

ANALISIS PERTUMBUHAN KEDELAI DI LAHAN KERING DENGAN APLIKASI *Bradyrhizobium japonicum* YANG DIINDUKSI GENISTEIN DAN PUPUK ORGANIK

GROWTH ANALYSIS OF SOYBEAN UNDER DRY LAND WITH APPLICATION OF *Bradyrhizobium japonicum* INDUCED BY GENISTEIN AND ORGANIC FERTILIZER

Yaya Hasanah* dan Nini Rahmawati

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian USU, Medan- 20155

*Corresponding author: azkia_khairunnisa@yahoo.co.id

ABSTRACT

*This study aimed to get the information of soybean growth response on inoculation of *B. japonicum* induced genistein under dry land. The experiment was conducted in farmer fields at Desa Sambirejo, Langkat on June-September 2012. The study used a factorial randomized block design with two factors and three replications. The first factor is genistein induction treatment consisting of without and genistein (50 μ M). The second factor is the treatment of *B. japonicum* and organic fertilizer consisted of without *B. japonicum*; *B. japonicum*; *B. japonicum* + manure 10 t/ha; *B. japonicum* straw compost + 10 t/ha; *B. japonicum* + manure 5 t/ha + straw compost 5 t/ha. The variables observed are plant growth rate, plant growth relative and nett assimilation rate. The results showed that treatment of genistein (50 μ M) decreased the plant growth rate 5-6 WAP, plant growth relative 5-6 WAP and nett assimilation rate. Treatment of *B. japonicum* + manure 5 t/ha + straw compost 5 t/ha tent to increase plant growth rate, plant growth relative and nett assimilation rate. The interaction between genistein induction and treatment *B. japonicum* + organic fertilizer tended to decrease plant growth rate, plant growth relative and nett assimilation rate.*

Keywords : *Bradyrhizobium japonicum*, genistein, soybean, dry land

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai tanggap pertumbuhan kedelai terhadap inokulasi *B. japonicum* yang diinduksi genistein pada lahan kering. Penelitian dilaksanakan di lahan petani Desa Sambirejo, Kecamatan Binjai, Kabupaten Langkat, pada bulan Juni – September 2012. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu perlakuan induksi genistein terdiri atas tanpa genistein dan dengan genistein (50 μ M). Faktor kedua yaitu perlakuan *B. japonicum* dan pupuk organik terdiri atas tanpa *B. japonicum* ; *B. japonicum* ; *B. japonicum* + pupuk kandang 10 ton/ha ; *B. japonicum* + kompos jerami 10 ton/ha; *B. japonicum* + pupuk kandang 5 ton/ha + kompos jerami 5 ton/ha. Peubah amatan terdiri atas laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan genistein (50 μ M) nyata menurunkan laju pertumbuhan tanaman 5-6 MST dan laju pertumbuhan relative 5-6 MST. Perlakuan *B. japonicum* + pupuk kandang 5 ton/ha + kompos jerami 5 ton/ha cenderung meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih. Interaksi antara induksi genistein dan perlakuan *B. japonicum* + pupuk organik cenderung meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih.*

Kata kunci : *Bradyrhizobium japonicum*, genistein, kedelai, lahan kering.

PENDAHULUAN

Peranan kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) sebagai sumber pangan ketiga setelah padi dan jagung sangat diperlukan dalam mencukupi sumber protein nabati. Kedelai juga memiliki potensi penting sebagai sumber vitamin, lemak, mineral dan serat yang terbaik diantara legum lainnya serta menjadi pangan fungsional karena mengandung metabolit sekunder yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia diantaranya isoflavon dan saponin.

Kebutuhan kedelai yang terus meningkat bagi kebutuhan dalam negeri, telah menyebabkan terjadinya kesenjangan antara produksi dan konsumsi kedelai, sehingga masih sangat tergantung impor. Proyeksi konsumsi kedelai menunjukkan bahwa total kebutuhan terus mengalami peningkatan yaitu 2,71 juta ton pada tahun 2015 dan 3,35 juta ton pada tahun 2025. Jika sasaran produktivitas rata-rata nasional 1,5 t/ha bisa dicapai, maka kebutuhan areal tanam diperkirakan sebesar 1,81 juta ha pada tahun 2015 dan 2,24 juta ha pada tahun 2025 (Simatupang et al. 2005)

Oleh karena itu diperlukan upaya peningkatan produksi kedelai dalam negeri melalui strategi peningkatan produktivitas dan perluasan areal tanam. Peningkatan produktivitas dicapai dengan penerapan teknologi yang sesuai (spesifik) bagi agroekologi/wilayah setempat (Simatupang et al. 2005 ; Balittanah, 2006). Perluasan areal tanam dilakukan dengan pemberdayaan lahan marjinal yang belum termanfaatkan karena keterbatasan teknik budidaya, salah satunya adalah pemanfaatan lahan kering. Luas lahan kering untuk pertanian di Indonesia diperkirakan mencapai 11.853.848 ha (BPS, 2008). Sebaran lahan kering tersebut meliputi 32% di Sumatera, 11% di Kalimantan dan 14,6 % di Sulawesi dan Jawa dan Bali kira-kira 24%, Nusa

Tenggara 6% serta Maluku dan Papua 12.4%.

Permasalahan utama dalam pengembangan kedelai di lahan kering adalah rendahnya tingkat kesuburan tanah karena miskin unsur hara esensial makro (N, P, K, Ca, dan Mg) dan hara mikro (Zn, Mo, Cu, dan B), mempunyai pH rendah yang menyebabkan kandungan Al, Fe, dan Mn terlarut tinggi, fiksasi P tinggi, miskin bahan organik, kapasitas tukar kation rendah, kesuburan biologis rendah serta keterbatasan air terutama pada musim kemarau yang menyebabkan cekaman kekeringan karena sumber pengairan terbatas dari curah hujan yang tidak menentu, gangguan hama dan penyakit, gangguan gulma dan penggunaan varietas lokal/bukan varietas unggul (Adiningsih dan Sudjadi, 1993 ; Abdurrahman *et al.*, 2008). Arsyad dan Purwantoro, 2010). Keadaan ini akan mempengaruhi perkembangan morfologi dan proses fisiologi tanaman kedelai sehingga menyebabkan rendahnya produktivitas kedelai di lahan kering.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan upaya pengelolaan hara pada lahan kering, salah satunya dengan inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* sebagai sumber pupuk N hayati. Gresshoff (1993) dan Morgan *et al.* (2005) melaporkan bahwa akar kedelai membentuk bintil akar dimana bakteri memfiksasi N₂ dari atmosfer. Namun demikian, kondisi kekeringan dapat berpengaruh negatif terhadap simbiosis antara *B. japonicum* dan akar kedelai. Oleh karena itu, diperlukan penginduksi berupa genistein yang dapat membantu agar simbiosis tersebut dapat berlangsung dan pemberian bahan pembenah tanah yang berpotensi untuk menyimpan dan menyerap air, seperti pupuk kandang dan kompos jerami.

Genistein adalah jenis isoflavon utama pada eksudat akar kedelai yang responsif terhadap induksi nod gen pada *Bradyrhizobium* (Sugiyama, 2008 ;

Kosslak, 2005 ; Sumunar, 2003, Napoles, 2009 ; Purcell, 2004), sehingga bakteri dapat memproduksi lipo-oligosakarida Nod Factors yang mempresisi struktur yang menentukan rentang inang dan spesifikasi asosiasi dan induksi respons tanaman sehingga pembentukan bintil akar menjadi lengkap (Spaink, 2000 ; Geurts et al. 2005).

Dalam penelitian ini akan dianalisis pertumbuhan kedelai yang diinokulasi *B. japonicum* dan penginduksi genistein. Analisis tumbuh tanaman digunakan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam mengikuti dan membandingkan pertumbuhan tanaman, dalam aspek fisiologis maupun ekologis. Hal tersebut karena analisis tumbuh merupakan analisis

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan kering Desa Sambirejo, Kecamatan Binjai, Kabupaten Langkat pada bulan April – September 2012. Bahan dan alat yang digunakan adalah benih kedelai varietas Anjasmoro (sumber benih Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang Jawa Timur), genistein, pupuk SP-36, KCl, pupuk kandang, kapur dolomit, kompos jerami, pestisida organik, knapsack sprayer, *leaf area meter*, meteran, ajir, papan nama perlakuan.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Sebagai faktor pertama yaitu perlakuan genistein terdiri atas (1) Tanpa perlakuan genistein dan (2). Dengan perlakuan genistein (50 μ M). Faktor kedua yaitu perlakuan *B. japonicum* dan pupuk organik terdiri atas (1). Tanpa *B. japonicum*, (2). *B. japonicum* ; (3) *B. japonicum* + pupuk kandang 10 ton/ha ; (4) *B. japonicum* + kompos jerami 10 ton/ha; (5) *B. japonicum* + pupuk kandang 5 ton/ha + kompos jerami 5 ton/ha.

Persiapan dan pengolahan lahan dilakukan dengan cara mencangkul dan meratakan tanah, kemudian dibuat petakan

yang mempengaruhi hasil panen dan perkembangan tanaman sebagai penimbunan bersih hasil fotosintesis secara terintegrasi dengan waktu yang diukur dengan produksi bahan kering. (Causton, 1994 ; Araujo *et al.*, 2000 ; Araujo, 2003). Akumulasi bahan kering pada tanaman kedelai merupakan ukuran pertumbuhan yang terbaik.

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis pertumbuhan kedelai yang diinokulasi *B. japonicum* dan diinduksi genistein dan penambahan bahan organik pembenah tanah terhadap pertumbuhan kedelai di lahan kering.

dengan ukuran 2 m x 2 m sebanyak 30 petakan. Perbanyak inokulum *B. japonicum* dengan media yeast extract manitol dalam labu 500 ml yang dikocok 150 rpm pada suhu ruangan selama 48 jam. Larutan genistein digunakan untuk pre-inkubasi bakteri. Genistein steril ditambahkan ke kultur bakteri 24 jam sebelum inokulasi pada benih kedelai. Perbanyak inokulum *B. japonicum* dengan media yeast extract manitol dalam labu 500 ml yang dikocok 150 rpm pada suhu ruangan selama 48 jam.

Inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* dilakukan sebelum penanaman benih kedelai, dengan cara mencampur benih kedelai dengan isolat bakteri dan diberi air secukupnya hingga melumuri benih kedelai. Pencampuran dilakukan pada pagi hari di tempat teduh. Perlakuan genistein dilarutkan pada labu erlemeyer dengan beberapa tetes metanol kemudian ditambah aquades, kemudian dilakukan pengadukan pada *magnetic stirer* selama 1 jam. Larutan genistein digunakan untuk pre-inkubasi bakteri. Genistein steril ditambahkan ke kultur bakteri 24 jam sebelum inokulasi pada benih kedelai.

Pemupukan P dan K dilakukan pada saat tanam dengan dosis 150 kg SP36/ha dan 75 kg KCl/ha. Penjarangan dilakukan 1 MST dengan cara menggunting tanaman

yang pertumbuhannya kurang baik dan meninggalkan 1 tanaman/lubang tanam. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan dilakukan secara manual seminggu sekali dan disesuaikan dengan kondisi lapangan. Pencegahan hama dan penyakit dilakukan dengan menyemprotkan pestisida dan fungisida

Laju Tumbuh Tanaman adalah suatu peningkatan bobot kering tiap satuan luas lahan tiap satuan waktu yang dinyatakan secara matematik :

$$LPT = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Laju Pertumbuhan Relatif (LTR) Laju peningkatan bobot kering tanaman (W) tiap satuan bobot kering, yang dinyatakan secara matematik :

$$LTR = \frac{1}{W} \times \frac{dW}{dt} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian memiliki karakteristik tanah dengan kandungan N 0.14% (tergolong rendah), C-organik 1.02% (tergolong rendah), P tersedia 27.4 mg/kg (tergolong tinggi), kapasitas tukar kation (KTK) 15.7 cmol(+)kg⁻¹ (tergolong rendah), pH H₂O 5.0 (tergolong masam), K-tukar 0.47 me/100 (tergolong sedang), Ca-tukar 8.75 me/100 (tergolong sedang), Mg-tukar 3.69 me/100 (tergolong tinggi), P total 0.0616 % (tergolong sedang).

Pemberian induksi genistein nyata menurunkan laju pertumbuhan tanaman 5-6 MST dan laju pertumbuhan relatif jika dibandingkan tanpa induksi genistein (Tabel 1, 2 dan 3). Hal ini diduga karena peran genistein sebagai *auksin inhibitor* pada peningkatan laju pertumbuhan tanaman kedelai dan efek fitotoksik sinyal molekul bagi pertumbuhan tanaman.

organik 2 minggu sekali. Peubah amatan terdiri atas laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih.

Laju Asimilasi Bersih (LAB) adalah laju peningkatan bobot kering tanaman pada saat tertentu (t) tiap satuan luas (L), yang dinyatakan secara matematik :

$$LAB = \frac{1}{W_2 - \ln W_1} \times \frac{dW}{dt} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \ln$$

Keterangan :

W₂ = bobot kering tanaman pada t₂

W₁ = bobot kering tanaman pada t₁

A₂ = luas daun per tanaman pada t₂

A₁ = luas daun per tanaman pada t₁

t₂ = pengamatan awal dari periode pengamatan mingguan

t₁ = pengamatan berikutnya dari periode pengamatan mingguan

Miransari and Smith (2008) menjelaskan bahwa pada kasus dimana signal molekul justru menghambat pertumbuhan tanaman bisa terjadi karena adanya efek fitotoksik dari sinyal molekul atau tingginya konsentrasi dari sinyal molekul sebagai produksi ekstra nod faktor. Eckardt (2006) dan Brown, *et al.* (2001) juga melaporkan bahwa flavonoid memiliki efek regulator dan inhibitor terhadap auksin yang merupakan hormon tumbuh yang penting bagi tanaman, termasuk dalam regulasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Perlakuan inokulasi *B. japonicum* + pupuk kompos jerami 5 ton/ha dan pupuk kandang 5 ton/ha cenderung meningkatkan laju pertumbuhan tanaman 5-6 MST, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 1, 2

Tabel 1. Laju pertumbuhan tanaman kedelai dengan aplikasi *B. japonicum* yang diinduksi genistein dan pupuk organik

MST	Genistein (μM)	<i>B. japonicum</i> + pupuk organik					Rata-rata
		B0	B1	B2	B3	B4	
..... g. hari ⁻¹							
3-4	0	0.106	0.273	0.236	0.141	0.259	0.203
	50	0.276	0.204	0.088	0.122	0.160	0.170
	Rata-rata	0.191	0.239	0.162	0.131	0.210	
4-5	0	0.495	0.127	0.169	0.177	0.190	0.231
	50	0.128	0.224	0.344	0.321	0.271	0.258
	Rata-rata	0.311	0.175	0.256	0.249	0.230	
5-6	0	0.829	0.998	1.229	1.410	0.830	1.059 a
	50	0.624	0.551	0.451	0.455	0.912	0.599 b
	Rata-rata	0.727	0.775	0.840	0.933	0.871	

Keterangan :

I0 = tanpa genistein

I1 = genistein 50 μM

B0 = tanpa *B. japonicum*, pupuk kandang dan kompos jerami

B1 = *B. japonicum*

B2 = *B. japonicum* + pupuk kandang 10 ton/ha

B3 = *B. japonicum* + Kompos jerami 10 ton/ha

B4 = *B. japonicum* + pupuk kandang 5 ton/ha + Kompos jerami 5 ton/ha

Angka-angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama dan peubah amatan yang sama menunjukkan berbeda nyata menurut uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf $\alpha = 5\%$, keterangan ini berlaku untuk Tabel 1 – 3.

Tabel 2. Laju pertumbuhan relatif tanaman kedelai dengan aplikasi *B. japonicum* yang diinduksi genistein dan pupuk organik

MST	Genistein (μM)	<i>B. japonicum</i> + pupuk organik					Rata-rata
		B0	B1	B2	B3	B4	
..... g.g ⁻¹ .hari ⁻¹							
3-4	0	0.074	0.177	0.148	0.113	0.161	0.135
	50	0.187	0.166	0.115	0.093	0.120	0.136
	Rata-rata	0.130	0.172	0.131	0.103	0.141	
4-5	0	1.034	0.314	0.519	0.562	0.444	0.575
	50	0.357	0.501	1.115	1.013	0.637	0.725
	Rata-rata	0.696	0.408	0.817	0.788	0.540	
5-6	0	0.112	0.183	0.186	0.205	0.115	0.160 a
	50	0.115	0.103	0.089	0.123	0.153	0.117 b
	Rata-rata	0.114	0.143	0.137	0.164	0.134	

dan 3). Hal ini mengindikasikan sinergi antara *B. japonicum*, kompos jerami dan pupuk kandang dalam menyediakan unsur hara N bagi pertumbuhan tanaman

sehingga pada gilirannya akan meningkatkan laju pertumbuhan tanaman. Di samping itu, fenomena ini juga

Tabel 3. Laju asimilasi bersih tanaman kedelai dengan aplikasi *B. japonicum* yang diinduksi genistein dan pupuk organik

MST	Genistein (μM)	<i>B. japonicum</i> + pupuk organik					Rata-rata
		B0	B1	B2	B3	B4	
..... g.cm ⁻² .hari ⁻¹							
3-4	0	0.009	0.048	0.043	0.017	0.058	0.035
	50	0.051	0.036	0.012	0.015	0.026	0.028
	Rata-rata	0.030	0.042	0.028	0.016	0.042	
4-5	0	0.536	0.053	0.125	0.114	0.125	0.191
	50	0.112	0.162	0.390	0.346	0.194	0.241
	Rata-rata	0.324	0.108	0.258	0.230	0.160	
5-6	0	0.135	0.185	0.242	0.299	0.122	0.197
	50	0.075	0.060	0.042	0.082	0.170	0.086
	Rata-rata	0.105	0.123	0.142	0.190	0.146	

menunjukkan peran positif pupuk organik bagi *B. japonicum* dan peran pupuk organik dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Perbaikan sifat fisik tanah berkaitan erat dengan perbaikan struktur tanah, melalui pembentukan agregat lebih stabil, aerasi dan drainase tanah yang baik, infiltrasi air hujan ke dalam tanah berlangsung dengan baik dan peningkatan kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*), sehingga jumlah air yang tersedia bagi tanaman juga meningkat (Karama, 1990). Perbaikan dalam sifat kimia tanah berkaitan dengan peran pupuk organik sebagai sumber unsur hara bagi pertumbuhan tanaman, baik hara makro maupun hara mikro, terutama pada kompos jerami yang mengandung unsur K cukup tinggi (9.45 %). Selain itu, pupuk organik juga meningkatkan ketersediaan unsur hara, efisiensi pengambilan unsur hara dan kapasitas tukar kation. Peran pupuk organik perbaikan sifat biologi tanah yaitu berkaitan dengan peningkatan populasi dan keanekaragaman mikroba tanah, menciptakan lingkungan ideal bagi perkembangan mikroba tanah dalam kondisi lingkungan ekstrim misalnya lahan kering.

Secara umum, interaksi antara perlakuan induksi genistein terhadap *B. japonicum* yang disertai pemberian pupuk organik cenderung meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan

relatif dan laju asimilasi bersih. Induksi genistein pada lahan kering berperan positif sehingga *B. japonicum* yang diinduksi genistein dan aplikasi pupuk kandang 5 t/ha + kompos jerami 5 t/ha meningkatkan laju pertumbuhan tanaman. Hal ini juga terkait dengan sinergi antara fungsi genistein dan pupuk organik dalam simbiosis antara *B. japonicum* dan akar kedelai. Genistein berperan sebagai sinyal molekul bagi simbiosis antara *B. japonicum* dengan akar kedelai (Sugiyama, 2008), sedangkan pupuk organik berupa pupuk kandang dan kompos jerami berperan dalam menciptakan lingkungan ideal bagi bakteri tersebut walaupun dalam kondisi lahan kering. Pupuk organik juga berfungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Suriadikarta dan Simanungkalit, 2006)

SIMPULAN

Induksi genistein menurunkan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih. Perlakuan inokulasi *B. japonicum* yang disertai penambahan pupuk organik (pupuk kandang dan kompos jerami) cenderung meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih pada 5-6 MST.

Induksi genistein pada inokulasi *B. japonicum* yang disertai penambahan pupuk kandang 5 t/ha dan kompos jerami

5 t/ha memberikan lingkungan ideal bagi peningkatan laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif dan laju asimilasi bersih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan sebagian dari Hibah Bersaing Tahun kedua, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membiayai penelitian ini sesuai dengan Surat Penugasan dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian USU Tahun Anggaran 2012 Nomor : 1607/UNS.1.R/KEU/2012 Tanggal 21 Februari 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., A. Dariah dan A. Mulyani. 2008. Strategi dan Teknologi Lahan Kering Mendukung Pengadaan Pangan Nasional. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(2) : 43-48.
- Adiningsih, J.S. dan M. Sudjadi. 1993. Peranan sistem bertanam lorong (*alley cropping*) dalam meningkatkan kesuburan tanah pada lahan kering masam. Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Arsyad, D.M.A. dan Purwantoro. 2010. Kriteria Seleksi dan Toleransi Galur Kedelai pada Lahan Kering Masam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* vol. 29(2): 98-104.
- Araujo, A. P., M.G. Teixeira, and D.L. Almeida. 2000. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. *Pesq. Agropec. Brasilia* 35(4) : 809-817.
- Araujo, A.P. 2003. Analysis of variance of primary data on plant growth analysis. *Pesq. Agropec. Brasilia* 38 (1) : 1-10.
- Brown, D.E., A.M. Rashotte, A.S. Murphy, J. Normanly, B.W. Tague, W.A. Peer, L. Taiz, L. G.K. Muday. 2001. Flavonoids act as negative regulators of auxin transport in vivo in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 126 524–535.
- Clarkson, T.B. 2002. Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease. *J. Nutr.* 132:566S–569S.
- Causton, D. R. 1994. Plant growth analysis: a note on the variability of unit leaf rate (net assimilation rate) within a sample. *Annals of Bot.* 74 : 513-518.
- Edchart, N.A. 2006. The Role of Flavonoids in Root Nodule Development and Auxin Transport in *Medicago truncatula*. *Plant Cell.* 18(7): 1539–1540.
- Gresshoff, P. 1993. Molecular genetic analysis of nodulation genes in soybean. *Plant Breeding Rev* 11, 275-318.
- Karama, A.S. 1990. Penggunaan pupuk organik dalam produksi pertanian. Makalah Disampaikan pada Seminar Puslitbangtan, Bogor. 4 Agustus 1990.
- Kosslak, R.M, R. Bookland, J. Barkei, H.E. Paaren, E.R. Appelbaum. 1987. Induction of *Bradyrhizobium japonicum* common nod genes by isoflavones isolated from *Glycine max*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 84:7428-7432.
- Morgan, J., G. Bending, P. White. 2005. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. *J. Exp. Bot.* 56: 729-1739.
- Miransari, M. and D.L. Smith. 2009. Alleviating salt stress on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] – *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis, using signal molecule

- genistein. European J. of Soil Biologi 45:146-152.
- Napoles, M.C., E. Guevara, F. Montero, A. Rossi, A. Ferreira. 2009. Role of *Bradyrhizobium japonicum* induced by genistein on soybean stressed by water deficit. Spanish J. of Agric. Research 7(3):665-671.
- Purcell, L.C., R. Serraj, T.R. Sinclair, A. De. 2004. Soybean N₂ fixation estimates, ureide concentration, and yield responses to drought. Crop Sci. 44:484-492.
- Simatupang, P., Marwoto, D.K.S. Swastika. 2005. Pengembangan Kedelai dan Kebijakan Penelitian di Indonesia. Lokakarya Pengembangan Kedelai di Lahan Suboptimal. BALITKABI Malang
- Sumunar, A.I. 2003. Kompatibilitas dan Daya Kompetisi Rhizobium yang diberi penginduksi Gen Nod pada Berbagai Varietas Kedelai di Lahan Kering Masam. Warta Balitbio No. 21, April 2003.
- Suriadikarta, D.A. dan R.D.M Simanungkalit. 2006. Pendahuluan dalam Pupuk organik dan pupuk hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. hal. 1-10.
- Sugiyama, A., N. Shitan, K. Yazaki. 2008. Signaling from soybean roots to rhizobium. An ATP-binding cassette-type transporter mediates genistein secretion. Adendum. Plant Signal. Behav. 3(1):38-40.