

PUPUK HAYATI UNTUK MENDUKUNG PENGEMBANGAN PRODUKSI KEDELAI DI TANAH MASAM

Arief Harsono¹⁾, E. Husein²⁾, Didik Sucahyono¹⁾, dan Siti Muzaiyanah¹⁾

ABSTRAK

Pupuk hayati untuk mendukung pengembangan kedelai di tanah masam. Produksi kedelai di Indonesia hingga kini baru dapat memenuhi 40% kebutuhan domestik, karena areal panennya kurang luas dan produktivitasnya rendah. Untuk pengembangan kedelai, di Indonesia tersedia tanah masam 18,5 juta ha yang sebagian besar sudah dimanfaatkan untuk usahatani tanaman pangan dan perkebunan. Dengan pengaturan polatanam yang tepat, kedelai dapat dibudidayakan di lahan tersebut dengan keuntungan memadai. Pengembangan kedelai ke tanah masam juga selaras dengan program pembangunan Kementerian Pertanian ke depan yang akan difokuskan pada lahan suboptimal. Kendala pengembangan kedelai di tanah masam di antaranya adalah pH tanah rendah, ketersediaan hara N, P, K, Ca, dan Mg rendah, kejenuhan Al-dd, kandungan Fe dan Mn tinggi, serta miskin biota tanah. Di tanah masam, penggunaan pupuk hayati dan pupuk organik yang efektif pada kedelai, mampu menghemat kebutuhan NPK lebih dari 50%, dan menghasilkan biji (>2,0 t/ha) lebih tinggi dibanding dipupuk NPK rekomendasi. Di sentra produksi ubikayu, kedelai dapat dikembangkan dengan menerapkan polatanam ubikayu + kacang tanah /+ kedelai, atau ubikayu + kedelai, masing-masing untuk lahan dengan jumlah bulan basah lebih dan kurang dari lima bulan per tahun. Penerapan pola tanam ini mampu meningkatkan intensitas tanam, mengurangi risiko kegagalan panen, dan meningkatkan pendapatan petani, dari 11–13 juta rupiah menjadi 23–27 juta rupiah per hektar tanpa menurunkan hasil ubikayu. Pola tanam tersebut, juga dapat diterapkan pada lahan perkebunan karet dan sawit muda. Keberhasilan upaya pengembangan kedelai pada tanah masam memerlukan: (1) Dukungan program dari penentu kebijakan, (2) Insentif penyediaan sarana produksi, jaminan harga dan pasar, dan (3) Investor yang bergerak di bidang industri dan perdagangan kedelai.

Kata kunci: pupuk hayati, kedelai, *Glycine max*, tanah masam

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Kotak Pos 66 Malang 65101 Telp. 0341-801468, Fax: 0341-801496; e-mail: rifharsono@yahoo.com

²⁾ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114, Bogor.

Naskah diterima tanggal 24 Juli 2014; disetujui untuk diterbitkan tanggal 29 September 2014.

Diterbitkan di Buletin Palawija No. 28: 102–114 (2014).

ABSTRACT

Biofertilizers to support soybean production on acid soil. Soybean production supplies about 40% of the domestic demand due to limited harvested area and low productivity. Acid soil is available about 18.5 million ha for soybean plantation in Indonesia, and most of this area has been utilized for farming both food and industrial plants. By arranging a good farming pattern, soybean can be introduced to the acid soil and benefit is reasonable. Soybean cultivation in acid soil is in line with a program set up by the Indonesian Ministry of Agriculture which focuses on the development of suboptimal soil. The obstacles of soybean cultivation in acid soils are low soil pH, low availability of N, P, K, Ca, and Mg, high saturated Al-dd, high Fe and Mn, and poor soil microbe population. Applications of effective biological fertilizers and organic fertilizers are able to reduce NPK (inorganic) fertilizers more than 50%, and produce seed yield of >2.0 t/ha, which is higher than that obtained by recommended NPK fertilizer. In central cassava production areas, where there are about five wet months a year, soybean crop can be cultivated by applying cropping pattern of: cassava + groundnut /+ soybean, or cassava + soybean, respectively. These cropping patterns increase cropping intensity, reduce the risk of crop failure, and increase farmer income, from 11–13 million rupiahs to 23–27 million rupiahs per ha, without reducing the cassava yield. These cropping patterns can also be applied to the young rubber and oil-palm plantations. The keys for the success of soybean cultivation in acid soils require: (1) Support from policy makers, (2) Incentives of inputs, price and market guarantee, and (3) Investors in processing and trading of soybean.

Keywords: biofertilizer, soybean, *Glycine max*, acid soil

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi kedelai untuk mendukung pembangunan pertanian, masih sangat strategis terkait dengan visi pembangunan pertanian ke depan yang berorientasi pada bio-industri. Komoditas kedelai mempunyai spektrum peran yang beragam. Bintil akar tanaman kedelai mampu memfiksasi nitrogen dari udara, daun-daunnya yang luruh sebelum panen menambah kesuburan tanah, dan bijinya dapat diolah menjadi berbagai produk industri pangan, pakan dan energi. Oleh karena itu,

pengembangan kedelai sangat relevan dengan visi pembangunan pertanian ke depan.

Produksi kedelai nasional hingga kini belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Hal itu disebabkan oleh dua masalah pokok, yaitu areal panen kedelai kurang luas dan produktivitasnya masih rendah. Luas panen kedelai nasional dalam 10 tahun terakhir (2004–2013) turun dari 1,6 juta ha menjadi sekitar 700 ribu ha. Meskipun produktivitasnya naik dari 1,1 t/ha menjadi 1,4 t/ha, tetapi masih jauh di bawah potensi hasil varietasnya yang mampu menghasilkan lebih dari 2,5 t/ha (BPS 2014, Balitbangtan 2012). Untuk mencapai swasembada, setidaknya diperlukan areal panen 1,8 juta ha, dengan produktivitas 1,5 t/ha (Harsono 2008). Menurunnya luas areal panen kedelai tersebut disebabkan minat petani bertanam kedelai berkurang, karena secara ekonomis kalah bersaing dengan palawija lain, khususnya jagung. Rendahnya produktivitas menunjukkan bahwa teknologi budidaya kedelai yang diterapkan petani belum sesuai dengan sifat lahannya. Agar petani berminat menanam kedelai, diperlukan teknologi budidaya kedelai spesifik lokasi yang mampu memberikan hasil tinggi, efisien, dan mempunyai daya saing kuat terhadap usahatani palawija lain.

Kontribusi luas areal panen terhadap produksi kedelai nasional selama ini lebih besar dibanding peningkatan produktivitas. Oleh karena itu upaya peningkatan produksi kedelai untuk mencapai swasembada, selain melalui peningkatan produktivitas, mutlak diperlukan perluasan areal panen. Perluasan areal tanam, apabila mengacu pada SIPP 2013–2045 (Biro Perencanaan Kementan 2013) yang diprioritaskan pada lahan sub optimal, maka pengembangan kedelai ke tanah masam sangat relevan dengan program tersebut.

Di Indonesia tersedia tanah masam yang sesuai untuk pengembangan tanaman pangan sekitar 18,5 juta hektar (Mulyani 2006). Namun untuk mendapatkan hasil kedelai yang tinggi di tanah masam, diperlukan amelioran tanah dan pupuk anorganik relatif tinggi. Ketergantungan petani terhadap penggunaan amelioran dan pupuk anorganik yang masih besar tersebut, secara bertahap perlu dikurangi, misalnya dengan penggunaan varietas toleran tanah masam, dan penggunaan pupuk berbahan baku terbarukan seperti pupuk hayati dan organik yang diperkaya kandungan haranya. Hal ini sekaligus juga sebagai antisipasi terhadap kebi-

jakan pemerintah yang akan terus mengurangi subsidi pupuk anorganik, sehingga harganya akan semakin mahal.

Hal lain yang perlu mendapat perhatian dalam pengembangan kedelai agar petani tertarik untuk bertanam kedelai adalah: (a) Usahatani kedelai harus dapat memberikan hasil tinggi dan menguntungkan, dan (b) diupayakan kedelai dapat ditanam secara tumpangsari di sentral produksi palawija/perkebunan tanpa menurunkan produksi tanaman utama secara berarti, dan petani mendapat tambahan penghasilan dari budidaya kedelai.

Terkait dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan produksi kedelai dengan perluasan areal panen/tanam ke lahan sub optimal (tanah masam) yang mempunyai potensi cukup besar tetapi memerlukan input pupuk anorganik relatif tinggi, makalah ini akan membahas potensi dan kendala pengembangan kedelai di tanah masam, keefektifan pupuk hayati di tanah masam, viabilitas pupuk hayati, dan teknik budidaya tanaman yang dapat diterapkan untuk pengembangan kedelai di tanah masam.

POTENSI TANAH MASAM UNTUK PENGEMBANGAN KEDELAI

Luas lahan kering masam di Indonesia mencapai 103 juta hektar, meliputi lima jenis tanah dengan urutan dari yang terluas adalah Ultisol, Inceptisol, Oxisol, Entisol, dan Spodosol (Tabel 1). Dari luas lahan tersebut, lahan yang sesuai untuk pengembangan tanaman pangan, termasuk kedelai, mencapai sekitar 18,5 juta hektar, sebagian besar berada di Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Mulyani 2006). Meskipun lahan tersebut sebagian sudah dimanfaatkan untuk komoditas lain seperti komoditas perkebunan (karet, sawit, dan tebu), komoditas pangan (ubikayu, padi gogo, dan jagung), dan selebihnya masih berupa hutan, semak-belukar, maupun padang alang-alang. Dengan pengaturan polatanam yang baik, kedelai berpeluang dapat ditanam pada areal yang sama. Saat ini telah tersedia varietas kedelai toleran tanah masam (Tanggamus, Slamet), toleran naungan (Dena, Wilis), toleran cekaman kekeringan (Dering, Detam 3.), dan toleran terhadap gangguan hama/penyakit utama, sehingga kedelai dapat ditanam di tanah masam secara tumpang sari maupun monokultur dengan pengaturan pola tanam.

Tabel 1. Luas dan sebaran lahan kering masam di Indonesia berdasarkan jenis tanah.

Wilayah	Luas lahan kering masam berdasarkan jenis tanah (juta ha)					
	Spodosol	Entisol	Oxisol	Inceptisol	Ultisol	Total
Sumatera	0,02	0,96	5,93	13,41	9,39	29,71
Jawa dan Madura	—	0,23	0,27	2,29	1,17	3,96
Bali dan Nusa Tenggara	—	0,04	—	0,04	0,03	0,11
Kalimantan	2,06	1,45	4,88	10,97	20,09	39,45
Sulawesi	—	0,21	0,66	4,41	4,24	9,52
Papua dan Maluku	—	1,27	2,60	9,93	7,00	20,80
Indonesia	2,08	4,17	14,34	41,05	41,92	103,55

Sumber: Mulyani (2006), angka dibulatkan.

Tabel 2. Sifat kimia tanah masam beberapa daerah di Indonesia.

Sifat lahan	Karakteristik tanah masam pada			
	Perkebunan karet muda Lampung Timur	Sentral ubikayu Lampung Timur	Sentral jagung Kalimantan Selatan	Pasangsurut Tipe C Jambi
pH H ₂ O	3,9	4,4	5,2	5,2
pH KCl	—	3,9	—	—
C-organik (%)	0,35	0,25	1,66	1,75
N (%)	0,03	0,02	1,12	0,14
P ₂ O ₅ (ppm)	—	6,50	33,30	13,8
SO ₄ (ppm)	—	—	48,70	—
K (me/100 g)	0,04	—	0,07	0,67
Na (me/100 g)	0,001	0,10	0,06	0,32
Ca (me/100 g)	0,70	0,88	1,38	4,04
Mg (me/100 g)	0,60	0,49	0,49	3,93
Al dd (me/100 g)	2,14	2,05	1,26	1,80
Kejenuhan Al(%)	61,48	56,00	45,65	17,54
KTK (me/100 g)	3,48	5,86	10,50	17,54
Zn (ppm)	—	—	0,74	—
Mn (ppm)	—	—	12,67	27,5

Sumber: Harsono *et al.* 2012 dan 2013, Taufiq *et al.* 2009.

Kendala teknis yang dihadapi dalam pengembangan kedelai di tanah masam adalah pH tanah rendah (<5,0), kadar Al tinggi, fiksasi P tinggi, kandungan basa dapat ditukar dan KTK rendah, kandungan Fe dan Mn dalam batas meracuni (Tabel 2) dan miskin elemen biotik seperti bakteri penambat N dan pelarut P, sehingga kurang sesuai untuk pengembangan kedelai. Beberapa peneliti juga melaporkan bahwa pada tanah masam, pH tanah yang rendah menyebabkan kandungan Al, Fe, dan Mn terlarut menjadi tinggi sehingga dapat meracuni tanaman, selain itu miskin unsur hara makro esensial seperti N, P, K, Ca, dan Mg serta bahan organik (Sudarman 1987, Taufiq dan Kustiyastuti 2004, Hilman dan Rahmania 2004,

Zaini 2005, Hilman 2005, Harsono *et al.* 2010, Taufiq *et al.* 2011, Wijanarko *et al.* 2011). Agar tanaman kedelai pada tanah masam dapat tumbuh optimal dan memberikan hasil maksimal pada lingkungan tersebut diperlukan input amelioran berupa kapur dan bahan organik, serta pupuk anorganik NPK relatif tinggi (Harsono *et al.* 2011b dan 2012). Batas toleransi tanaman kedelai terhadap kejenuhan Al adalah 20% (Arya 1990), sehingga di tanah masam dengan tingkat kejenuhan Al-dd lebih dari 20% diperlukan amelioran agar kedelai dapat tumbuh baik. Pada lahan gambut, pemberian amelioran alopau, serbuk padi maupun kombinasi antara alopau dan serbuk padi dapat meningkatkan hasil kedelai hingga 1,48 t/ha (Paiman 2012).

Upaya perluasan areal tanam kedelai di tanah masam secara monokultur tidak mudah, karena minat petani untuk menanam kedelai kalah bersaing dengan komoditas lain yang lebih menguntungkan, seperti: padi, jagung, kacang tanah, dan ubikayu, bahkan di luar Jawa saat ini tanaman perkebunan (karet dan sawit) berkembang sangat pesat. Oleh karena itu, peluang yang dapat ditempuh dalam pengembangan kedelai adalah penerapan tumpangsari kedelai dengan tanaman pangan lain, atau memanfaatkan ruang tumbuh di antara tanaman perkebunan muda.

Usahatani kedelai di areal perkebunan karet dan sawit muda, merupakan sebagian dari upaya yang dapat dilakukan namun tidak permanen, karena setelah tanaman perkebunan tumbuh besar, lahan yang sama sudah tidak dapat ditanami kedelai karena mendapat naungan berat dari kanopi komoditas tersebut. Untuk memperoleh areal pertanaman kedelai yang permanen, dalam arti setiap tahun areal tersebut dapat ditanami kedelai, di antaranya yang prospektif adalah penerapan tumpangsari kedelai dengan ubikayu, atau kedelai dengan jagung. Perkembangan areal pertanaman ubikayu dan jagung di Indonesia dalam tiga tahun terakhir relatif stabil termasuk di lahan kering masam, terutama di Sumatera dan Kalimantan (Tabel 3), di mana ubikayu dan jagung sebagian besar dibudidayakan secara monokultur.

KENDALA PENGEMBANGAN KEDELAI DI TANAH MASAM DAN PENGELOLAANNYA

Meskipun lahan kering masam tersedia luas, tetapi pemanfaatannya untuk tanaman kedelai

dihadapkan pada banyak masalah, terutama dalam hal kesuburan kimia dan biologi tanah seperti diuraikan di muka. Pada pH rendah dengan kejenuhan Al-dd tinggi (>20%), akar kedelai kurang dapat berkembang dan bintil akar tidak terbentuk dengan baik (Ritchie 1989; Harsono *et al.* 2010), sehingga serapan hara dan penambatan nitrogennya tidak optimal. Di Ultisol Lampung dengan pH 3,9–4,9 kejenuhan Al 389–66%, C-organik rendah-sedang, P-tersebut (Bray-1) 2,1–11,8 ppm, K-dd 0,01–0,05 me/100 g tanah, Ca-dd 0,37–1,86 me/100 g tanah, dan Mg-dd 0,35–0,66 me/100 g tanah, pertumbuhan kedelai varietas Wilis sangat kurus bila tanahnya tidak dikapur. Tanaman akan tumbuh mendekati normal apabila kejenuhan Al-nya diturunkan hingga sekitar 20%.

Dari segi kesuburan biologi, tanah masam yang belum pernah atau jarang ditanami kedelai, populasi bakteri rhizobium dan bakteri pelarut P-nya sangat rendah (<65 cfu/100 g tanah) (Prihastuti *et al.* 2006), dan tanaman kedelai tidak mampu membentuk bintil akar. Tanaman kedelai yang demikian, meskipun pada awal pertumbuhan dipupuk N hingga setara 100 kg Urea/ha ternyata belum cukup. Tanaman pada umur sekitar 50 hari daun-daunnya mulai menguning akibat kekurangan N dan pada umur sekitar 70 hari daun sudah mulai luruh.

Kondisi ini juga diperberat oleh kahat P akibat tersedianya hara P dalam tanah sangat rendah (Subandi 2012), mengakibatkan tanaman tidak dapat menghasilkan secara maksimal meskipun pertumbuhan vegetatifnya mendekati optimal. Pada kondisi demikian, penggunaan inokulan rhizobium toleran masam yang efektif akan berperan penting, karena kedelai mampu

Tabel 3. Perkembangan areal panen ubikayu dan jagung di Indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan kedelai dengan pengaturan polatanam.

Wilayah	Luas panen (x1000 ha)					
	Ubikayu			Jagung		
	2011	2012	2013*	2011	2012	2013*
Sumatera	434,0	393,3	391,9	825,9	794,5	752,8
Jawa	545,6	534,4	490,6	1945,7	2011,3	1958,9
Bali & NT	112,5	104,6	92,1	558,9	383,4	398,8
Kalimantan	25,8	24,7	24,0	71,2	73,2	676,1
Sulawesi	42,3	52,9	44,2	640,2	674,6	624,2
Maluku & Papua	21,2	19,5	18,2	22,6	20,5	17,8
Indonesia	1184,6	1129,6	1061,2	3864,6	3957,6	3820,2

Sumber: BPS 2014. *Angka sementara.

membentuk bintil akar sehingga kebutuhan hara N dapat dipenuhi hingga periode pengisian polong berakhir. Selain itu, tanah masam juga cenderung kahat K (Karti *et al.* 2013). Hal ini berpengaruh pada fase generatif tanaman. Kahat unsur K menjadikan tanaman kedelai berpolong sedikit, sehingga produktivitasnya rendah (Bertham dan Abimanyu 2012).

Pengelolaan kedelai pada tanah masam untuk menghasilkan produktivitas tinggi dapat dilakukan dengan pengapuran, pemberian bahan organik dan pemberian pupuk hayati. Pengapuran dapat menurunkan Al-dd tanah (Winarso *et al.* 2009) dan meningkatkan pH tanah (Verde *et al.* 2013). Kombinasi antara kapur dan bahan organik selain dapat meningkatkan pH tanah lebih tinggi dibandingkan hanya dengan pengapuran saja, juga dapat meningkatkan kandungan P larut dalam tanah (Winarso *et al.* 2014). Pemberian pupuk hayati merupakan alternatif lain pengolahan tanah masam yang mempunyai prospek baik. Penggunaan pupuk hayati meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (Misran 2013). Pemberian bakteri *Bradyrhizobium japonicum* meningkatkan berat brangkasan tanaman kedelai hingga 44% dibanding kontrol, dan berat akar kering 45% dibanding kontrol (Saadpanah *et al.* 2013). Pemberian kapur juga mempengaruhi optimalisasi penggunaan pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Suryantini (2014a) melaporkan bahwa pemberian *Pseudomonas* isolat-2 sebanyak 10 ml/5 kg tanah yang dikombinasikan dengan dolomit 400 kg/ha dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan hasil 21,3% dibanding kontrol. Sementara itu pemberian *Pseudomonas* isolat-2 sebanyak 10 ml/5 kg tanah tanpa dolomit hanya meningkatkan hasil 19% dibandingkan kontrol.

Dengan pengelolaan tanaman yang baik, produktivitas kedelai di lahan kering masam di Lampung Tengah dapat mencapai 2,1 t/ha (Taufiq *et al.* 2009), di tanah masam pasang surut Jambi mampu menghasilkan 2,4 t/ha (Taufiq *et al.* 2009), dan kedelai pada kebun karet muda Lampung Timur dapat mencapai 0,5 t/ha pada populasi tanaman kedelai 40%, dan tumpangsari kedelai dengan ubikayu di Lampung Timur mampu menghasilkan kedelai 1,2 t/ha, dengan hasil ubikayu 23 t/ha (Harsono *et al.* 2010 dan 2011b). Suryantini (2014b) juga mengemukakan pemberian pupuk PK + pupuk kandang dapat meningkatkan hasil 70% dibandingkan kontrol di Lampung Timur.

EFEKTIVITAS PUPUK HAYATI DI TANAH MASAM

Untuk memperoleh hasil kedelai yang tinggi pada tanah masam bergantung pada penggunaan pupuk organik dan kimia yang tidak sedikit sehingga banyak membutuhkan biaya (Subandi *et al.* 2011). Refliaty *et al.* (2011) melaporkan bahwa dibutuhkan kompos dari kotoran sapi sebanyak 20 t/ha untuk meningkatkan hasil kedelai 1,1 t/ha. Penyediaan pupuk kandang sejumlah itu selain tidak mudah juga membutuhkan tenaga cukup besar untuk pemberiannya. Sementara itu, meskipun kapasitas sapi dewasa untuk menghasilkan kotoran sebagai bahan baku pupuk kandang mencapai 25 kg/hari (Panjaitan 2014), tetapi sangat sedikit petani yang memelihara sapi dalam jumlah cukup. Untuk menurunkan biaya produksi, dapat digunakan pupuk alternatif yang lebih efisien di antaranya adalah pupuk hayati dan organik yang diperkaya kandungan haranya. Penggunaan pupuk tersebut, juga mempunyai peran strategis karena akan menurunkan ketergantungan terhadap penggunaan pupuk anorganik yang harganya semakin mahal dan berpotensi lebih besar dalam mencemari lingkungan bila pemberiannya melebihi kebutuhan tanaman. Saat ini telah banyak dihasilkan pupuk hayati oleh berbagai Lembaga Riset dan Perguruan Tinggi, yang sudah dikomersialkan dan beredar di pasaran. Pupuk hayati yang ditawarkan cukup beragam, antara lain pupuk hayati yang mengandung mikroba penambat N (simbiotik dan non-simbiotik), pelarut fosfat, penghasil zat pemacu tumbuh, pengendali cekaman lingkungan dan patogen, baik yang diproduksi dalam bentuk pupuk hayati tunggal maupun dalam bentuk majemuk (Husen 2012). Semua produk pupuk hayati tersebut mampu meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Selain itu, pupuk hayati juga dapat meningkatkan jumlah mikroorganisme dan kesuburan tanah (Pesakovic *et al.* 2013) (Tabel 4 dan 5).

Terkait dengan produk pupuk hayati, Komite Inovasi Nasional (KIN) sejak tahun 2011/2012 bekerjasama dengan Badan Litbang Pertanian mengkaji keefektifan produk pupuk dari Badan Litbang Pertanian, IPB, LIPI, dan BPPT. Beberapa produk pupuk hayati yang dikaji ada yang bersifat dekomposer bahan organik tanah, penambat nitrogen, pelarut hara fosfor, hormon pemacu pertumbuhan, dan bakteri anti gangguan hama. Hasil penelitian pada tanah masam

menunjukkan bahwa pupuk hayati Iletrisoy 0,3 kg + 1500 kg pupuk organik Santap + 50 kg KCl/ha, di beberapa lokasi konsisten mampu memacu pembentukan bintil akar, dan meningkatkan hasil kedelai lebih tinggi dibanding dipupuk NPK rekomendasi (100 kg Urea +100 kg SP36+100 kg KCl/ha). Menurut Shutsrirung *et al.* (2002) apabila tanaman kedelai mampu membentuk bintil akar dengan baik, maka lebih dari 60% kebutuhan pupuk N dapat dipenuhi dari hasil fiksasi nitrogen dari udara. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Harsono *et al.* (2012) bahwa apabila tanaman kedelai mampu membentuk bintil akar dengan baik di tanah masam, maka lebih 75% kebutuhan pupuk N nya dapat dipenuhi melalui fiksasi nitrogen. Bionic StarTmik dan Kedelai Plus dengan setengah dosis NPK rekomendasi, meskipun tidak mampu memacu pembentukan bintil akar secara signifikan, tetapi mampu meningkatkan hasil sama dengan dipupuk NPK rekomendasi, bahkan di Banten mampu memberikan hasil lebih tinggi dibanding yang dipupuk NPK rekomendasi (Tabel 6). Kedelai plus adalah benih kedelai yang diinsersi bakteri rhizobium yang mampu melakukan penambatan N-udara secara hayati,

cara tanam kedelai plus juga ditambah Biovam yang mengandung jamur pelarut fosfat. Apabila benih kedelai plus berkecambah, akar tanaman akan mengeluarkan eksudat yang secara alami akan menarik rhizobium untuk mendekat ke akar, dan menghasilkan enzim yang dapat menghancurkan dinding sel akar sehingga memberikan peluang bagi rhizobium untuk masuk ke dalam jaringan akar tanaman. Setelah itu bakteri akan membelah diri sebanyak-banyaknya berbentuk bintil akar. Di dalam bintil akar, rhizobium akan menghasilkan enzim nitrogenase yang berperan dalam proses penambatan N-udara secara hayati (Sukiman dan Ariani 2010). Disamping bakteri rhizobium yang berperan dalam proses pertumbuhan kedelai, mikroba pelarut fosfat yang terkandung dalam Biovam, juga mampu memberikan dukungan positif dalam penyediaan unsur fosfat bagi tanaman.

Produk pupuk hayati 2012 yang diperbaiki dan beberapa produk pupuk hayati baru yang diuji tahun 2013, di antaranya kombinasi antara Iletrisoy + Biovam + StarTmix, Iletrisoy Plus, Probio New, Biotrico, Bio MIGE, dan Padjar SOYA mampu meningkatkan pembentukan

Tabel 4. Pengaruh pupuk hayati terhadap populasi mikroorganisme di daerah perakaran.

Perlakuan	Populasi mikroorganisme di akar (cfu x 10 ⁴ /g tanah)			
	Azotobacter	Pseudomonas	Pelarut P	Trichoderma
Bioinokulan+Vermikompos	5,1 a	7,2 a	84 a	6,1 a
Bioinokulan+Kompos	4,8 b	6,5 b	73 b	4,5 b
Vermikompos	3,8 c	4,2 c	55 c	3,1 c
Pupuk Anorganik	2,1 d	1,1 d	25 d	1,1 d
Tanpa Pupuk	0,5 e	0,4 e	12 e	0,2 e

cfu = colony forming unit (satuan bentukan koloni).

Angka sekolom atau sebaris didampingi oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Sumber: Singh *et al.* 2013.

Tabel 5. Pengaruh pupuk hayati terhadap sifat kimia dan fisik tanah.

Perlakuan	Nilai rerata sifat kimia dan fisika tanah						
	pH	BJ tanah (g/cm ³)	Daya simpan air (%)	Total C organik (%)	N tersedia (kg/ha)	P tersedia (kg/ha)	K tersedia (kg/ha)
Bioinokulan+Vermikompos	6,4 a	1,38 e	48,85 a	0,62 a	300,05 a	17,56 a	136,99 a
Bioinokulan+Kompos	6,4 a	1,40 d	49,12 a	0,60 b	290,75 b	16,89 b	120,54 b
Vermikompos	6,3 b	1,42 c	47,15 b	0,52 c	264,30 c	14,75 c	119,24 b
Pupuk Anorganik	6,1 c	1,62 b	45,15 c	0,50 d	291,58 b	13,83 d	113,90 c
Tanpa Pupuk	6,1 c	1,64 a	45,25 c	0,50 d	170,50 d	11,05 e	102,55 d

Angka sekolom atau sebaris didampingi oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Sumber: Singh *et al.* 2013.

Tabel 6. Pengaruh pupuk hayati dan NPK terhadap pembentukan bintil akar dan hasil kedelai di tanah masam. MH 2011/2012.

Pemupukan ¹⁾	Jumlah bintil akar/tan			Hasil biji (t/ha)		
	Lampung Timur	Lampung Selatan	Banten	Lampung Timur	Lampung Selatan	Banten
Tanpa NPK	7,6 bc	1,3 b	16,6 bc	1,16 c	1,32 d	1,30
NPK	15,3 b	1,8 b	TU	1,39 ab	2,04 a	1,20
Iletrisoy + Santap	34,1 a	75,4 a	55,7 a	1,48 a	2,03 a	1,75
Kedelai Plus + Biovam	3,8 c	0,4 b	30,2 b	1,38 ab	1,66 ab	2,02
Probio	9,2 bc	0,1 b	TU	1,16 c	1,18 e	TU
Probio + Kompos	14,3 b	3,4 b	12,0 c	1,28 bc	1,24 de	1,30
Bionic Startmix	7,4 bc	1,2 b	15,3 bc	1,46 a	1,83 b	1,80
Biopeat	TU	TU	20,3 bc	TU	TU	2,00
Agrimeth	TU	TU	16,8 bc	TU	TU	1,20

¹⁾ Dosis pupuk: NPK = 100 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha. Iletrisoy = 0,3 g Iletrisoy + 1,5 t/ha Santap + 50 kg KCl/ha. Kedelai plus + Bionic Startmix, dan Agrimeth = 1/2 dosis NPK rekomendasi + 2 t/ha pupuk kandang. Biopeat = ½ NPK rekomendasi + 1,5 t/ha Biopeat. Probio = tanpa pupuk NPK, Probio + kompos = Probio + 1,5 t/ha kompos probio. TU = tidak diuji.

Angka sekolom atau sebaris didampingi oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Sumber: Harsono *et al.* 2012.

bintil akar dibanding kontrol, indeks klorofil daun, dan kandungan hara NPK dalam daun kedelai di tanah masam pada periode pengisian polong. Lebih tingginya kandungan N daun dan klorofil daun akibat penggunaan pupuk hayati, dapat meningkatkan efektivitas kegiatan asimilasi daun sehingga mampu menghasilkan asimilat lebih banyak. Pupuk hayati Bio SRF, Biopim, Bio MIGE, Biocoat, Padjar SOYA dan Rhizobion mampu meningkatkan kandungan hara P cukup signifikan. Hampir semua perlakuan tidak meningkatkan kandungan hara N dalam daun, kecuali Iletrisoy plus dan Bio MIGE (Tabel 7).

Pupuk hayati (Iletrisoy+Biovam+StarTmix), Iletrisoy Plus, Probio New, Biotrico, Bio MIGE, dan Padjar SOYA, mampu meningkatkan jumlah polong isi per tanaman dibanding tanpa dipupuk NPK dan dipupuk NPK rekomendasi, sehingga mampu memberikan hasil lebih tinggi dibanding dipupuk NPK rekomendasi setara dengan 100 kg Urea+100 kg SP36+100 kg KCl/ha (Tabel 8).

VIABILITAS PUPUK HAYATI

Pupuk hayati, merupakan pupuk yang di dalamnya berisi makhluk hidup berupa mikroba. Oleh karena itu penggunaannya harus dipastikan bahwa mikroba yang ada di dalamnya masih hidup dan dengan populasi yang cukup, yakni $>10^7$ fcu/g bahan. Petani umumnya menyimpan pupuk hayati pada suhu kamar

(gudang), karena tidak mempunyai ruang khusus untuk penyimpanan. Husen (2012) melaporkan bahwa pupuk hayati yang disimpan pada ruang pada suhu kamar (di ruangan biasa), pada bulan ketiga populasi mikroba yang ada di dalamnya sudah mulai menurun, dan pada bulan keenam sebaiknya pupuk hayati tidak digunakan lagi karena populasi mikroba-nya sudah sangat rendah. Populasi mikroba pada pupuk hayati A-glio, B-star, dan F-remi sudah mulai menurun pada penyimpanan bulan ketiga (Tabel 9). Pupuk hayati bekas pakai (bungkus terbuka) yang disimpan pada suhu ruang tidak bisa digunakan lagi karena sebagian besar sudah terkontaminasi dengan mikroba lain.

PENGEMBANGAN KEDELAI PADA TANAH MASAM

Pada lahan kering masam, petani umumnya memanfaatkan lahannya untuk usahatani berbagai komoditas, untuk tanaman pangan sebagian besar lahan ditanami ubikayu, dan sebagian lagi untuk jagung, kacang tanah, dan padi gogo. Di sisi lain, petani juga mulai banyak yang mengusahakan tanaman karet dan kelapa sawit. Memasukkan kedelai ke lahan petani tersebut secara monokultur akan mendapat kesulitan, karena usahatani kedelai belum kompetitif, sedangkan usahatani yang dilakukan petani saat ini komoditasnya sudah mempunyai pangsa pasar yang cukup baik.

Tabel 7. Pengaruh paket pupuk hayati terhadap jumlah bintil akar, indeks klorofil daun, serta kadar N, P dan K daun kedelai pada tanah masam. Pelaihari Kalimantan Selatan, MT 2013.

Perlakuan pupuk	Jumlah bintil akar/ tanaman	Indeks klorofil daun 60 HST	Kandungan hara daun 60 HST (%)		
			N	P	K
Kontrol	26,7 ef	43,53 c	3,90	0,26	1,80
NPK rekomendasi ¹⁾	25,5 f	47,40 a	4,29	0,21	1,60
0,5 NPK rekomendasi	31,3 bcdef	45,77 abc	3,43	0,20	1,80
0,5 NPK rekomendasi + 2 t pukan/ha	31,7 bcdef	45,80 abc	4,07	0,20	2,05
0,7 NPK rekomendasi	30,5 bcdef	46,17 abc	4,96	0,21	1,87
Iletriso+Biovam+Startmik	39,2 ab	46,70 ab	5,29	0,24	1,82
Iletriso plus	35,9 abcd	44,33 bc	5,31	0,26	2,00
Beyonic	32,8 abcdef	45,07 abc	4,89	0,27	1,73
Biotrico	28,4 cdef	45,87 abc	4,77	0,28	1,80
Probio New	27,2 def	45,90 abc	4,50	0,28	1,85
Rhizo-BIOST	30,3 bcdef	45,13 abc	4,75	0,29	1,74
Bio SRF ²⁾	31,3 bcdef	45,53 abc	4,35	0,32	1,62
Biopim	28,3 cdef	44,83 abc	4,74	0,33	1,92
Bio MIGE	30,8 bcdef	45,10 abc	4,68	0,35	2,00
Biocoat	31,1 bcdef	46,10 abc	4,99	0,35	1,70
Padjar SOYA	30,6 bcdef	46,00 abc	5,30	0,31	1,92
Rhizobion	26,1 ef	45,27 abc	4,79	0,31	1,71
Agrizone ²⁾	40,3 a	45,23 abc	5,30	0,31	1,92
Rhizoplus ²⁾	36,5 abc	45,57 abc	4,79	0,31	

¹⁾ NPK rekomendasi = 100 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha. ²⁾ Ditanam 1 minggu lebih lambat karena pengiriman pupuk hayati terlambat.

Angka sekolom atau sebaris didampingi oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT5%.

Sumber: Harsono *et al.* 2013.

Tabel 8. Pengaruh paket pupuk hayati terhadap jumlah polong isi/tanaman dan hasil biji kedelai varietas Anjasmoro. KP Pelaihari Kalimantan Selatan, 2013.

Perlakuan	Jumlah polong isi/tanaman	Hasil biji (t/ha)
Kontrol	29,73 g	1,55 fghi
NPK rekomendasi ¹⁾	44,53 abc	1,63 defg
0,5 dosis NPK rekomendasi	37,20 def	1,81 cd
0,5 dosis NPK rekomendasi + 2 t pukan/ha	44,30 abc	2,12 ab
0,7 dosis NPK rekomendasi	36,03 defg	1,93 bc
Iletriso+Biovam+Startmik	41,50 abcd	2,12 ab
Iletriso plus	35,90 defg	2,24 a
Beyonic	32,00 efg	1,57 efgh
Biotrico	37,60 de	2,01 abc
Probio New	42,33 abcd	2,03 abc
Rhizo-BIOST	39,00 bcd	1,61 defg
Biopim	35,93 defg	1,81 cde
Bio MIGE	36,43 def	2,02 abc
Biocoat	46,63 a	1,85 cd
Padjar SOYA	39,87 bcd	1,99 abc
Rhizobion	41,00 abcd	1,66 defg
Agrizone ²⁾	30,90 fg	1,38 hi
Rhizoplus ²⁾	45,20 ab	1,41 ghi

¹⁾ NPK rekomendasi = 100 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha. ²⁾ Ditanam 1 minggu lebih lambat karena pengiriman pupuk hayati terlambat.

Nilai sekolom yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%.

Sumber: Harsono *et al.* 2013.

Tabel 9. Viabilitas mikroba pada pupuk hayati yang disimpan pada suhu ruang di laboratorium pada 1, 3 dan 6 bulan.

Jenis produk	Kandungan mikroba	Viabilitas setelah disimpan		
		1 bln	3 bln	6 bln
Gliokompos	Total bakteri (cfu/g)	$1,6 \times 10^{10}$	$2,0 \times 10^9$	$3,0 \times 10^9$
	<i>Gliocladium</i> (cfu/g)	$3,3 \times 10^{10}$	$6,4 \times 10^{10}$	$1,6 \times 10^3$
Startmix	Pelarut P (cfu/ml)	$1,1 \times 10^8$	$2,0 \times 10^3$	$1,9 \times 10^4$
	Penambat N (cfu/ml)	$2,7 \times 10^{10}$	$7,4 \times 10^7$	$3,8 \times 10^{10}$
Rhizobion	<i>Rhizobium</i> (cfu/biji)	TD	$2,9 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$
Agrizone	<i>Rhizobium</i> (cfu/ml)	tbud/c	$1,5 \times 10^8$	$6,0 \times 10^5$
	<i>Azotobacter</i> (cfu/ml)	tbud/c	$4,7 \times 10^5$	$1,0 \times 10^6$
	<i>Methylobacterium</i> (cfu/ml)	tbud/c	$2,7 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$
	Pelarut P (cfu/ml)	$6,5 \times 10^8$	$2,2 \times 10^7$	$6,0 \times 10^8$
Biopim	Total bakteri (cfu/g)	$8,5 \times 10^7$	$6,0 \times 10^7$	$2,8 \times 10^{10}$
	<i>Rhizobium</i> (cfu/g)	$1,9 \times 10^8$	$2,6 \times 10^9$	$1,7 \times 10^9$
Remicher	Pelarut P (cfu/g)	$5,6 \times 10^8$	$5,9 \times 10^7$	$5,0 \times 10^3$
	Penambat N (cfu/g)	$9,0 \times 10^8$	$3,2 \times 10^9$	$1,6 \times 10^9$
Miko	Mikoriza (propagul/g)	TD	$7,2 \times 10^0$	$6,1 \times 10^0$
Iletrisoy	<i>Rhizobium</i> (cfu/g)	$4,2 \times 10^8$	$9,5 \times 10^8$	$5,0 \times 10^5$
	Total bakteri (cfu/g)	$2,2 \times 10^9$	$5,5 \times 10^9$	$3,0 \times 10^9$

cfu = colony forming unit (satuan bentukan koloni); TD = tidak diukur (jumlah pupuk terbatas); tbud/c = terlalu banyak untuk dapat dihitung.

Sumber: Husen *et al.* 2012.

Di sentra produksi ubikayu, dengan pengaturan jarak tanam ubikayu yang baik, kedelai dapat ditumpangsarikan dengan ubikayu tanpa menurunkan hasil ubikayu. Ubikayu dapat ditanam dengan baris tunggal atau baris ganda. Pada tumpangsari ubikayu baris tunggal dengan kedelai, dalam setahun lahan hanya dapat ditanami dua komoditas, yakni ubikayu dan kedelai. Apabila ubikayu ditanam secara baris ganda, dalam setahun lahan dapat dimanfaatkan untuk bertanam dua atau tiga komoditas bergantung distribusi curah hujannya. Pada lahan dengan bulan basah (curah hujan >200 mm/bulan) lebih dari 5 bulan/tahun, dapat diterapkan pola tumpangsari model lorong ubikayu baris ganda + kacang tanah +/- kedelai. Tetapi apabila jumlah bulan basahnya kurang dari 5 bulan/tahun dapat diterapkan tumpangsari ubikayu baris ganda atau baris tunggal + kedelai (Tabel 10).

Pada sistem tanam ubikayu baris tunggal, ubikayu dapat ditanam dengan jarak tanam 125 cm antarbarisan dan 60 cm antartanaman dalam barisan (jarak tanam 125 cm x 60 cm), populasi tanaman ubikayu 13.333 tanaman/ha. Pada sistem tanam ubikayu baris ganda, ubikayu dapat ditanam dengan jarak tanam 80 cm

antarbarisan, 60 cm antartanaman dalam barisan, dan 250 cm antarbarisan ganda ubikayu atau (80 x 60) cm x 250 cm) dengan populasi tanaman ubikayu mencapai 9.833 tanaman/ha. Dengan demikian, populasi tanaman ubikayu pada sistem tanam baris ganda adalah 73% dari populasi pada sistem tanam baris tunggal.

Penerapan tumpangsari ubikayu + kedelai +/- kacang tanah, dan ubikayu + kedelai di tanah masam Rumbia, Lampung Tengah, selain mampu menghasilkan ubikayu yang cukup tinggi, juga dapat memberikan tambahan hasil kedelai dan kacang tanah dalam jumlah memadai, sehingga nyata meningkatkan intensitas penggunaan lahan (tercermin dari peningkatan nilai *Land Equivalent Ratio* (LER), pendapatan, dan keuntungan petani dengan nilai B/C 1,15–2,13 (Tabel 11).

Meskipun penerapan polatanam tumpangsari ubikayu + kedelai +/- kacang tanah mampu memberikan keuntungan, tetapi petani menghadapi sedikit kesulitan di lapangan, yakni: (1) pada saat panen kedelai (bulan Februari hingga Maret), curah hujan masih tinggi, sehingga prosesing hasilnya mengalami kesulitan karena kurangnya radiasi matahari, dan 2) pada saat

panen kacang tanah, curah hujan sudah sangat kurang sehingga struktur tanah mengeras dan menyulitkan panen kacang tanah. Untuk mengatasi hal tersebut, kacang tanah dapat ditanam pada awal musim hujan bersama ubikayu, dan kedelai ditanam kemudian setelah kacang tanah dipanen (Polatanam Ubikayu + kacang tanah /+ kedelai). Penerapan pola tanam tersebut di tanah masam Lampung Timur, mampu memberikan hasil ubikayu yang sama dengan tanam ubikayu monokultur, dan petani masih mempunyai tambahan penghasilan dari kacang

tanah dan kedelai yang memadai (Tabel 12 dan 13).

Beberapa keuntungan penerapan polatanam tumpangsari ubikayu + kacang tanah + kedelai ini antara lain adalah: (1) Masuknya kedelai pada areal pertanaman ubikayu pada lahan kering masam secara tumpangsari yang banyak terdapat di Sumatera dan Kalimantan, akan meningkatkan luas areal panen kedelai. Di Sumatera dan Kalimantan saja, areal tanam ubikayu sekitar 430.000 ha, sementara areal

Tabel 10. Pengaruh cara dan waktu tanam kedelai di antara ubikayu serta pemupukan kacang tanah setelah kedelai terhadap hasil ubikayu, kedelai dan kacang tanah pada tanah masam di Lampung Tengah, Musim Tanam 2009.

Jarak tanam dan waktu tanam ubikayu di antara tanaman kedelai	Waktu tanam kedelai (MSTU) ¹⁾	Hasil (t/ha)			LER
		Ubi-kayu	Kedelai	Kacang tanah	
125 x 60 cm + kedelai /+ kacang tanah	2	28,01	0,87	2,14	2,95
125 x 60 cm + kedelai	0	19,68	0,92	–	1,42
(80 x 60 cm) x 250 cm + kedelai /+ kacang tanah	2	25,35	0,94	2,25	2,81
(80 x 60 cm) x 250 cm + kedelai	0	21,28	0,74	1,25	2,23
Ubikayu monokultur	0	27,50	–	–	1,00

¹⁾MSTU: Minggu Setelah Tanam Ubikayu. MSTU 0 = Ubikayu ditanam bersamaan tanam kedelai; MSTU 2 = Ubikayu ditanam 2 minggu sebelum tanam kedelai;

²⁾Ubikayu dipupuk setara 100 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl + 1,0 t pupuk kandang + 0,5 t/ha dolomit.

³⁾Kedelai dipupuk setara 75 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl + 1,0 t pupuk kandang + 0,5 t/ha Dolomit.

⁴⁾Kacang tanah dipupuk 75 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha.

LER dihitung dengan menyetarakan hasil kedelai dan kacang tanah terhadap ubikayu.

Sumber: Harsono *et al.* 2010.

Tabel 11. Pengaruh cara tanam ubikayu di antara kedelai dan pemupukan kacang tanah setelah tanam kedelai terhadap pendapatan per hektar pada tanah masam. Lampung Tengah, Musim Tanam 2009.

Jarak tanam dan waktu tanam ubikayu di antara tanaman kedelai dan kacang tanah	Waktu tanam kedelai (MSTU) ¹⁾	Pendapatan kotor (Rp)	Biaya produksi (Rp)	Keuntungan (Rp)	B/C*
125 x 60 cm + kedelai /+ Kacang tanah	2	36.136.800	11.535.000	24.601.800	2,13
125 x 60 cm + kedelai Kacang tanah	0	14.282.100	8.485.500	5.796.600	0,68
(80 x 60 cm) x 250 cm + kedelai /+ kacang tanah	2	35.028.700	11.535.000	23.493.700	2,04
(80 x 60 cm) x 250 cm + Kedelai /+ kacang tanah	0	24.772.300	11.535.000	13.237.300	1,15
Ubikayu monokultur		19.250.000	5.670.000	13.580.000	2,40

¹⁾ MSTU: Minggu Setelah Tanam Ubikayu. MSTU 0 = Ubikayu ditanam bersamaan tanam kedelai; MSTU 2 = Ubikayu ditanam 2 minggu sebelum tanam kedelai

Harga ubikayu = Rp700/kg ubi basah, Kedelai = Rp5500/kg biji dan kacang tanah Rp7500/kg polong kering. B/C = Keuntungan/ biaya produksi.

Sumber: Harsono *et al.* 2010.

panen kedelai dalam lima tahun terakhir berkisar antara 493.000–723.000 ha. Potensi hasil kedelai pada pertanaman tumpangsari berkisar antara 0,7–1,0 t/ha. Dibanding pertanaman monokultur, hasil ubikayu tumpangsari tidak menurun dan ada tambahan hasil kacang tanah 1,25–2,25 t/ha polong kering, (2) Petani ubikayu cepat memperoleh hasil panen, yakni dari kedelai atau kacang tanah. Dalam waktu 3-6 bulan, kacang tanah dan/atau sudah dapat dipanen, sedangkan ubikayu minimal membutuhkan waktu tujuh bulan, (3) Meningkatkan produktivitas pemanfaatan lahan, dalam satu tahun lahan dapat ditanam dua hingga tiga kali yakni ubikayu, kacang tanah, dan kedelai. Umumnya petani dalam setahun hanya mengusahakan lahannya dengan bertanam satu kali ubikayu secara monokultur, (4) Hasil panen yang beragam dapat mengurangi risiko kerugian petani akibat gagal panen komoditas tertentu atau penurunan harga hasil panen.

Teknik budidaya tumpangsari tersebut dapat diterapkan pada lahan karet muda dan sawit muda, dan mampu memberikan hasil kedelai cukup memadai dan memberikan pendapatan per hektar lebih tinggi dibanding lahan tersebut hanya ditanami ubikayu monokultur (Harsono *et al.* 2011a). Namun budidaya tersebut hanya dapat dilakukan pada perkebunan sawit dan karet di bawah umur lima tahun, karena tanaman sawit dan karet yang berumur lebih dari lima tahun kanopinya sudah rimbun dan memberi efek naungan lebih dari 50%, serta mengakibatkan penurunan hasil cukup besar pada tanaman kedelai.

KESIMPULAN

Pupuk hayati toleran terhadap sifat kimia tanah masam, mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pendukung pengembangan kedelai di tanah masam. Penggunaan

Tabel 12. Hasil ubikayu, kacang tanah, dan kedelai pada berbagai polatanam dan pemupukan di tanah masam Lampung Timur, Musim Tanam 2010.

Polatanam	Pemupukan (kg/ha)					Hasil (t/ha)		
	Urea	SP18	KCl	Organik Santap-M	Pupuk hayati Iletri	Ubi kayu	Kacang tanah	Kedelai
Ubikayu monokultur	150	100	50	3000	0,0	24,21	–	–
Kacang tanah + Ubikayu	25	75	25	1500	0,3	–	1,94a	0,00
	150	100	50	3000	0,0	26,1	–	–
Kacang tanah + Ubikayu /+ Kedelai	25	75	25	1500	0,3	–	1,86 a	–
	150	100	50	3000	0,0	23,75	–	–
	25	75	25	1500	0,3	–	–	1,06

Sumber: Harsono *et al.* 2011b.

Tabel 13. Pendapatan usahatani berbagai polatanam dan pemupukan di tanah masam Lampung Timur, Musim Tanam 2010.

Polatanam	Pemupukan (kg/ha)					Biaya (Rp/ha)	Pendapatan (Rp/ha)	Keuntungan (Rp/ha)	*B/C
	Urea	SP18	KCl	San-tap	Iletri-soy				
Ubikayu monokultur	150	100	50	3000	0,0	8.477.000	19.368.000	10.891.000	1,28
Kacang tanah + Ubikayu	25	75	25	1500	0,3	13.762.200	40.280.000	26.517.800	1,93
	150	100	50	3000	0,0				
Kacang tanah + Ubikayu /+ Kedelai	25	75	25	1500	0,3	16.066.400	43.748.000	27.681.600	1,72
	150	100	50	3000	0,0				
	25	75	25	1500	0,3				

Sumber: Harsono *et al.* 2011b. *B/C = Keuntungan/biaya produksi.

pupuk tersebut mampu mensubstitusi kebutuhan pupuk anorganik (NPK) lebih dari 50%, dan memberikan hasil biji (>2,0 t/ha) tidak berbeda dengan dipupuk NPK rekomendasi.

Dengan pengaturan polatanam dan pengelolaan tanaman yang tepat, kedelai dapat disisipkan pada tanaman utama di tanah masam, dan terbukti mampu meningkatkan nilai *Land Equivalent Ratio* (LER) dan pendapatan usahatani, serta meningkatkan nilai B/C rasio tanpa mengurangi hasil tanaman utamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya L.M. 1990. Properties and process in upland acid soils in Sumatera and their management fot crop production. Sukarami Research Institute for Food Crops. 109 pp.
- Balitbangtan. 2012. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Hlm.73–102.
- Bertham dan Abimanyu. 2012. Perbaikan hasil genotipe baru kedelai dengan menggunakan kompos dan pupuk kalium pada tanah ultisol. J. Agrivigor 11(2): 214–222.
- Biro Perencanaan Kementan. 2013. Pertanian-Bio-industri Berkelanjutan, Solusi Pembangunan Indonesia Masa Depan. 146 hlm.
- BPS. 2014. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik. Indonesia. WWW. PBS. go.id. Diakses 8 April 2014.
- Harsono, A. 2008. Strategi pencapaian swasembada kedelai melalui perluasan areal tanaman di lahan kering masam. Iptek Tanaman Pangan. 3: 224–256.
- Harsono, A. 2010. Efektivitas multi-isolat iletrisoys pada tanaman kedelai di masam Ultisol. Agritek 19: 1–7.
- Harsono, A., Sudaryono, dan B.S. Radjit. 2010. Analisis produktivitas tumpangsari ubikayu dengan kedelai dan kacang tanah di lahan kering masam. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 29: 186–192.
- Harsono, A., Prihastuti, dan Subandi. 2011a. Efektivitas multi-isolat rhizobium dalam pengembangan kedelai di lahan kering masam. Iptek Tanaman Pangan 6: 57–75.
- Harsono, A., Subandi, A. Kasno, A. Wijnarko, dan F. Rozi. 2011b. Pengembangan teknologi produksi kedelai sistem tumpangsari dengan ubikayu, kelapa sawit, dan karet. Hlm. 136–148 dalam Adi *et al.* (Ed.). Inovasi Teknologi untuk Pengembangan Kedelai Menuju Swasembada. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, 29 Juni 2010. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Harsono, A., S. Sukiman, D. Andreas, S. Sukiman, A. Sarjia, dan E. Partiwu. 2012. Kajian keefektifan pupuk hayati pada kedelai di tanah masam dan non masam. Laporan Penelitian Konsorsium Pengujian Pupuk Hayati Unggulan Nasional. Puslitbang Tanaman Pangan. 31 hlm.
- Harsono, A., A. Sarjia, R. Sutarja, D. Andrias, A. Iswandi, dan Kusnandar. 2013. Pengujian pupuk hayati unggulan baru pada tanaman kedelai di tanah masam. Laporan Penelitian Konsorsium Pengujian Pupuk Hayati Unggulan Nasional. Puslitbang Tanaman Pangan. 20 hlm.
- Harsono, A. 2013. Terobosan upaya peningkatan produksi kedelai untuk mencapai swasembada. Policy Brief disampaikan pada Rakor FKPR Bogor, 2013. 8 hlm.
- Hilman, Y. 2004. Inovasi teknologi pengembangan kedelai di lahan kering masam, Hlm. 10–22 dalam Marwoto *et al.* (Ed.). Pengembangan kedelai melalui Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di lahan kering masam. Prosiding Lokakarya, Palembang 9 Desember 2004. Puslitbang Sosial Ekonomi Pertanian.
- Hilman, Y dan A.A. Rahmianna. 2004. Inovasi teknologi pengembangan kedelai di lahan kering masam, Hlm. 12–26 dalam: Marwoto *et al.* (Ed.). Pengembangan Kedelai Melalui Pengelolaan Tanaman Terpadu di Tanah masam. Pros. Lokakarya, Medan 16–17 Desember 2004. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Hilman, Y. 2005. Teknologi produksi kedelai di lahan kering masam, Hlm 78–86 dalam A. Karim Makarim *et al.* (Ed.). Pengembangan Kedelai di Lahan Sub-optimal. Pros. Lokakarya. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Husen, E. 2012. Kajian Sistem Pengendalian Mutu Pupuk Hayati Unggulan. Laporan Penelitian Konsorsium Pengujian Pupuk Hayati Unggulan Nasional. Puslitbang Tanaman Pangan Bogor. 31 hlm.
- Karti, P.D.M.H., N.R. Kumalasari dan D. Setyorini. 2013. Peranan fungi mikoriza arbuskula, mikroorganisme pelarut fosfat, *Rhizobium* sp. dan asam humik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas legum *Calopogonium Mucunoides* pada tanah latosol dan tailing tambang emas di PT Aneka Tambang. Pastura 3 (1): 44–47.
- Misran. 2013. Studi Penggunaan Pupuk Hayati Pada Tanaman Kedelai. J. Penelitian Pertanian Terapan 13(3): 206–210.
- Mulyani, A. 2006. Potensi lahan kering masam untuk pengembangan pertanian. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 28: 16–17.
- Paiman, A. 2012. Efek pemberian berbagai jenis amelioran dan abu terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai pada lahan gambut. J. Agronomi 10(2): 85–92.

- Panjaitan, S.I 2004. Analisis perhiyungan daya yang dihasilkan dari kotoran sapi yang diolah menjadi biogas di daerah pinggiran kota batam. Fak Teknik. Univ. Maritim Raja Ali Haji. Batam. www.academia.edu/3441345. Diakses 1 Juli 2014.
- Pesakovic M., Z.K. Stajic, S. Milenkovic and O. Mitrovic. 2013. Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. *Scientia Hort.* 150: 238–243.
- Prihastuti, Sudaryono, dan Tri Wardani. 2006. Kajian mikrobiologis pada lahan kering masam, Lampung. *Agritek.* 14: 10–25.
- Refliaty, G. Tampubolon dan Hendriansyah. 2011. Pengaruh pemberian kompos sisa biogas kotoran sapi terhadap perbaikan beberapa sifat fisik ultisol dan hasil kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *J. Hidrolitan* 2 (3): 103–114.
- Ritchie, G.S.P. 1989. The chemical behaviour of aluminium, hydrogen and manganese in acid soils. pp.1–49 in Robsonm A.D. (Ed.). *Soil acidity and plant growth.* Acad. Press. Harcourt Brace Jovanovich, Publ.
- Saadpanah A, A. Rokhzadi and K. Mohammadi. 2013. Growth response of soybean to the application of *Bradyrhizobium japonicum* and foliar methanol spraying in field conditions. *Internat. J. of Biosci IJB.* 3(4): 128–134.
- Singh R, R. Singh, S.K. Soni, S.P. Singh, U.K. Chauhan and A. Kalra. 2013. Vermicompost from biodegraded distillation waste improves soil properties and essential oil yield of *Pogostemon cablin* (patchouli) Benth. *Appl. Soil Ecol.* 70: 48–56.
- Subandi. 2012. Pengelolaan hara untuk produksi optimal kedelai pada lahan kering masam, Hlm. 304–319 dalam Sumarno *et al.* (Ed.). *Membumikan Iptek Pertanian.* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Subandi, A. Harsono, dan A. Wijanarko. 2011. Evaluasi keefektifan pupuk organik kaya hara pada tanaman kedelai dan kacang tanah di lahan kering masam. Hlm. 181–190 dalam Masganti *et al.* (Ed.). *Pendampingan Inovasi Pertanian Spesifik Lokasi di Provinsi Lampung Tahun 2011.* Pros. Seminar. BPTP Lampung.
- Sudarman, S. 1987. Kajian pengaruh pemberian kapur pada tanah Ultisol atas kelakuan kalium dan agihan aluminium. Tesis Doktor, Univ. Gadjah Mada. 305 hlm.
- Shutsrirung, A., P. Sutigoolabud, C. Santasup, K. Seno, S. Tajima, M. Hisamatsu and A. Bhromsiri 2002. Symbiotic efficiency and compatibility of native rhizobia in northern Thailand with different soybean cultivars. *Soil Sci. Plant Nutr.* 48: 491–499.
- Sukiman, H., dan D. Ariani 2010. Uji Lapangan Kedelai Plus di Kel. Bleberan Kec. Playen Kab. Gunung Kidul DI Yogyakarta. Seminar Nasional Biologi 2010. Perspektif Biologi dan Pengelolaan Sumberdaya Hayati. Fak. Biologi Univ. Gadjah Mada Yogyakarta. 24–25 september 2010.
- Suryantini. 2014a. Effectiveness of P-Solubilizing Bacteria as Biofertilizer for Soybean in Acid Soil. *Internat. J. of Agric. Innov. and Res.* 2(4): 2319–1473.
- Suryantini. 2014b. Effect of lime, organic and inorganic fertilizer on nodulation and yield of soybean (*Glycine Max*) varieties in ultisol soils. *J. of Exp. Biol. and Agric. Sci.* 2(1): 78–84.
- Taufiq, A., dan H. Kuntastyuti. 2004. Upaya peningkatan produksi kedelai di tanah masam Sumatera Selatan, Hlm. 23–33 dalam Marwoto, G Subowo, dan A. Taufiq (Ed.). *Pro. Lokakarya Pengembangan Kedelai Melalui Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di Lahan Kering Masam.* Puslitbang Sosial Ekonomi Pertanian.
- Taufiq, A., A. Wijanarko, Marwoto, dan Fachrurrozi. 2009. Teknologi Produksi Kedelai Melalui Pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu pada Lahan Pasang Surut Tipe C. Lap. Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. 38 hlm.
- Taufiq, A., A. Wijanarko, dan A.A. Rahmianna. 2011. Identifikasi keharaan kacang tanah (*Arachis hypogaea*) di tanah masam Lampung menggunakan Minus One Element, Hlm. 209–219 dalam Masganti *et al.* (Ed.). *Pendampingan Inovasi Pertanian Spesifik Lokasi di Prov. Lampung Tahun 2011.* Pros. Seminar. BPTP Lampung.
- Verde, B. Serafim, Danga, B. Oginga, Mugwe, and J. Njeri. 2013. Effects of manure, lime and mineral P fertilizer on soybean yields and soil fertility in a humic nitisol in the Central Highlands of Kenya. *Internat. J. of Agric. Sci. Res* 2(9): 283–291.
- Wijanarko, A., A. Taufiq, dan A.A. Rahmianna. 2011. Metode penentuan kebutuhan kapur dan cara pemberiannya untuk kacang tanah (*Arachis hypogaea*), Hlm. 230–239 dalam Masganti *et al.* (Ed.). *Pendampingan Inovasi Pertanian Spesifik Lokasi di Prov. Lampung Tahun 2011.* Pros. Seminar. BPTP Lampung.
- Winarso, S., E. Handayanto, Syekhfani, dan D. Sulistyanto. 2014. Pengaruh Kombinasi Senyawa Humik dan CaCO₃ terhadap Alumunium dan Fosfat *Typic Paleudult* Kentrong Banten. *J. Tanah Trop.* 14 (2): 89–95.
- Zaini, Z. 2005. Prospek pengembangan kedelai di tanah masam, hlm. 47–54 dalam A. Karim Makarim *et al.* (Ed.). *Pengembangan Kedelai di Lahan Sub-optimal.* Pros. Lokakarya. Puslitbang Tanaman Pangan.