

INTRODUKSI PASANGAN CMA DAN RHIZOBIA INDIGENOUS UNTUK PENINGKATAN PERTUMBUHAN DAN HASIL KEDELAI DI ULTISOL BENGKULU‡

*INTRODUCTION OF INDIGENOUS ARBUSCULAR MYCORRHIZAL
FUNGUS AND RHIZOBIA FOR INCREASING OF SOYBEAN GROWTH AND YIELD IN
AN ULTISOL OF BENGKULU*

Yudhi H. Bertham¹, C. Kusmana², Y. Setiadi², I. Mansur², D. Sopandie³

‡ *Sebagian dari naskah Disertasi Doktor pada Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan
Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor*

¹*Mahasiswa Sekolah Pascasarjana IPB dan Dosen Fak. Pertanian Universitas Bengkulu,*

²*Guru Besar, Dosen Fakultas Kehutanan IPB,*

³*Guru Besar Fakultas Pertanian IPB*

ABSTRACT

In response to the need of shade tolerant of soybean varieties for agroforestry, we conduct a research to find soybean variety which gave high response to AMF (arbuscular mycorrhizal fungus) and strain of rhizobia inoculation. Research was conducted in a greenhouse by three factor of randomized completely design and replicated three times using top soil of Ultisol from Bengkulu province. First factor was soybean varieties namely Wilis, Pangrango and Ceneng. Second factor was AMF inoculation with *Acaulospora sp*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* and *Glomus manihotis*. Third factor was rhizobia inoculation with TEKR 6.29 and KLKR 5.31 strains. Selected AMF and rhizobia isolates was obtained from previous research and taken from the rhizosphere of soybean plants grown on Ultisol of Bengkulu. All replications receive 1 ton ha⁻¹ of farmyard manure and all biofertilizer replication receives 20 kg ha⁻¹ Urea, 20 kg ha⁻¹ SP36 and 60 kg ha⁻¹ KCl. Chemical fertilizer application (80 kg ha⁻¹ Urea, 80 kg ha⁻¹ SP36 and 60 kg ha⁻¹ KCl) used as control. Research result showed that there was a specific combination between soybean variety with AMF and strains of rhizobia. Wilis will give highest response if paired with *Acaulospora sp* – TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* – KLKR 5.31, *Gl. manihotis* – KLKR; Pangrango with *Acaulospora sp* – TEKR 6.29, *Gl. manihotis* – KLKR 5.31; and Ceneng with *Gi. margarita* – TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* – KLKR 5.31, *Gl. etunicatum* – TEKR 6.29, *Gl. manihotis* – KLKR 5.31, and *Gl. manihotis* – TEKR 6.29. Research result also showed that Ceneng gave more consistently response than two other varieties and suitable with every AMF and rhizobia strains tested.

Keywords: soybean, AMF, rhizobia, Ultisol

ABSTRAK

Dalam rangka memenuhi kebutuhan akan varietas-varietas kedelai tahan naungan untuk agroforestri, sebuah penelitian telah dilaksanakan untuk menemukan varietas kedelai yang memiliki respon tinggi terhadap inokulasi cendawan mikoriza arbuskula (CMA) dan rhizobia. Penelitian faktorial dilaksanakan di rumah kaca menggunakan rancangan acak lengkap diulang 3 kali dengan tanah Ultisol lapis atas (*top soil*) dari Propinsi Bengkulu digunakan sebagai medium tumbuhnya. Faktor pertama adalah varietas kedelai, masing-masing adalah Wilis, Pangrango dan Ceneng. Faktor kedua adalah inokulasi CMA masing-masing adalah *Acaulospora sp*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum* dan *Glomus manihotis*. Faktor ketiga adalah inokulasi rhizobia dengan strain TEKR 6.29 dan KLKR 5.31. Isolat-isolat CMA dan rhizobia terpilih diperoleh dari penelitian sebelumnya dan diambil dari rizosfir kedelai yang bertumbuh pada tanah Ultisol Bengkulu. Seluruh perlakuan diberi pupuk dasar berupa 1 ton ha⁻¹ pupuk kandang dan semua perlakuan pupuk hayati diberi pupuk dasar berupa 20 kg ha⁻¹ Urea, 20 kg ha⁻¹ SP36 dan 60 kg ha⁻¹ KCl. Sebagai perlakuan kontrol adalah tanah yang diberi pupuk kimia (80 kg ha⁻¹ Urea, 80 kg ha⁻¹ SP36 dan 60 kg ha⁻¹ KCl). Hasil penelitian menunjukkan adanya kombinasi spesifik antara varietas kedelai dengan spesies CMA dan strain rhizobia. Wilis akan memberikan respon tertinggi jika dipasangkan dengan CMA *Acaulospora sp* – rhizobia TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* – KLKR 5.31, *Gl. manihotis* – KLKR; Pangrango dengan CMA *Acaulospora sp* – rhizobia TEKR 6.29, *Gl. manihotis* – KLKR 5.31; dan Ceneng dengan CMA *Gi. margarita* – rhizobia TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* – KLKR 5.31, *Gl. etunicatum* – TEKR 6.29, *Gl. manihotis* – KLKR 5.31, dan *Gl. manihotis* – TEKR 6.29. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa Ceneng memberikan respon yang lebih konsisten dibandingkan dengan dua varietas lainnya dan lebih cocok berpasangan dengan semua CMA dan rhizobia yang diuji dalam penelitian ini.

Kata kunci : kedelai, CMA, rhizobia, Ultisol

PENDAHULUAN

Agroforestri, budidaya tanaman pertanian di bawah tegakan pohon, belum umum dilakukan di Propinsi Bengkulu. Fakta di lapangan menunjukkan masih banyaknya lahan disela-sela tegakan pohon yang dibiarkan tidak produktif. Pemanfaatan lahan demikian, khususnya untuk budidaya kedelai, akan ditentukan oleh produktivitas varietas-varietas kedelai tahan naungan dan pengelolaan tanahnya.

Tanah di Propinsi Bengkulu pada umumnya didominasi oleh Ultisol, jenis tanah mineral masam dengan kadar Al, Fe, dan Mn tinggi yang beracun bagi tanaman, khususnya kedelai. Tanaman yang tumbuh di tanah seperti ini, mungkin tidak akan mampu menyerap sebagian besar unsur hara karena keterbatasan sistem perakaran dan ketersediaan unsur hara. Pada kondisi demikian, tanaman legum harus membentuk asosiasi dengan jasad renik, misalnya rhizobia yang membantu memfiksasi N_2 bebas dari atmosfer, jasad pelarut hara, ataupun cendawan mikoriza arbuskular (CMA) untuk mendapatkan hara dari dalam tanah yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya (Bolan, 1991). Namun demikian keuntungan yang dihasilkan oleh asosiasi jasad renik – tanaman baru akan terasa manfaatnya jika keuntungan yang dihasilkan (perbaikan serapan hara, pertumbuhan dan hasil tanaman) mampu melampaui biaya produksi untuk membangun asosiasi tersebut (Johnson *et al.*, 1997).

CMA dan rhizobia dikenal sebagai dua jenis jasad renik yang umum mengkolonisasi akar tanaman kedelai. Kolonisasi CMA dan rhizobia di akar kedelai pada umumnya bersinergi meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Rhizobia bertugas memfiksasi N_2 dari atmosfer (Thorneley, 1992) sedangkan hifa CMA memfasilitasinya dengan peningkatan serapan ion, khususnya fosfat (Fitter and Garbaye, 1994; Sreenivasa *et al.*, 1995; Hodge, 2000). Sebagai imbalannya rhizobia menyediakan senyawa-senyawa flavonoida (Xie *et al.*, 1995) dan hormon tumbuh (Noel *et al.*, 1996) yang dapat memacu kolonisasi CMA ke akar tanaman. Eksudasi

senyawa organik demikian diimbas oleh polisakarida ekstraseluler yang dibentuk oleh rhizobia (Barea *et al.*, 1996). Namun demikian kinerja optimal pasangan rhizobia-CMA sangat ditentukan oleh strain rhizobia dan spesies CMA yang digunakan. Sebagai contohnya, inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* 61-A-101 pada kedelai hanya meningkatkan kolonisasi oleh CMA *Glomus mosseae* (Xie *et al.*, 1995). Peneliti lain bahkan melaporkan adanya pengaruh negatif rhizobia terhadap perkecambahannya spora, panjang hifa dan kolonisasi CMA jika berasosiasi dengan tanaman tertentu (Hodge, 2000). Dapat disimpulkan bahwa seleksi terhadap varietas kedelai yang berasosiasi dengan rhizobia dan CMA tertentu merupakan satu langkah strategis dalam upaya peningkatan produksi kedelai di tanah mineral masam, khususnya yang dilaksanakan dengan sistem agroforestri.

Penelitian ini bertujuan untuk (i) membandingkan pengaruh pupuk buatan dan pupuk hayati terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai, dan (ii) menyeleksi dan mendokumentasikan pasangan CMA dan rhizobia indigenous pada Ultisol Bengkulu sebagai upaya meningkatkan pertumbuhan, serapan hara, dan efisiensi pemupukan pada tanaman kedelai tahan naungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu dari bulan September 2004 s/d Januari 2005. Percobaan faktorial dilaksanakan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Sebagai faktor pertama adalah varietas kedelai yaitu varietas Wilis dan Pangrango, serta galur Ceneng. Faktor kedua adalah inokulasi CMA tunggal yaitu *Acaulospora* sp., *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, dan *Glomus manihotis*. Sedangkan faktor ketiga adalah strain rhizobia yaitu KLKR5.31 dan TEKR 6.29. Inokulum CMA dan rhizobia yang digunakan merupakan hasil seleksi jasad renik yang diambil dari rizosfir tanaman kedelai. Penamaan isolat rhizobia mengikuti kaidah “Nama lokasi – jenis tanaman – jenis

rhizobia - nomor titik pengamatan – nomor strain”, dalam hal ini KL (Kandang Limun) dan TE (Talang Empat) merupakan nama lokasi asal isolat tersebut diambil, K adalah singkatan dari kedelai, dan R singkatan dari rhizobia, angka 5 dan 6 masing-masing merupakan nomor lokasi pengambilan contoh tanah, 31 dan 29 merupakan nomor isolat yang diperoleh selama pengkulturan. Pemberian pupuk dengan dosis rekomendasi (80 kg ha⁻¹ Urea, 80 kg ha⁻¹ SP36 dan 60 kg ha⁻¹ KCl) digunakan sebagai pembanding dan untuk menentukan besaran efisiensi relatif pupuk hayati (ERPH), efisiensi serapan hara nitrogen (ERSHN) dan efisiensi serapan hara fosfor (ERSHP).

Contoh tanah diambil secara acak dari desa Kandang Limun Kodia Bengkulu pada jeluk 0 s/ d 15 cm. Adapun sifat-sifat tanah tersebut adalah: pH 4.10, C organik 1.92%; N total 0.15%, P 3.28 ppm, Ca 2.43 me%, Mg 0.80 me%, K 0.14 me%, KTK 18.76 me%, Al tertukar 1.78 me%, Fe 13.12 ppm, Zn 2.52 ppm, Cu 0.48 ppm, pasir 33.05%, debu 63.00 % dan liat 3.95%. Kategorisasi tekstur tanah dilakukan dengan bantuan piranti lunak TAL v4.2 untuk Windows. Tanah dikering anginkan selama 7 hari, dihaluskan, dan kemudian diayak sehingga lolos dari mata saring 2 mm. Tanah kering angin tersebut kemudian diisikan ke dalam polybag masing-masing sebanyak 5 kg setara kering mutlak. Pupuk kandang dengan takaran 1 ton ha⁻¹ diberikan pada seluruh perlakuan tanpa kecuali. CMA diberikan sebanyak 2.5 g per polybag dalam bentuk campuran akar, zeolit dan spora. Inokulasi rhizobia ke benih kedelai dilaksanakan dengan metoda dua tahap dari Somasegaran dan Hoben (1994). Semua perlakuan pupuk hayati mendapatkan pupuk dasar dalam bentuk 20 kg ha⁻¹ Urea, 20 kg ha⁻¹ SP36 dan 60 kg ha⁻¹ KCl.

Tanah dalam polybag kemudian diberi air sampai batas kapasitas lapang dan keesokan harinya dilakukan penanaman 3 biji kedelai, pada umur 14 hari setelah tanam (hst) ditinggalkan satu tanaman sehingga diperoleh populasi yang kurang lebih seragam. Selama masa pertumbuhan kondisi tanah dijaga supaya kadar airnya sekitar kapasitas lapang.

Pada umur 37 hst dilakukan pengamatan terhadap bobot kering tanaman, kadar hara N dan P jaringan tanaman. Ketiga hasil pengamatan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung Efisiensi Relatif Pupuk Hayati (ERPH), Efisiensi Serapan Hara N dan P (ERSHN dan ERSHP). Serapan hara diukur berdasarkan hasil kali bobot kering dengan konsentrasi hara, ERPH, ERSHN dan ERSHP ditentukan berdasarkan pengembangan rumus efisiensi agronomis (Mengel and Kirkby, 1987) dan ketergantungan terhadap mikoriza (Plenchette *et al.*, 1983).

$$ERPH = \frac{w_{ph} - w_{npk}}{w_{npk}} \times 100\%$$

$$ERSH_N = \frac{N_{ph} - N_{npk}}{N_{npk}} \times 100\%$$

dan

$$ERSH_P = \frac{P_{ph} - P_{npk}}{P_{npk}} \times 100\%$$

w_{ph} = bobot kering tanaman yang diinokulasi pupuk hayati (CMA atau rhizobia), w_{npk} = bobot kering tanaman yang dipupuk NPK dengan dosis rekomendasi, (N atau P)_{ph} = serapan hara N atau P tanaman yang diinokulasi pupuk hayati (CMA atau rhizobia), dan (N atau P)_{npk} = serapan hara (N atau P) tanaman yang dipupuk NPK dengan dosis rekomendasi.

Pada umur 90 hst dilakukan pengamatan terhadap jumlah bintil, jumlah polong, dan % infeksi akar. Jumlah bintil akar ditentukan berdasarkan bintil akar efektif yaitu bintil akar yang berwarna merah muda (*pink*). Pengamatan infeksi CMA pada akar kedelai dilakukan dengan metoda Philips and Hayman (1970) yang dimodifikasi.

Analisis data dilakukan dengan piranti lunak CoStat v6.03 untuk Windows. Keseragaman ragam diuji dengan metoda Bartlet, transformasi dilakukan pada data yang tidak memenuhi kriteria Bartlet (Montgomery, 1991).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah seri Kandanglimun Bengkulu yang digunakan dalam penelitian, berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah (1983), memiliki pH yang sangat masam, kadar bahan organik pada aras sedang, kadar hara N total rendah, kadar hara P tersedia sangat rendah, Ca tertukar rendah, Mg tertukar rendah, K tertukar sangat rendah, KTK sedang, kejenuhan Al dan Al tertukar sangat rendah, kadar unsur mikro pada umumnya tergolong rendah sampai sedang, dan tekstur geluh berdebu (*silt loam*). Berdasarkan kategorisasi demikian dapat disimpulkan bahwa tanah yang digunakan dalam penelitian ini termasuk tanah yang berkesuburan rendah dengan kendala utama ketersediaan hara tersedia.

Penanaman kedelai tanpa masukan apapun, dalam percobaan pendahuluan, menghasilkan pertumbuhan yang sangat merana. Tidak terlalu tingginya kadar bahan organik dan kapasitas tukar kation menyebabkan kation-kation hara dalam tanah menjadi tidak terikat dan mudah lepas bersama air perkolasi. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan produktivitas tanah demikian pemberian bahan organik dan pupuk berpelepasan lambat wajib diberikan. Pupuk hayati yang berperan dalam penyediaan hara untuk tanaman biasanya lebih aktif pada kondisi tanah yang miskin hara karena itu tidak mengherankan jika pupuk hayati mampu mengalahkan pupuk rekomendasi (Tabel 1).

Persen peningkatan yang disajikan pada Tabel 1 cukup fantastis, mulai dari 10% untuk peningkatan kadar hara N pada varietas Pangrango sampai 19.767% untuk kenaikan bobot kering bintil akar pada varietas Wilis. Persen kenaikan parameter-parameter yang diamati tampaknya lebih dipengaruhi oleh varietas atau galur kedelai yang digunakan. Pada umumnya kedua varietas dan satu galur kedelai yang diuji memberikan respon yang positif kecuali galur Ceneng yang justru berpengaruh negatif terhadap persen infeksi akar. Namun demikian respon negatif tersebut dapat diabaikan mengingat persen penurunannya yang tidak terlampau besar. Varietas Wilis walaupun merupakan varietas yang paling tua

namun memberikan respon yang paling tinggi terhadap pupuk hayati.

Secara rata-rata, pupuk hayati menghasilkan peningkatan terendah yaitu hanya 10% untuk kadar hara N dan tertinggi sebesar 854% untuk peningkatan serapan hara fosfor. Pemberian pupuk buatan dengan dosis rekomendasi, sekalipun juga diberi pupuk organik dalam bentuk pupuk kandang, belum mampu mendorong aktivitas jasad renik dalam tanah. Hal tersebut ditunjukkan oleh sedikitnya jumlah bintil akar efektif, rendahnya bobot bintil akar, dan rendahnya persen infeksi akar oleh CMA. Aktivitas serapan hara tanaman juga tidak setinggi pada tanaman yang mendapatkan pupuk hayati. Sebagai akibatnya pembentukan bahan kering tanaman melalui fotosintesis juga terhambat yang ditunjukkan dengan lebih rendahnya bobot kering total tanaman. Angka-angka pada Tabel 1 sekaligus mengindikasikan bahwa pemberian pupuk buatan sebaiknya diiringi dengan pemberian pupuk hayati supaya efisiensi dan efektifitasnya meningkat. Penelitian serupa pada tanaman kacang tanah juga menghasilkan kesimpulan yang sama (Bertham, 2002).

Jasad renik, rhizobia maupun CMA, melepaskan berbagai senyawa organik dengan beraneka fungsi, misalnya khelasi ion-ion hara dan fitohormon. Khelasi ion-ion hara dari pupuk buatan dan pupuk organik akan menyebabkan ion-ion tersebut tidak mudah terlindi dari dalam tanah. Dalam jangka panjang ion-ion terikat tersebut akan dilepaskan secara bertahap untuk memenuhi kebutuhan tanaman maupun komunitas jasad renik dalam tanah.

Untuk mendapatkan gambaran mengenai pasangan kedelai – pupuk hayati yang paling cocok untuk ditumbuhkan pada tanah mineral masam, kemudian dilakukan analisis lanjutan. ERPH, ERSHN, ERSHP, dan jumlah bintil akar merupakan hasil interaksi antara varietas, spesies CMA dan strain rhizobia (Tabel 2). ERPH, ERSHN dan ERSHP merupakan besaran-besaran yang menggambarkan kenaikan bobot kering, serapan hara N dan P tanaman kedelai yang diberi pupuk hayati dibandingkan dengan yang diberi pupuk buatan.

Tabel 1. Perbandingan respon tiga varietas kedelai terhadap pupuk rekomendasi dan pupuk hayati

Varietas	Pupuk	Kadar hara (%)		Bobot kering total (g)	Serapan hara (mg)		Jumlah (buah)		Bobot bintil (g)	% infeksi akar
		N	P		N	P	Polong	Bintil		
Wilis	Rekomendasi	2.880	0.210	0.111	3.202	0.236	25	1	0.001	58.333
	Hayati	3.195	0.303	1.281	40.819	3.883	35	6	0.199	85.417
	Peningkatan (%)	11	44	1050	1175	1546	36	533	19767	46
Pangrango	Rekomendasi	2.903	0.213	0.671	19.408	1.433	37	10	0.518	66.667
	Hayati	3.207	0.298	1.585	51.760	4.730	51	56	0.644	80.417
	Peningkatan (%)	10	40	136	162	230	39	446	24	21
Ceneng	Rekomendasi	2.920	0.217	0.271	7.893	0.590	18	0	0.000	70.000
	Hayati	3.215	0.300	1.675	53.946	5.236	23	10	0.085	67.083
	Peningkatan (%)	10	39	517	584	787	28	-	-	4
Rerata peningkatan (%)		10	41	568	640	854	34	554	79	21

Tabel 2. Rangkuman nilai probabilitas Uji Fisher pengaruh inokulasi pasangan CMA dan rhizobia terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas kedelai

Peubah Pengamatan	Probabilitas						
	Var	CMA	Rhiz.	Var x CMA	Var x Rhiz.	CMA x Rhiz.	Var x CMA x Rhiz.
ERPH (%)	0.000	0.005	0.359	0.001	0.606	0.006	0.017
ERSHN (%)	0.000	0.005	0.411	0.001	0.707	0.005	0.008
ERSHP (%)	0.000	0.004	0.246	0.020	0.468	0.002	0.042
Jumlah polong (buah)	0.000	0.813	0.547	0.144	0.768	0.728	0.662
Jumlah bintil (buah)	0.000	0.006	0.732	0.000	0.512	0.102	0.046
Bobot bintil (g)	0.000	0.480	0.147	0.000	0.542	0.298	0.334
Persen Infeksi Akar	0.002	0.003	0.645	0.429	0.882	0.029	0.124

rhiz. = rhizobia

Tabel 3. Perbedaan karakteristik pertumbuhan tiga varietas kedelai yang ditanam di tanah mineral masam

Parameter	Wilis	Pangrango	Ceneng
ERPH (%)	1051.607 a	148.303 c	512.330 b
ERSHN (%)	1174.311 a	171.904 c	575.112 b
ERSHP (%)	1608.373 a	242.531 c	774.481 b
Jumlah polong (buah)	35.000 b	51.000 a	23.000 c
Jumlah bintil (buah)	6.000 c	56.000 a	10.000 b
Bobot bintil (g)	0.199 b	0.644 a	0.087 c
Persen Infeksi Akar	84.58 a	80.42 a	67.080 b

angka sebaris diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Duncan taraf kepercayaan 95%

Dari ketiga faktor yang diuji, hanya faktor varietas yang berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap karakteristik pertumbuhan tanaman kedelai yang diamati. CMA berpengaruh tidak nyata pada jumlah polong dan bobot kering bintil akar ($p > 0.05$) namun berpengaruh sangat nyata

($p < 0.01$) terhadap parameter pertumbuhan lainnya. Rhizobia, dan interaksi rhizobia dengan varietas, sama sekali tidak berpengaruh pada seluruh parameter yang diamati. Namun demikian secara visual ada perbedaan dalam hal pembentukan bintil akar oleh kedua strain rhizobia

yang digunakan dalam penelitian ini. Rhizobia strain KLKR 5.31 menghasilkan bintil akar yang lebih banyak dibandingkan dengan strain TEKR 6.29.

Interaksi Var x CMA, CMA x rhizobia, dan Var x CMA x rhizobia berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap efisiensi pupuk hayati, efisiensi serapan hara N dan efisiensi serapan hara P. Pengaruh interaksi ketiga faktor yang diuji terhadap parameter bintil akar dan persen infeksi terlihat tidak konsisten. Pengamatan bintil akar dan persen kolonisasi CMA yang dilakukan pada umur 90 HST diduga menjadi penyebabnya. Pada umur tersebut diduga terjadi kerusakan bintil dalam jumlah yang relatif banyak karena terhentinya aktivitas pemasokan karbon ke akar. Karbon hasil fotosintesis telah berkurang karena menuanya tanaman dan karena karbon diutamakan untuk ditumpuk dalam bentuk biji. Kolonisasi CMA pada 90 hst tampaknya juga telah mencapai batas maksimumnya sehingga tidak terlihat adanya perbedaan antar perlakuan yang diuji.

ERPH, ERSHN dan ERSHP pada kedelai varietas Wilis berbeda nyata dengan varietas Pangrango dan galur Ceneng, demikian pula galur Ceneng dengan varietas Pangrango (Tabel 3).

Varietas Wilis sekalipun merupakan varietas yang sudah tua namun memiliki efisiensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Pangrango dan Ceneng. Sebagai galur baru, Ceneng memang sudah mampu melampaui Pangrango namun masih belum mampu menyamai Wilis. Namun demikian jika ditinjau dari aspek pertumbuhan lainnya, seperti jumlah polong, jumlah bintil dan bobot bintil justru Pangrango yang lebih unggul dibandingkan dengan Wilis dan Ceneng.

Walau berasal dari rizosfir kedelai yang tumbuh di tanah mineral masam ternyata spesies CMA *Gi. margarita* memiliki kinerja terendah ditinjau dari aspek efisiensi, sedangkan tiga spesies lainnya kinerjanya kurang lebih sama (Tabel 4). Akan tetapi *Gi. margarita* justru tertinggi pengaruhnya terhadap jumlah bintil akar dan persen infeksi akar. Dapat dikatakan setiap spesies CMA memiliki keunggulan sekaligus kelemahan nya masing-masing

Setiap spesies CMA memiliki kemampuan menginfeksi akar tanaman kedelai yang relatif sama. Pada akar kedelai juga terdeteksi adanya penciri struktural spesies CMA, salah satu contohnya adalah terbentuknya sel-sel auksilaria pada akar kedelai yang dikolonisasi oleh spesies CMA *Gigaspora* sp. dan terbentuknya spora intra radikal pada akar kedelai yang dikolonisasi oleh spesies CMA *Glomus manihotis* (Gambar 1).

Sekalipun varietas, CMA dan rhizobia berinteraksi nyata meningkatkan ERPH, ERSHN, ERSHP dan jumlah bintil namun demikian pengaruhnya berbeda-beda satu dengan lainnya (Tabel 5).

Varietas Wilis sekalipun secara mandiri memiliki kinerja tertinggi namun memiliki keterbatasan pasangan CMA dan rhizobia yaitu dengan spesies CMA *Acaulospora* – rhizobia TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* – KLKR 5.31 dan *Gl. manihotis* – KLKR 5.31. Varietas Pangrango, yang memang secara mandiri pengaruhnya terendah, semakin terbatas pasangannya yaitu hanya dengan spesies CMA *Acaulospora* – rhizobia strain TEKR 6.29 dan *Gl. manihotis* - KLKR 5.31. Namun demikian dalam pembentukan bintil akar justru varietas inilah yang paling unggul. Diduga varietas ini memiliki sistem pengalokasian sumberdaya karbon yang lebih baik sehingga sebagian karbon dialokasikan untuk pembentukan bintil akar oleh rhizobia. Sebaliknya dengan galur Ceneng, galur ini memiliki pasangan yang relatif lebih lebar dibandingkan dengan dua varietas lainnya. Ceneng mampu berpasangan dengan spesies CMA *Gi. Margarita* – rhizobia strain TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* dan *Gl. manihotis* dengan strain rhizobia strain KLKR 5.31 maupun TEKR 6.29. Sekalipun angka-angkanya tidak sedramatis varietas Wilis, namun galur Ceneng cenderung memberikan respon yang lebih mantap dengan keempat spesies CMA dan dua strain rhizobia yang diuji. Angka-angka pada Tabel 4 juga menunjukkan bahwa CMA spesies *Acaulospora* dan *Glomus* menunjukkan keunggulan tersendiri dibandingkan dengan *Gigaspora*. Pasangan-pasangan demikian

sekaligus memperlihatkan pula betapa tidak efektifnya kedua strain rhizobia jika tidak dipasangkan dengan keempat spesies CMA.

Perubahan kinerja CMA jika pasangannya berubah memang sudah sering dilaporkan. Penelitian pada tanaman kopi asal Colombia menunjukkan kemampuan *Gl. manihotis* dibandingkan dengan *G. mosseae*, *Acaulospora tuberculata* dan *Scutelospora heterogama* (Rivillas and Dodd, 1996). *Gl. manihotis* dikenal sebagai CMA yang sangat agresif dalam mengkolonisasi akar berbagai macam tanaman tropika yang tumbuh di tanah-tanah masam (Dodd *et al.*, 1990; Sieverding, 1991), volume kortek akar yang didiami oleh CMA ini juga terbesar dibandingkan CMA lainnya dan juga terbukti

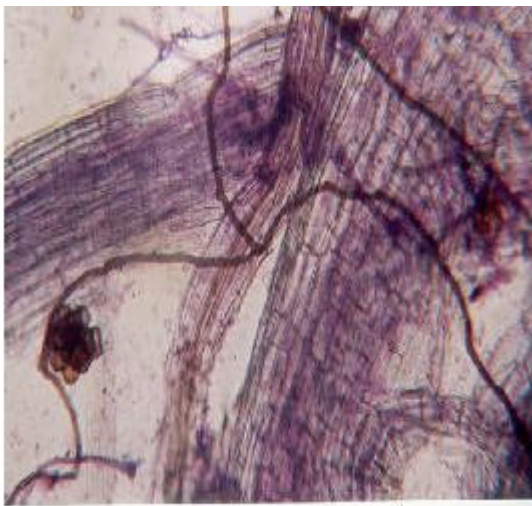
paling efektif meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara tanaman tropika (Rivillas and Dodd, 1996).

Pada tanaman *Trifolium subterraneum*, *Glomus sp.* hanya mampu membentuk mintakat pengosongan P sejauh 31 mm sedangkan *Acaulospora laevis* dapat mencapai 81 mm, akan tetapi efektivitas *Glomus* di mintakat sangat dekat akar justru lebih tinggi daripada *A. laevis* (Jakobsen *et al*, 1992). Pada tanaman jagung, mintakat pengosongan fosfor oleh *A. laevis* justru lebih kecil daripada yang dihasilkan oleh *Gi. margaritas* dan *Gl. intraradices*, akan tetapi *A. laevis* justru lebih efisien dalam mengangkut N per satuan panjang hifanya (Frey and Schüepp, 1993).

Tabel 4. Pengaruh CMA terhadap beberapa parameter pertumbuhan tanaman

CMA	ERPH (%)	ERSHN (%)	ERSHP (%)	Σ bintil (buah)	% infeksi akar
<i>Acaulospora sp</i>	604.485 b	686.341 b	839.662 a	12 a	80.56 bc
<i>Gi. margarita</i>	394.051 a	448.258 a	612.189 a	42 b	90.56 c
<i>Gl. etunicatum</i>	666.853 b	722.402 b	1066.001 b	23 a	66.11 a
<i>Gl. manihotis</i>	617.397 b	704.767 b	982.662 b	19 a	72.22 ab

angka sekolom diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Duncan taraf kepercayaan 95%



Gambar 1. Struktur intraradikal berupa sel-sel auksilaria dari akar kedelai yang terinfeksi *Gigaspora margarita* (kiri) dan spora intraradikal pada akar yang terinfeksi *Gl. manihotis* (kanan)

Tabel 5. Interaksi varietas, CMA dan rhizobia terhadap ERPH, ERSHN, ERSHP dan jumlah bintil pada tanaman tiga varietas kedelai

Varietas	CMA	Rhiz.	ERPH (%)	ERSHN (%)	ERSHP (%)	Σ bintil (buah)
Wilis	<i>Acaulospora</i> sp.	KLKR	990.842 cde	1119.448 bcd	1199.374 cde	3 d
		TEKR	1647.797 a	1863.935 a	2447.602 a	3 d
	<i>Gi. margarita</i>	KLKR	376.478 ghij	437.188 fg	630.368 defghi	4 d
		TEKR	855.655 cdef	959.832 cde	1344.236 bcd	11 d
	<i>Gl. etunicatum</i>	KLKR	1456.725 ab	1572.347 ab	2387.135 a	8 d
		TEKR	1123.251 bcd	1184.756 bc	1734.715 abc	7 d
	<i>Gl. manihotis</i>	KLKR	1277.395 abc	1458.607 ab	2096.478 ab	4 d
		TEKR	684.715 defg	798.374 cdef	1027.073 cdef	11 d
Pangran go	<i>Acaulospora</i> sp.	KLKR	70.570 j	90.537 i	86.753 k	6 d
		TEKR	239.771 hij	267.227 ghi	358.375 ghijk	20 d
	<i>Gi. margarita</i>	KLKR	167.664 ij	196.853 hi	273.043 ijk	148 a
		TEKR	57.585 j	71.274 i	116.616 jk	84 b
	<i>Gl. etunicatum</i>	KLKR	157.395 ij	175.197 hi	267.324 hijk	38 cd
		TEKR	145.576 ij	165.715 hi	238.328 ijk	70 bc
	<i>Gl. manihotis</i>	KLKR	225.386 hij	260.481 ghi	360.145 ghijk	14 d
		TEKR	122.476 j	147.944 i	239.666 ijk	71 bc
Cenereng	<i>Acaulospora</i> sp.	KLKR	307.799 hij	350.292 ghi	376.990 ghijk	31 cd
		TEKR	370.134 ghij	426.605 fg	568.881 efghi	10 d
	<i>Gi. margarita</i>	KLKR	332.338 ghij	380.142 fg	492.826 fghij	3 d
		TEKR	574.586 efgh	644.261 defg	816.041 defg	3 d
	<i>Gl. etunicatum</i>	KLKR	604.994 efgh	668.878 defg	937.055 cdef	15 d
		TEKR	513.178 fg	567.517 efgh	831.448 defgh	3 d
	<i>Gl. manihotis</i>	KLKR	610.771 efgh	683.864 defg	927.455 cdef	5 d
		TEKR	784.840 def	879.336 cde	1245.155 bcd	10 d

Rhiz = rhizobia, angka sekolom diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Duncan taraf kepercayaan 95%

Gi. margarita pada akar kedelai umumnya menghasilkan aktivitas fosfatase yang lebih tinggi sehingga kadar P jaringannya juga lebih tinggi daripada *Glomus intraradices*, akan tetapi pada tanaman jagung pengaruh kedua CMA itu relatif sama (Khalil *et al.*, 1994). Pertumbuhan hifa CMA juga lebih peka terhadap kadar hara N, P, Na dan sukrosa (Beard and Piche, 1992). Pada ubi kayu, *Gi. margarita* menghasilkan serapan P yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Gl. manihotis* apapun sumber fosfornya (Sieverding and Galvez, 1988). Tapi pada tanaman sorghum, kadar P jaringan tanaman sorghum akan lebih tinggi jika akarnya dikolonisasi *Gl. etunicatum* yang lebih efektif menurunkan toksisitas Al daripada *Gl. intraradices* (Medeiros *et al.*, 1994). Dari laporan-laporan tersebut dapat disimpulkan bahwa respon CMA tidak hanya ditentukan oleh spesies CMAnya saja akan tetapi juga oleh isolat dan tanaman inang serta jenis haranya.

Dalam penelitian ini, kenaikan jumlah bintil akar berkorelasi positif dengan kenaikan jumlah polong ($r = 0,37^{**}$), sedangkan kenaikan bobot

bintil berkorelasi positif dengan ERPH ($r = 0,38^*$), ERSHN ($r = 0,37^*$) dan ERSHP ($r = 0,38^{**}$), sedangkan kenaikan kadar N berkorelasi positif dengan kenaikan persen infeksi akar. Cardoso (1996) melaporkan jumlah bintil tidak selalu berkorelasi dengan serapan N, persen infeksi akar oleh CMA juga tidak selalu berkorelasi positif dengan serapan P. Salah satu penyebabnya menurut Cardoso (1996) adalah bentuk pupuk P yang diberikan. Parameter CMA akan berkorelasi positif dengan parameter pertumbuhan jika pupuk P yang diberikan adalah dalam bentuk yang lambat atau sulit tersedia.

KESIMPULAN

Tingginya efisiensi relatif pupuk hayati (ERPH), efisiensi relatif serapan hara N (ERSHN) dan P (ERSHP) merupakan perwujudan dari interaksi segitiga antara CMA, rhizobia dan varietas kedelai. Inokulasi rhizobia tampaknya tidak akan berhasil jika tidak diiringi dengan inokulasi CMA pada ketiga varietas kedelai yang

diuji. Setiap varietas kedelai menghendaki pasangan jasad reniknya sendiri-sendiri, varietas Wilis dengan spesies CMA *Acaulospora* sp – rhizobia TEKR 6.29, *Gl. etunicatum* – KLKR 5.31, *Gl. manihotis*- KLKR; varietas Pangrango dengan *Acaulospora* sp – TEKR 6.29, *Gl. manihotis* – KLKR 5.31; sedangkan galur Ceneng dengan *Gi. margarita* –TEKR 6.29, *Gl. etunicatum*- KLKR 5.31, *Gl. etunicatum* –TEKR 6.29, *Gl. manihotis* – KLKR 5.31, dan *Gl. manihotis* – TEKR 6.29. Respon oleh galur Ceneng relatif lebih mantap dibandingkan dengan respon oleh varietas Wilis dan Pangrango walaupun angka-angkanya tidak setinggi pada varietas Wilis. Hal ini mengindikasikan galur Ceneng bersifat lebih terbuka dengan CMA dan rhizobia.

DAFTAR PUSTAKA

- Barea, J.M., R.M. Tobar., and C. Azcon-Aguilar. 1996. Effects of a genetically modified *Rhizobium meliloti* inoculant on the development of arbuscular mycorrhizas, root morphology, nutrient uptake and biomass accumulation in *Medicago sativa*. *New Phytologist* 134: 361-369.
- Becard, G. and Y. Piche. 1992. Establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza in root organ culture: review and proposed methodology. Pages 89-108 in J.R. Norris, D.J. Read, and A.K. Varma, eds. *Methods in Microbiology* Vol 24. Academic Press, London.
- Bertham, Y.H. 2002. Potensi pupuk hayati dalam peningkatan produktivitas kacang tanah dan kedelai pada tanah seri Kandanglimun Bengkulu. *JUPI*. 4(1): 18 - 26
- Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil* 134: 189-207
- Cardoso, E.J.B.N. 1996. Interaction of mycorrhiza, phosphate and manganese in soybean. Pages 304-306 in C. Azcon-Aguilar and J.M. Barea, eds. *Mycorrhiza in Integrated Systems from Genes to Plant Development*. Proc. of the 4th European Symp. on Mycorrhizas. Directorate General Science, Research and Development of the European Communities. Brussels, Luxembourg.
- Dodd, J.C., I. Arias, I. Koomen and D.S. Hayman. 1990. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. *Plant Soil* 122: 229-240
- Fitter, A.H. and J. Garbaye. 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. *Plant and Soil* 159: 123 – 132.
- Frey, B. and H. Schüepp. 1993. Acquisition of nitrogen by external hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Zea mays* L. *New Phytol.* 124-221-230
- Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology* 32:91 – 96.
- Jakobsen, I., L.K. Abbot, and A.D. Robson. 1992. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. *New Phytol.* 120: 371-380
- Johnson, N.C., J.H. Graham, F.A. and Smith. 1997. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytologist* 135, 575-585.
- Khalil, S., T.E. Loynachan, and M.A. Tabatai. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. *Agron. J.* 86: 949-958
- Medeiros, C.A.B., R.B. Clark, and J.R. Ellis. 1994. Effects of excess aluminium on mineral uptake in mycorrhizal sorghum. *J. Pl. Nutr.* 17: 2203-2219
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Montgomery, D.C. 1991. *Design and Analysis of Experiments*. 3^d ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Noel, T.C, C. Sheng, C.K. Yost, R.P. Pharis, and M.F. Hynes, M.F. 1996. *Rhizobium leguminosarum* as a plant growth promoting rhizobacterium: direct growth promotion of canola and lettuce. *Canadian Journal of Microbiology* 42: 279-283.

- Philips, J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assement of infection. *Trans Br. Mycol. Soc.* 55(1): 158-161
- Plenchette, C., J.A. Fortin and V. Furlan. 1983. Growth response of several plant species to mycorrhiza in a soil of moderate P fertility: I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil* 70: 199–209.
- Pusat Penelitian Tanah, 1983. Terms of Reference Type AS. P3MT PPT, Bogor.
- Rivillas, C.A. and J.C. Dodd. 1996. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on two different coffee varieties from Colombia and their biochemical detection in roots. Pages 47-50 in C. Azcon-Aguilar and J.M. Barea, eds. *Mycorrhiza in Integrated Systems from Genes to Plant Development*. Proc. of the 4th European Symp. on Mycorrhizas. Directorate General Science, Research and Development of the European Communities. Brussels, Luxembourg.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agroeco-systems*. GTZ, Eschborn, Republic of Germany.
- Sieverding, E. and A.L. Galvez. 1988. Soils and phosphate sources affect performance of VA mycorrhizal fungi with cassava. *Angew. Botanik* 62: 283-293
- Somasegaran, P. and N.J. Hoben. 1994. *Handbook for Rhizobia. Methods on Legum-Rhizobium Technology*. Springer Verlag, New York
- Sreenivasa, M.N., G.T. Basavarga and J.M. Kulkarni. 1995. Vesicular-arbuscular mycorrhiza assist in nodulation and N₂ fixation in soybean. *Journal of Maharashtra Agricultural Univerisity* 20: 292-293.
- Thorneley, R.N.F. 1992. Nitrogen fixation-new light on nitrogenase. *Nature* 360: 532-533
- Xie, Z., C. Staehelin, H. Vierheilig, A. Wiemken, S. Jabbouri, W.J. Broughton, R. Vogeli-Lange, and T. Boiler. 1995. Rhizobial nodulation factors stimulate mycorrhizal colonization of nodulating and non-nodulating soybeans. *Plant Physiology* 108: 1519-1525