan bintil akar yang baik dengan potensi fiksasi "N yang baik. Pembentukan bintil akar dan sumbangan N yang sempurna diperoleh dari nilai skoring 4-5.

Pada stadium biji masak (R8), data komponen panen (jumlah polong/tanaman, bobot 100-butir, dan hasil biji kering) dikumpulkan. Hasil biji kering dihitung berdasarkan populasi 330.000 tanaman per ha.

HASIL

Pengaruh inokulasi tampak nyata pada pembentukan bintil akar yang diamati pada stadium pertumbuhan R4. Bintil akar terbentuk pada tanaman yang diinokulasi sedangkan pada tanaman yang tidak diinokulasi tidak menunjukkan hal tersebut. Secara umum, pembentukan bintil akar paling baik diperoleh dari inokulan campuran (B-22 + B-37) dan (B-22 + G-49) yang memiliki nilai skoring sekitar 1,00 - 1,93 (Tabel 1).

Inokulasi tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman pada stadium R4, walaupun perlakuan tersebut meningkatkan bobot kering sekitar 25% dibandingkan dengan tanaman kontrol yaitu 63,51 g/10 tanaman menjadi sekitar 76,10 - 86,96 g/10 tanaman (Tabel 1). Pengaruh yang sama terlihat pada stadium masak panen (R8) terhadap komponen panen (Tabel 2).

Genotipe tanaman terlihat berpengaruh secara nyata pada pertumbuhan tanaman pada stadia R4 dan R8. Pada stadium R4, bobot brangkasan dari genotipe yang berbeda

menyebabkan perbedaan biomassa tanaman. Pada Tabel 1 terlihat bahwa pertumbuhan tanaman varietas Wilis dan galur mutan No. 58 lebih baik dibandingkan dengan galur mutan No. 07. Pengaruh nyata genotipe tanaman ditunjukkan pula pada stadium biji masak (R8) pada komponen panen (bobot 100 butir biji dan hasil biji kering) seperti diperlihatkan pada Tabel 3. Galur mutan kedelai "No. 58 memiliki produktivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan produktivitas galur mutan No. 07, walaupun pertumbuhan tanaman galur tersebut pada stadium R4 lebih baik (Tabel 1).

Pada stadium pembentukan polong R4, interaksi antara genotipe tanaman dan inokulan *Bradyrhizobium* tampak nyata terhadap kandungan N total galur mutan kedelai No. 07 dan No. 58 (Tabel 3). Kandungan N total maksimal sekitar 2000 mgN /10 tanaman diperoleh dari pasangan galur mutan kedelai No. 07 dengan inokulan (B-22 + B-37) dan galur mutan No. 58 dengan inokulan (B-22 + B-37) atau dengan (B-22 + G-49).

Pengaruh interaksi antara genotipe tanaman dengan inokulan *Bradyrhizobium* tampak pada kandungan N biji dan hasil biji kering pada R8 (Tabel 3). Pengaruh seperti yang diperlihatkan pada stadium R4 tidak dapat dipertahankan pada stadium R8.

PEMBAHASAN

Keberhasilan inokulasi bakteri *Bradyrhizobium* dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil biji kering kedelai tergantung dari faktor genetik, yaitu dari strain bakteri dan genotipe tanaman, serta faktor lingkungan yaitu jenis tanah. Pembentukan bintil akar di lahan masam terhambat karena tingkat kemasaman yang tinggi dan ketersediaan Al dalam jumlah besar. Pengamatan pada beberapa

percobaan di lahan masam menunjukkan bahwa bintil akar baru terbentuk ketika tanaman berbunga. Tingkat keberhasilan pembentukan bintil akar diukur dengan nilai skoring. Tanaman dengan nilai skoring pembentukan bintil akar 0 sampai 2, dikategorikan memiliki pembentukan bintil akar dan N yang berasal dari fiksasi dianggap kurang mencukupi kebutuhan tanaman (Peoples *et al.*, 1989). Pembentukan bintil akar dengan nilai skoring di atas 3 menunjukkan indikasi bahwa sumbangan N dari fiksasi mencukupi kebutuhan tanaman akan hara nitrogen. Pengamatan pembentukan bintil akar pada sejumlah percobaan di lahan podsolik merah kuning (PMK) dengan nilai demikian jarang diperoleh.

Perlakuan inokulasi tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman pada kedua stadia yang diamati (R4 dan R8). Diduga hal tersebut disebabkan oleh peningkatan kesuburan lahan dengan pemberian kapur 1 ton/ha. Peningkatan hara tanah tersedia seperti Ca, dan Mg dan menurunnya kadar hara mikro Al dan Mn menyebabkan pertumbuhan tanaman yang baik. Sudah diketahui secara umum bahwa inokulasi memiliki peran yang nyata terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman, N yang difiksasi, ataupun produksi terutama di lahan dengan tingkat kesuburan rendah. Sebaliknya Somasegaran dan Ben Bohlool (1990), mendapatkan bahwa inokulasi, baik dengan strain tunggal maupun dengan multi strain, tidak menyebabkan perbedaan bobot tanaman pada symbiosis tanaman kedelai dengan *Bradyrhizobium japonicum* dan tanaman chick pea dengan *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli pada kondisi mineral N tanah tersedia. Pengaruh inokulasi baru terlihat jika hara N tersebut diimobilisasi.

Produktivitas tanaman dipengaruhi oleh translokasi hara ke biji selama masa pengisian polong. Laju translokasi hara galur mutan No. 58

dianggap lebih rendah, yang tampak pada penurunan kandungan N-total sebesar 36% pada biji dibandingkan dengan kandungan N-total tanaman pada stadium R4. Pada galur mutan No.07 hampir seluruh hara N ditranslokasikan ke biji (Tabel 4). Jika keunggulan sifat fisiologis galur mutan No. 07 tersebut berkaitan erat dengan kemampuan adaptasi terhadap sifat kimia dan struktur tanah, galur mutan No. 07 memperlihatkan kesesuaian dengan lahan PMK sekitar lokasi percobaan. Kebutuhan untuk memperoleh jenis kedelai yang sesuai dengan lahan sering dilaporkan. Pengujian sejumlah galur mutan kedelai di lahan PMK dan lahan pasang surut menunjukkan adanya ke-sesuaian yang spesifik antara genotipe tanaman dengan lokasi. Di lahan PMK Sembawa Sumatera Selatan, 2 galur mutan kedelai dianggap sesuai untuk dikembangkan di wilayah tersebut, yaitu galur mutan No. 214 yang menunjukkan kemampuan fiksasi N tinggi (Saono *et al.*, 1992), dan galur mutan No. 58 yang lebih tanggap terhadap Inokulasi *Bradyrhizobium* (Gandanegara *et al.*, 1998). Namun ada pula galur mutan yang menunjukkan produktivitas dan kandungan N yang tinggi pada beberapa jenis tipologi lahan, seperti galur mutan No. 23-D, baik pada lahan dengan tipologi potensial ataupun sulfat masam di daerah pasang surut (Gandanegara *et al.*, 1993, Gandanegara, *et al.*, 1996b).

Kandungan N-total tanaman yang tinggi menunjukkan tingkat kesesuaian simbiotik (sifat kompatibilitas) yang baik antara kedua simbion tersebut. Varietas Wilis menunjukkan spektrum simbiotik yang luas yang diperlihatkan oleh kandungan N-total tanaman yang tinggi yaitu sekitar 2107-2290 mg N/10 tanaman yang tidak tergantung pada jenis inokulan yang digunakan. Dari keempat inokulan yang diuji, inokulan campuran (B-22 + B-37) menghasilkan kandungan N tanaman yang maksimal pada tiap

Tabel 4 Kandungan N-total tanaman pada stadium R4 dan N-biji pada stadium R8

Perlakuan	I-0	I-1	I-2	I-3	I-4
Genotipe (G)	Stadium R4				
G-1	1143 b	1480 b	1577 b	1882 b	1324 b
G-2	1577 a	1750 b	2454 a	2411a	1495 b
G-3	1397 ab	2290 a	2429 a	2116 ab	2107 a
K. K., (%)			26		
Genotipe (G)	Stadium R8*				
G-1	1248 a	1327 c	1557 ab	1814b	1362 b
G-2	1308 a	1042 b	1882 b	1483 ab	845 c
G-3	1118a	1737 a	1814a	1267 b	1724 a
K.K., (%)			27		

Keterangan: * datadikonversidarikgN/hamenjadimgN/10 tanaman. Angka yang diikuti oleh huruf samamenunjukkannilai yang tidak berbeda nyata pada uji BNT 0,05 dalam suatu petak utama.

Tabel 5. Pengaruh inokulasi dan galur mutan kedelai pada komponen panen dan kandungan N biji.

Perlakuan	Bbt 100-btr/(g)	Juni.pol (bh/tan)	Produksi, (t/ha)	Persen. N biji, (%)	N-tot. biji, (kgN/ha)
I-0 G-1	10,98 a	13,70 a	0,81 ab	5,84 a	49 a
G-2	11,15a	15,65 a	0,76 ab	6,46 a	48 a
G-3	8,90 a	12,43 a	0,67 b	5,56 a	37 a
I-1 G-1	11,43 a	14,05 a	0,77 ab	5,75 a	44c
G-2	10,58 a	13,68 a	0,52 b	5,93 a	32 b
G-3	9,73 a	16,70 a	1,04 a	5,69 a	59 a
I-2 G-1	12,73 a	20,15 a	0,99 ab	6,61a	65 ab
G-2	10,20 a	18,90 a	0,77 ab	6,58 a	51 b
G-3	9,60 a	17,20 a	0,98 ab	6,43 a	63 a
I-3 G-1	13,00 a	16,30 a	1,07 a	6,03 a	64 b
G-2	11,40 a	15,40 a	0,72 b	6,85 a	49 ab
G-3	10,55 a	15,13 a	0,69 b	6,18 a	42 b
I-4 G-1	11,53 a	12,43 a	0,69 b	6,45 a	45 b
G-2	10,35 a	12,78 a	0,44 b	6,49 a	57 c
G-3	9,90 a	15,25 a	0,90 ab	6,41a	57 a
K.K., %	7	28	28	5	27

Keterangan : Bbt 100 btr = Bobot 100 butir biji
 Junpol = Jumlah polong
 Persen. N = Persentase N (%)
 N-tota biji = Kandungan N total dalam biji

jenis kedelai (Tabel 5). Pada penelitian sebelumnya diperoleh informasi bahwa di dalam inokulan campuran tersebut terjadi sinergisme antara strain B-37 dan strain B-22 sehingga inokulan campuran tersebut lebih efektif (Gandanegara *et al.*, 1998). Kandungan N dalam tanaman yang tinggi pada stadium R4 ternyata tidak menjamin kandungan N yang tinggi dalam biji. Terlihat pada Tabel 4 bahwa galur mutan No. 07 pada stadium R4 memberikan kandungan N tanaman yang terendah, pada stadium R8 mampu

memberikan kandungan N biji yang rata-rata lebih tinggi daripada galur mutan No. 58 dan varietas Willis. Hal ini disebabkan oleh kemampuan genotipe tanaman dalam translokasi hara N seperti yang telah diuraikan dalam pembahasan pengaruh genotipe tanaman. Hasil yang diperoleh di atas sejalan dengan yang dilaporkan oleh IAEA (1999), yaitu peningkatan produksi yang disebabkan inokulasi terutama bergantung kepada jenis strain, genotipe tanaman, tanah dan lingkungan tumbuh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari percobaan diatas dapat diajukan beberapa hal:

1. Pada stadium pembentukan polong (R4), inokulasi berpengaruh nyata terhadap pembentukan bintil akar dan kandungan N tanaman, meskipun tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.
2. Inokulan campuran (B22+B-37) baik untuk ketiga genotipe kedelai yang diuji, sedangkan inokulan (B-22+G49) memperlihatkan kompatibilitas yang baik dengan galur mutan No. 58. Varietas Wilis menunjukkan spektrum simbiotik yang luas dibandingkan dengan kedua galur mutan.
3. Pada stadium biji masak (R8) galur mutan No. 07 memberikan produksi dan kandungan N biji yang lebih tinggi daripada galur mutan No. 58 dan varietas Wilis yang diduga disebabkan keunggulannya dalam galur mutan tersebut mentranslokasikan hara N ke biji
4. Untuk keberhasilan produksi kedelai di lahan masam selain dibutuhkan galur atau varietas kedelai yang sesuai dengan lokasi, memiliki translokasi hara yang baik, juga dibutuhkan inokulan *Bradyrhizobium* yang memiliki keefektifan simbiotik yang tinggi pada varietas yang terpilih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala P3TIR-Batan dan Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Taman Bogo yang memungkinkan penelitian ini terlaksana. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh teknisi Kelompok Tanah dan Nutrisi Tanaman P3TIR-Batan yang membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Gandanegara S, Harsoyo, Hendratno, dan Ar Sudradjat. 1993.** Pengaruh inokulasi *Rhizobium* terhadap penampilan sejumlah galur mutan kedelai di lahan pasang surut Karang Agung Ulu, Sumatera Selatan. *APISORA, Risalah Pertemuan Ilmiah, Jakarta, 1992.* Batan, Jakarta, him 175—187.
- Gandanegara S, Harsoyo, dan Hendratno. 1996a.** Keefektifan simbiotik sejumlah strain *Bradyrhizobium* pada galur mutan kedelai di lahan masam. *APISORA, Risalah Pertemuan Ilmiah, Jakarta, 1995.* Batan, Jakarta, him. 43-48.
- Gandanegara S, Harsoyo, Hendratno, dan Ar Sudradjat. 1996b.** Pengaruh cara pemberian kapur dan inokulasi *Bradyrhizobium* terhadap penampilan pertumbuhan, kandungan N, dan produksi galur mutan kedelai No. 23-D di lahan sulfat masam. *Majalah BATAN XXIX No. 1/2, 39-44.*
- Gandanegara S, Hendratno, Harsoyo dan H Sihombing. 1997.** Uji inokulan *Bradyrhizobium* pada galur mutan kedelai sebagai tanaman sela karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg). *APISORA, Risalah Pertemuan Ilmiah, Jakarta 1996.* Batan, Jakarta, him. 51-56.
- Gandanegara S., Hendratno, Harsoyo, Dan H Sihombing. 1998.** Pertumbuhan dan kandungan N tanaman sejumlah galur mutan kedelai di lahan masam. *APISORA, Risalah Pertemuan Ilmiah Jakarta 1997.* Batan, Jakarta, him. 93-100.
- IAEA. 1998.** Nitrogen Fixation Through *Rhizobium* Inoculation, Completed National Project Report (GHA/5/024), *Soil Newsletter, 21.*
- Roughley RJ. 1988.** Commercial applications of biological nitrogen fixation. *In: Biotechnology of Nitrogen Fixation in the Tropics.* BIONIFT Regional Symposium and Workshop, Kualalumpur, Malaysia 1986, 147-164.
- Somasegaran P and B Ben Bohlool. 1990.** Single-Strain versus Multistrain Inoculation: Effect of Soil Mineral N Availability on Rhizobial Strain Effectiveness and Competition for Nodulation on Chick-Pea, Soybean, and Dry Bean *Appl. Env. Microbiol. 56* (11), 3298-3303.
- Thompson JA. 1980.** Production and quality control of legume inoculant. *In: Methods for evaluation biological nitrogen fixation.* FJ Bergensen (Ed). John Wiley & Sons Inc, New York, 489-533.
- Peoples MB, AW Faizah, B Rerkasem, and DF Herridge. 1989.** *Methods for Evaluating Nitrogen Fixation in the Field.* Hamilton Qld. 76 halaman.
- Saono S, H Soekiman, E Sukara and H Karsono. 1992.** The effective *Rhizobium* strains for two new soybean cultivars. *Paper presented at Workshop on BNF at Can The University, South Vietnam, 27 July - 1 August 1992.*