

Efektivitas Kombinasi Amelioran dan Pupuk Kandang dalam Meningkatkan Hasil Kedelai pada Tanah Ultisol

Sudaryono¹, Andy Wijanarko¹, dan Suyamto²

¹Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian

Jl. Raya Kendalpayak Kotak Pos 66 Malang 65101

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur

Jl. Raya Karangploso, km 4 Kotak Pos 188, Jawa Timur

ABSTRACT. Effect of Combination of Ameliorant and Manure on Soybean Grain Yield in Ultisol Soil. Major constraint in soybean production on Ultisol soil includes: high soil acidity, veryhigh Al and Fe level, low organic matter, nutrient deficiency, low of base saturation and cation exchange capacity (CEC). This study was aimed at finding an optimal dose and combination of organic manure and soil ameliorants to achieve high yield of soybean in Ultisol soil in Lampung. The experiment was conducted in a greenhouse of the Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute (ILETRI), Malang, East Java, and on a dry land of Rumbia district, Lampung Tengah, in the 2005 growing season. Four series of experiments were conducted in the greenhouse using four different ameliorants (dolomite, zeolite, limestone, and organic ameliorant Formula 1). The glasshouse trial was arranged in a completely randomized design with two factors and four replications. The first factor consisted of five ameliorant levels, namely 0, 150, 300, 450, and 600 kg/ha. The second factor consisted of four manure levels, namely 0, 500, 1000, and 1500 kg/ha. In the field experiment, a randomized complete block design was used with four replications. Two ameliorants, dolomite and zeolite, were used and the treatment combinations were the same as those in the glasshouse trial. Results indicated that ameliorant zeolite, dolomite, limestone, and Formula 1 increased plant height, seed weight (yield/pot), and yield of soybean in the field. The effective dose of ameliorant application to achieve 2.0-2.5 t/ha soybean yield was a combination of 500-100 kg/ha manure and 150-450 kg/ha each one of the ameliorants dolomite, zeolite, lime or Formula 1. An effective way to apply the soil ameliorant was by placing it in the planting hole or by distributing it along the plant rows. The use of ameliorant in the form of organic Formula 1 can be reduced down to 2,500 kg/ha. The need of ameliorant in the form of natural mineral (dolomite, zeolite, limestone) can be reduced down to 1,500 kg/ha. Combinations of ameliorant with organic manure showed increase of the effectiveness of the amelioration on Ultisol soil. The optimum combination of soil ameliorant and organic manure was 500 to 1,000 kg/ha organic manure and 150 to 450 kg/ha ameliorant.

Keywords: Ameliorant, manure, Ultisol, soybean

ABSTRAK. Kendala produktivitas kedelai pada tanah Ultisol adalah: kemasaman yang tinggi, Al-dd dan kadar Fe sangat tinggi, bahan organik rendah, kahat hara makro, kejenuhan basa (V) dan KTK rendah. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan takaran optimal amelioran dan pupuk kandang untuk mencapai hasil kedelai maksimal di tanah Ultisol. Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balitkabi dan di Rumbia, Lampung Tengah pada MT 2005. Percobaan dilakukan empat seri menurut ragam amelioran (dolomit, zeolit, kapur tohor, amelioran Formula 1). Rancangan percobaan adalah acak lengkap, dua faktor dengan empat ulangan. Pertama, amelioran terdiri atas lima tingkat, yaitu 0, 150, 300, 450, dan 600 kg/ha. Kedua, pupuk kandang terdiri atas empat tingkat, yaitu 0, 500, 1.000, dan 1.500 kg/ha. Percobaan lapangan terdiri atas dua jenis amelioran, yaitu dolomit dan zeolit, menggunakan rancangan acak kelompok dua faktor, empat ulangan. Kombinasi perlakuan sama seperti percobaan rumah kaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan zeolit,

dolomit, kapur, dan formula 1 meningkatkan tinggi tanaman, bobot biji, dan hasil kedelai. Takaran yang efektif untuk memperoleh hasil kedelai 2,0-2,5 t/ha pada Ultisol Lampung adalah kombinasi pupuk kandang 500-1.000 kg/ha dengan 300-500 kg/ha amelioran (dolomit, zeolit, kapur, atau amelioran organik formula 1). Cara yang efektif untuk aplikasi amelioran adalah disebar pada lubang tanam atau disebar menurut baris tanaman. Kesimpulan penelitian adalah: (1). kebutuhan amelioran tanah Ultisol dengan bahan baku pupuk kandang dapat dikurangi sehingga tidak lebih dari 2.500 kg/ha, (2) kebutuhan amelioran dengan bahan baku mineral alam (dolomit, zeolit, kapur) dapat dikurangi sehingga tidak lebih dari 1.500 kg/ha, (3) kombinasi amelioran dengan pupuk kandang meningkatkan efektivitas ameliorasi pada tanah Ultisol dan dapat menghemat volume amelioran, (4) takaran optimum kombinasi pupuk kandang dan amelioran masing-masing berkisar antara 500-1.000 kg pupuk kandang dan 150-450 kg amelioran alam/ha.

Kata kunci: Amelioran, pupuk kandang, Ultisol, kedelai

Lahan kering Ultisol potensial untuk perluasan areal kedelai, tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Lahan ini memiliki tingkat kemasaman yang tinggi, Al-dd (Aluminium dapat ditukar) dan kadar besi (Fe) sangat tinggi sehingga meracuni tanaman, kadar bahan organik rendah, kadar unsur hara secara umum rendah, derajat kejenuhan basa (V) rendah, kapasitas tukar kation rendah, daya sangga tanah rendah, dan daya menahan air rendah. Taufiq *et al.* (2004) melaporkan masalah utama di lahan kering Ultisol Lampung Tengah dan Tulang Bawang untuk budi daya kedelai adalah pH rendah (< 5), kejenuhan Al tinggi (12,0-40,1% di Lampung Tengah dan 18,4-47,6% di Tulang Bawang), Fe tersedia tinggi (41,30-73,43 ppm), P dan K tersedia rendah. Wijanarko *et al.* 2007 melaporkan tanaman kedelai di Tulang Bawang mengalami kahat P dan K, di Lampung Tengah kahat K dan Ca.

Hasil kedelai di lahan kering Ultisol masih rendah. Taufiq *et al.* (2007b) melaporkan produktivitas kedelai di lahan kering masam pada musim hujan mencapai 1,5-2 t/ha dengan masukan berupa varietas unggul Sinabung, Burangrang atau Kaba dengan pemupukan 75 kg urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl + 1.500 kg dolomit/ha. Arsyad *et al.* 2007 melaporkan galur harapan kedelai W 3898-14-3, K 3911-66/D 3578-3-2 dan D 3578/MLG 3072-15 dengan input 22,5 kg N + 36 kg P₂O₅ + 53 kg K₂O + 0,56 t CaO/ha mampu memberi hasil > 2,5 t/ha. Erythrina (2008) melaporkan produktivitas kedelai pada Ultisol

dengan masukan rendah (50 kg urea + 75 kg SP36 + 75 kg KCl/ha) 1,7 t/ha dan dengan masukan tinggi (75 kg urea + 150 kg SP36 + 100 kg KCl + 1.000 kg dolomit/ha) 2,2 t/ha.

Penurunan tingkat kemasaman tanah dengan mengendalikan aktivitas Al, Fe, dan H merupakan kunci pertama untuk memperbaiki tanah Ultisol. Anjuran umum untuk menetralisasi Al adalah setiap meq Al/100 g dibutuhkan 1,5 meq Ca atau setara dengan 1,65 t/ha CaCO_3 . Aplikasi kapur pertanian dengan takaran $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ x Al-dd pada Ultisol dengan kandungan Al-dd rendah hingga tinggi (2,3-24,9 meq/100 g) cukup efisien menurunkan kejenuhan Al dan Al-dd tanah (Taufiq *et al.* 2004).

Rehabilitasi dan perbaikan sifat fisik, kimia, dan kadar bahan organik tanah masam akan memulihkan kesuburan, produktivitas, dan daya dukung tanah secara optimal. Bahan mineral dan limbah pertanian menjadi sumber hara dan pupuk alternatif yang murah untuk mengganti input sintetik yang mahal. Rasionalisasi penggunaan masukan ini akan mengurangi biaya produksi, meningkatkan efisiensi dan pendapatan usahatani. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan takaran optimal kombinasi amelioran dan pupuk organik pada kedelai maksimal di tanah Ultisol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Balitkabi, Malang, dan di Rumbia, Lampung Tengah, pada MT 2005. Contoh tanah Ultisol untuk percobaan rumah kaca diambil dari tiga lahan petani pada lapisan olah (0-30 cm) di Desa Bina Karya Utama (RB IV), Kecamatan Rumbia, Lampung Tengah pada awal Maret 2005. Sifat kimia utama tanah adalah pH 4,5-5,3, kejenuhan Al 40,7-58,7%.

Percobaan rumah kaca dilakukan untuk empat jenis amelioran (zeolit, dolomit, amelioran organik Formula I, kapur tohor). Rancangan percobaan acak lengkap, dua faktor dengan empat ulangan. Faktor pertama adalah amelioran yang terdiri atas lima tingkat, yaitu 0, 150, 300, 450, dan 600 kg/ha. Faktor kedua adalah pupuk kandang yang terdiri atas empat tingkat, yaitu 0, 500, 100, dan 1.500 kg/ha. Percobaan di rumah kaca berlangsung pada bulan Mei-Agustus 2005. Contoh tanah adalah 8 kg/pot. Pupuk anorganik diberikan dengan takaran 22,5 kg N + 45 kg P_2O_5 + 25 kg K_2O /ha.

Percobaan lapangan berlangsung pada bulan Oktober 2005-Januari 2006 yang terdiri atas dua jenis amelioran, yaitu dolomit dan zeolit. Rancangan percobaan acak kelompok dua faktor, dan empat ulangan. Kombinasi perlakuan sama seperti percobaan rumah kaca. Ukuran petak adalah 4 m x 5 m. Varietas kedelai Sinabung ditanam dengan jarak 40 cm x 15 cm dan takaran pupuk 22,5 kg N + 45 kg P_2O_5 + 25 kg K_2O /ha. Tolok ukur penelitian adalah karakter agronomis yang meliputi tinggi tanaman dan hasil kedelai. Data penelitian dianalisis dengan Anova, dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) dengan ketelitian 1% dan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan Rumah Kaca

Percobaan 1. Tanggap Tanaman Kedelai terhadap Pupuk Kandang dan Zeolit

Aplikasi pupuk kandang meningkatkan tinggi tanaman saat panen (umur 90 HST). Aplikasi Zeolit juga meningkatkan tinggi tanaman an bobot biji. Interaksi antara pupuk kandang dan zeolit meningkatkan tinggi tanaman dan hasil biji (Tabel 1). Hasil tertinggi kedelai

Tabel 1. Tinggi tanaman kedelai saat panen dengan perlakuan penggunaan pupuk kandang dan zeolit pada tanah Ultisol. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Zeolit (kg/ha)	Tinggi tanaman (cm)				Rata-rata BNT 0,10; 2,36
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	
0	59,0 h	69,8 cdefg	69,0 defg	76,0 abc	68,5 c
150	69,0 defg	71,8 bcdefg	73,8 abcde	74,0 abcde	72,2 ab
300	73,5 abcde	73,0 abcdef	75,2 abcd	73,2 abcde	73,7 a
450	73,5 abcde	67,7 efg	78,5 a	69,5 defg	72,3 ab
600	71,0 bcdefg	65,8 g	77,0 ab	66,7 fg	70,1 bc
Rata-rata, BNT 0,10; 2,04					
BNT interaksi 0,05; 6,33	69,2 c	69,6 c	74,7 a	71,9 b	71,4

KK: 5,35%

¹⁾ takaran pupuk kandang (kg/ha)

Tabel 2. Bobot biji kedelai pada perlakuan kombinasi penggunaan pupuk kandang dan zeolit. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Zeolit (kg/ha)	Bobot biji (g/pot, ka 13%)				
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	Rata-rata BNT 0,05; 2,50
0	15,5 bcd	13,7 d	14,6 cd	16,6 bcd	15,1 b
150	22,0 a	14,8 cd	23,2 a	16,5 bcd	19,9 a
300	14,9 cd	14,6 cd	19,9 ab	14,9 cd	16,1 b
450	12,2 d	18,9 abc	18,8 abc	14,9 cd	16,2 b
600	12,7 d	13,3 d	14,5 cd	16,5 bcd	14,3 b
Rata-rata, tn BNT interaksi 0,05; 4,99	15,5 a	15,0 a	18,2 a	15,9 a	

KK: 18,61%

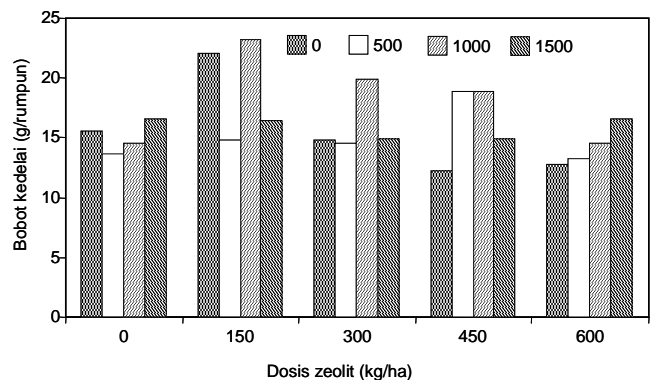
¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)

sebesar 23,2 g/rumpun (pot) dicapai pada takaran kombinasi 1.000 kg pupuk kandang ditambah 150 kg zeolit/ha.

Kombinasi pupuk kandang dengan zeolit memiliki sinergisme positif terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai. Sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang, zeolit, dan kombinasi keduanya meningkatkan hasil biji (Tabel 2). Takaran optimal kombinasi pupuk kandang dan zeolit berturut-turut adalah 1.000 kg/ha dan 150-450 kg/ha.

Aplikasi zeolit 150 kg/ha meningkatkan hasil kedelai 28,6% dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan takaran zeolit hingga 600 kg/ha justru menurunkan hasil. Diduga, aplikasi zeolit pada takaran di atas 150 kg/ha sudah menimbulkan antagonisme kation sehingga menghambat serapan kation yang saling berinteraksi seperti K, Ca, Mg, dan Na. Zeolit memiliki sumber Ca cukup reaktif. Hal ini menunjukkan bahwa takaran optimal zeolit adalah 150 kg/ha. Aplikasi pupuk kandang 1.000 kg/ha meningkatkan hasil kedelai 17,8% dibandingkan dengan kontrol. Pemberian pupuk kandang 1.500 kg/ha sudah menurunkan hasil biji. Hal yang menarik adalah kombinasi pemberian zeolit 150 kg/ha dengan pupuk kandang 1.000 kg/ha meningkatkan hasil kedelai 96,1% (Tabel 2). Fakta ini menunjukkan terjadi sinergisme yang positif dan produktif dalam penggunaan zeolit dan pupuk kandang untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan kering masam Ultisol. Kombinasi pemberian zeolit dan pupuk kandang di atas batas optimal tidak lagi meningkatkan hasil kedelai (Tabel 2).

Zeolit merupakan salah satu kelompok mineral alumina-silikat yang mempunyai sifat multistruktur dan multifungsi. Mineral ini pertama kali ditemukan oleh Freiherr Asxel Fredior Croustedt (Wibowo 2002). Unit dasar pembentuk zeolit adalah (SiO₄)⁴⁻ dan (AlO₄)⁵⁻



Gambar 1. Pengaruh pemberian zeolit dan pupuk kandang pada berbagai takaran terhadap hasil kedelai di tanah masam Ultisol asal Rumbia Lampung Tengah. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

dalam bentuk tetrahedral. Unit-unit dasar tersebut saling berkaitan membentuk jaringan Si dan Al anionic dalam tiga dimensi. Masing-masing atom oksigen terbagi di antara atom Si dan Al. Untuk setiap Si⁴⁺ yang digantikan oleh Al³⁺ dalam kisi kristal akan terbentuk muatan negatif, muatan tersebut akan dinetralisasi oleh kation dari golongan alkali atau alkali tanah.

Zeolit sebagai mineral alam dan dipakai sebagai stimulator dalam formula pupuk organik diharapkan memiliki daya pemulihan dan pelestarian kesuburan tanah dalam beberapa hal: (1) kapasitas tukar kation zeolit 200-300 me/100 g, (2) daya adsorpsi air 10-35% dari total beratnya, (3) memiliki daya sangga terhadap pH tanah. Di Indonesia, mineral zeolit ditemukan di Cikalong, Tasikmalaya, dan Malang Selatan dan memiliki kualitas terbaik di dunia dengan kandungan zeolit (mordenit) 55-85% dan nilai kapasitas tukar kation (KTK) 115-117,6 me/100 g. Zeolit dari Cikalong Tasikmalaya dan Malang Selatan berturut-turut memiliki KTK 156,5 me dan 177,6 me/100 g (Suyartomo dan Husaini 1992).

Percobaan 2. Tanggap Tanaman Kedelai terhadap Pupuk Kandang dan Dolomit

Penggunaan pupuk kandang sebagai faktor tunggal meningkatkan tinggi tanaman dan hasil biji. Aplikasi dolomit sebagai faktor tunggal juga meningkatkan tinggi tanaman dan hasil biji. Interaksi antara pupuk kandang dengan dolomit meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil kedelai (Tabel 3 dan 4).

Sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang, dolomit, dan interaksi keduanya memberikan ragam hasil yang nyata. Aplikasi pupuk kandang 500 kg/ha ditambah 300 kg/ha dolomit memberikan hasil tertinggi sebesar 21,02 g/rumpun. Aplikasi dolomit lebih dari 150 kg/ha sudah tidak meningkatkan hasil bahkan cenderung menurunkan hasil.

Hal ini menunjukkan bahwa takaran optimum dolomit adalah 300 kg/ha (Tabel 4). Dolomit merupakan sumber utama Ca dan Mg yang berpotensi untuk bereaksi antagonis dengan K bila proporsi ketiganya tidak seimbang yang akan menghambat serapan K. Wijanarko *et al.* 2007 mengemukakan bahwa kisaran

rasio hara P/K, P/Ca, dan Ca/K yang seimbang untuk tanaman kedelai pada Ultisol Lampung berturut-turut adalah 0,107-0,189; 0,205-0,269, dan 0,477-0,671.

Aplikasi dolomit secara tunggal hingga takaran 600 kg/ha masih meningkatkan hasil kedelai 75,2% pada lahan kering masam Ultisol dibanding kontrol. Pemberian pupuk kandang 500 kg/ha cukup untuk mencapai hasil maksimum dengan peningkatan 23,3% dibandingkan kontrol (Tabel 4).

Kombinasi penggunaan dolomit 300 kg dengan 500 kg pupuk kandang/ha nyata meningkatkan hasil kedelai 76,2%. Hal ini menunjukkan bahwa titik optimum sinergisme positif dan produktif dolomit dan pupuk kandang terjadi pada takaran 300 kg/ha dolomit dan 500 kg/ha pupuk kandang. Kombinasi pemberian dolomit di atas 300 kg/ha dengan pupuk kandang di atas 500 kg/ha sudah tidak meningkatkan hasil kedelai di lahan kering masam Ultisol (Tabel 4 dan Gambar 2). Taufiq *et al.* 2007 melaporkan aplikasi dolomit dengan takaran $\frac{1}{4}$ Al dd + 2.500 kg pupuk kandang/ha pada kedelai di lahan kering Tulang Bawang memberikan hasil 1,19-1,80 t/ha.

Tabel 3. Tinggi tanaman kedelai saat panen pada perlakuan penggunaan pupuk kandang dan dolomit pada tanah Ultisol. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Dolomit (kg/ha)	Tinggi tanaman (cm)				
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	Rata-rata BNT 0,05; 4,41
0	60,2 f	77,0 cd	77,7 bcd	74,3 cde	72,3 b
150	71,5 de	86,0 ab	76,8 cd	78,0 abcd	78,1 a
300	73,3 cde	86,7 a	79,0 abcd	75,8 cde	78,7 a
450	73,8 cde	81,0 abc	81,3 abc	75,5 cde	77,9 a
600	79,3 abcd	78,5 abcd	74,5 cde	67,7 ef	75,0 ab
Rata-rata, BNT 0,05; 3,95	71,6 c	81,8 a	77,9 b	74,3 bc	76,4

KK (%): 6,95

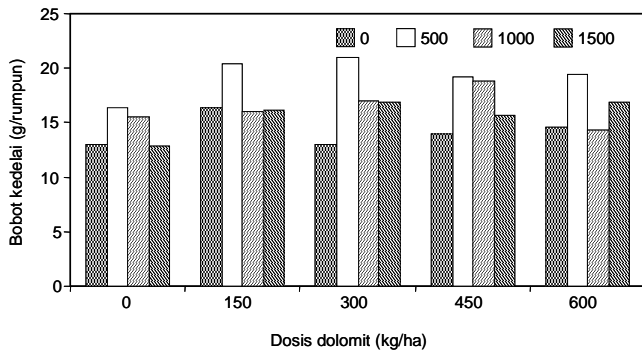
¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)

Tabel 4. Bobot biji kedelai pada perlakuan kombinasi penggunaan pupuk kandang dan dolomit. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Dolomit (kg/ha)	Bobot biji kedelai (g/pot, ka 13%)				
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	Rata-rata BNT 0,05; 1,10
0	12,9 g	16,3 de	15,6 def	12,9 g	14,4 b
150	16,4 de	20,4 ab	16,1 def	16,1 def	17,2 a
300	13,0 g	21,0 a	16,9 cd	16,8 cd	16,9 a
450	14,0 fg	19,2 ab	18,8 bc	15,6 def	16,9 a
600	14,5 efg	19,4 ab	14,3 efg	16,8 cd	16,3 a
Rata-rata BNT 0,05; 0,99	14,2 c	19,3 a	16,3 b	15,7 b	

KK : 8,12%; BNT interaksi pupuk kandang x dolomit 0,05 : 2,21

¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)



Gambar 2. Pengaruh pemberian dolomit dan pupuk kandang pada berbagai takaran terhadap hasil kedelai pada tanah Ultisol asal Rumbia Lampung Tengah, Rumah kaca Balitkabi, MH 2005.

Percobaan 3. Tanggap Tanaman Kedelai terhadap Pupuk Kandang dan Amelioran Organik Formula-1

Pemberian pupuk kandang sebagai faktor tunggal meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai. Aplikasi amelioran Formula-1 sebagai faktor tunggal juga meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil kedelai. (Tabel 5 dan 6).

Kombinasi penggunaan pupuk kandang dan amelioran Formula-1 meningkatkan tinggi tanaman. Kombinasi takaran optimal keduanya masing-masing adalah 500 kg pupuk kandang + 450 kg amelioran Formula-1 dan atau 1.000 kg pupuk kandang + 300 kg amelioran Formula-1. Gambaran menarik dapat dijumpai pada penggunaan amelioran Formula-1 dan pupuk kandang. Keduanya memiliki peran dan fungsi yang sama sehingga memiliki pengaruh aditif atau menambahkan. Hal ini terbukti dari hasil maksimum kedelai dicapai pada kombinasi pemberian amelioran Formula-1 dan pupuk kandang pada takaran tertinggi,

Tabel 5. Tinggi tanaman kedelai saat panen (90 HST) pada perlakuan penggunaan pupuk kandang dan Formula-1 pada tanah Ultisol. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Formula-1 (kg/ha)	Tinggi tanaman (cm)				Rata-rata BNT 0,01; 3,90
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	
0	64,7 h	70,0 fg	75,3 abcde	73,0 def	70,8 b
150	62,5 h	71,7 ef	78,2 abc	73,7 cdef	71,5 b
300	72,0 def	74,3 bcdef	79,2 a	71,5 ef	74,3 ab
450	74,3 bcdef	79,8 a	78,8 ab	75,7 abcde	77,2 a
600	71,7 ef	75,7 abcde	76,7 abcd	66,5 gh	72,6 b
Rata-rata, BNT 0,05; 1,47	69,0 d	74,3 b	77,6 a	72,1 c	73,3

KK (%): 4,76; BNT interaksi 0,10 = 4,82

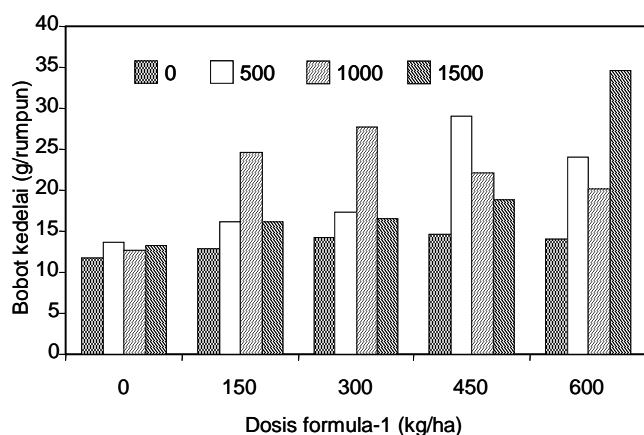
¹⁾pupuk kandang (kg/ha)

Tabel 6. Bobot biji kedelai pada perlakuan kombinasi penggunaan pupuk kandang dan Formula I. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Formula-1 (kg/ha)	Bobot biji kedelai (g/pot, ka 13%)				Rata-rata BNT 0,05; 1,64
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	
0	11,7 k	13,6 ijk	12,6 k	13,3 jk	12,8 d
150	12,8 k	16,2 ghij	24,6 cd	16,2 ghij	17,5 c
300	14,1 hijk	17,4 fgh	27,7 bc	16,6 ghi	18,9 c
450	14,6 hijk	29,1 b	22,0 de	18,9 fg	21,1 b
600	14,1 ijk	24,0 d	20,1 ef	34,7 a	23,2 a
Rata-rata, BNT 0,05; 1,47	13,5 c	20,1 ab	21,4 a	19,9 b	

KK: 10,56%; BNT interaksi pupuk kandang x Formula-1 0,05 : 3,28

¹⁾pupuk kandang (kg/ha)



Gambar 3. Pengaruh pemberian Formula-1 dan pupuk kandang pada berbagai takaran terhadap hasil kedelai pada tanah Ultisol asal Rumbia Lampung Tengah. Rumah kaca Balitkabi, MH 2005.

masing-masing 600 kg dan 1.500 kg/ha, dengan peningkatan hasil 151,41% dibandingkan dengan kontrol (Tabel 6 dan Gambar 3).

Sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang, amelioran Formula-1, dan kombinasi keduanya memberikan ragam hasil yang nyata. Kombinasi penggunaan amelioran pupuk kandang dengan Formula 1 juga meningkatkan bobot biji per rumpun (Tabel 6 dan Gambar 3). Kombinasi optimal takaran pupuk kandang 600 kg ditambah 1.500 kg Formula 1 memberikan hasil tertinggi 34,68 g per rumpun.

Percobaan 4. Tanggapan Tanaman Kedelai terhadap Pupuk Kandang dan Kapur

Sidik ragam data agronomis menunjukkan pemberian pupuk kandang sebagai faktor tunggal meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil kedelai. Kapur sebagai faktor tunggal tidak meningkatkan tinggi tanaman namun meningkatkan hasil biji (Tabel 7 dan 8).

Tabel 7. Tinggi tanaman kedelai pada saat panen pada perlakuan penggunaan pupuk kandang dan kapur pada tanah Ultisol. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Kapur (kg/ha)	Pupuk kandang (kg/ha)				Rata-rata BNT 0,05; tn
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	
0	65,0	74,7	76,2	75,2	72,8
150	72,8	77,7	82,0	73,0	76,4
300	72,8	79,7	81,8	75,5	77,5
450	52,7	74,8	80,8	71,8	70,1
600	72,5	76,8	78,0	64,7	73,0
Rata-rata, BNT 0,05; tn	67,2	76,7	79,8	72,0	73,9

KK (%) : 12,14

¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)

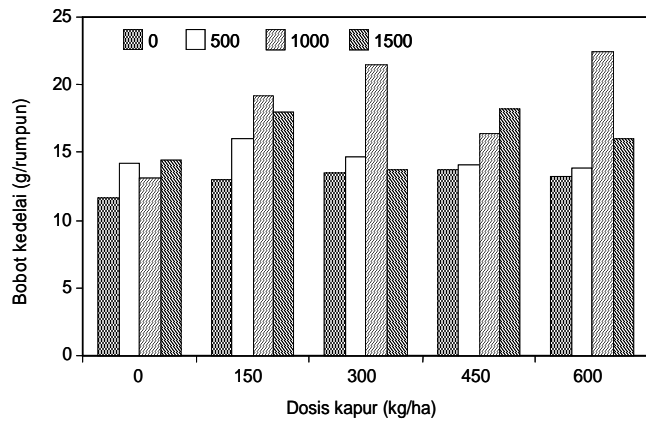
Tabel 8. Bobot biji kedelai pada kombinasi perlakuan penggunaan pupuk kandang dan kapur. Rumah kaca Balitkabi, MT 2005.

Kapur (kg/ha)	Bobot biji kedelai (g/pot, ka 13%)				Rata-rata BNT 0,10; 1,56
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	
0	11,70 h	14,14 efgh	13,13 fgh	14,50 efgh	13,37 b
150	12,93 gh	16,04 defg	19,22 bc	17,92 cd	16,53 a
300	13,53 efgh	14,73 efgh	21,44 ab	13,73 efgh	15,86 a
450	13,77 efgh	14,03 efgh	16,42 cde	18,24 cd	15,62 a
600	13,20 fgh	13,83 efgh	22,40 a	16,08 def	16,38 a
Rata-rata, BNT 0,10; 1,39	13,03 d	14,56 c	18,52 a	16,10 b	

KK : 12,53%

¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)

Aplikasi kapur pada takaran 300 kg/ha meningkatkan hasil 24,1% dibandingkan dengan kontrol. Pemberian pupuk kandang 500 kg/ha meningkatkan hasil kedelai 30,4% dibanding kontrol. Peningkatan pemberian kapur di atas 300 kg/ha dan pupuk kandang di atas 500 kg/ha masing-masing secara tunggal cenderung menurunkan hasil kedelai. Kombinasi pupuk kandang dan kapur akan memberikan hasil yang lebih baik. Secara teknis ada tiga alternatif, yaitu (1) kombinasi 150 kg/ha kapur dengan 1.000 kg/ha pupuk kandang meningkatkan hasil 86%, (2) kombinasi 450 kg/ha kapur dengan 1.500 kg/ha pupuk kandang meningkatkan hasil 94,9%, (3) kombinasi 600 kg/ha kapur dengan 1.000 kg/ha pupuk kandang meningkatkan hasil kedelai 100% (Tabel 8 dan Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh pemberian kapur dan pupuk kandang pada berbagai takaran terhadap hasil kedelai di tanah masam Ultisol asal Rumbia Lampung Tengah. Rumah kaca Balitkabi, MH 2005.

Percobaan Lapangan

Lahan petani tempat percobaan lapangan memiliki kesuburan K, Ca, dan Mg yang rendah dan kadar C organik cukup. Dengan demikian tanah dimungkinkan untuk memiliki asam-asam polifenol yang cukup untuk mengkelasi Al sehingga mengurangi aktivitas Al. Hal ini membantu untuk mengurangi keracunan Al.

Percobaan kalibrasi lapangan terhadap aplikasi dua macam amelioran, dolomit dan zeolit, memberikan hasil kedelai yang sejalan dengan percobaan di rumah kaca (Tabel 9 dan 10). Dengan demikian, takaran dolomit atau zeolit pada tanaman kedelai di tanah Ultisol dengan kejenuhan Al 25-40% kurang dari 1.500 kg/ha. Penggunaan amelioran yang dikombinasikan dengan pupuk kandang atau pupuk organik dapat mengurangi cekaman Al sehingga efektif meningkatkan hasil kedelai.

Hasil percobaan lapangan menunjukkan bahwa hasil kedelai di atas 2 t/ha pada Ultisol dapat dicapai dengan pemakaian dolomit atau zeolit dengan takaran 300-450 kg/ha yang dikombinasikan dengan pupuk kandang 500-1.000 kg/ha. Taufiq *et al.* (2007a) melaporkan bahwa aplikasi 500 kg CaO (1.500 kg dolomit) + 75 kg urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha mampu meningkatkan pH, ketersediaan Ca dan Mg, menurunkan Al-dd, dan memberikan hasil kedelai > 2 t/ha.

Penggunaan kapur pertanian, baik dalam bentuk CaCO₃ maupun dolomit, dan bahan organik untuk meningkatkan produktivitas lahan masam telah sejak lama dianjurkan. Pengapuran akan efektif jika kejenuhan kemasaman (Al+H) > 10% dan pH tanah < 5. Amelioran mineral (dolomit, kapur, zeolit) efektif mendetoksifikasi Al dan Fe melalui proses pengendapan, dalam bentuk Al (OH)₃ atau Fe (OH)₃. Winarso (2009) melaporkan bahwa detoksifikasi Al pada Ultisol oleh kombinasi senyawa humik dan kapur (CaCO₃) efektif pada pH 5,5.

Tabel 9. Hasil kedelai pada perlakuan kombinasi pupuk kandang dan dolomit di Rumbia, Lampung Tengah, MT 2005

Dolomit (kg/ha)	Hasil kedelai (t/ha)				Rata-rata, BNT dolomit 0,05; 0,142
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	
0	1,94 gh	2,21 bcdefg	2,25 bcdef	1,99 fgh	2,10 b
150	2,27 bcdef	2,25 bcdef	2,22 bcdefg	2,28 bcde	2,25 a
300	2,00 efgh	2,19 cdefg	2,49 ab	2,19 cdefg	2,22 ab
450	1,94 gh	2,38 abc	2,10 defg	2,27 bcdef	2,17 ab
600	1,79 h	2,39 abc	2,57 a	2,36 abcd	2,28 a
Rata-rata, BNT p.kd 0,05; 0,127					
BNT interaksi 0,05; 0,283	1,989 b	2,285 a	2,327 a	2,217 a	

KK: 7,74%

¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)

Tabel 10. Hasil kedelai pada perlakuan kombinasi pupuk kandang dan zeolit di Rumbia, Lampung Tengah, MT 2005.

Zeolit (kg/ha)	Hasil kedelai (t/ha)				
	0 ¹⁾	500 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	Rata-rata, BNT tn
0	1,85	2,23	2,12	2,14	2,09
150	1,88	1,92	1,85	1,78	1,86
300	2,04	2,17	2,13	2,02	2,09
450	2,03	2,03	1,97	2,22	2,06
600	2,19	2,05	2,23	2,27	2,18
Rata-rata, BNT tn	2,00	2,08	2,06	2,09	2,06

KK : 9,41 %

¹⁾ pupuk kandang (kg/ha)

Tabel 11. Analisis kimia tanah Ultisol Rumbia Lampung Tengah sebelum percobaan lapangan dimulai.

Lapis tanah	pH		C (%)	P ₂ O (ppm)	SO ₄ (ppm)	K	Na	Ca	Mg	KTK	Aldd	Hdd	Fe (ppm)	%Al
	H ₂ O	KCl												
0-20	4,5	4,4	1,14	27,6	32,0	0,06	0,16	0,72	0,34	25,0	0,88	0,22	308	58,7
21-40	4,8	4,3	1,08	12,5	61,9	0,02	0,10	0,72	0,25	25,0	0,53	0,17	226	42,1
0-20	5,2	4,6	1,39	51,8	29,9	0,12	0,13	1,80	0,44	30,5	0,44	0,26	318	42,1
21-40	5,3	4,4	1,37	18,4	64,7	0,05	0,10	1,02	0,37	16,6	0,88	0,62	327	40,7
Rata-rata	4,95	4,42	1,25	27,6	47,1	0,06	0,12	1,07	0,35	24,27	0,68	0,32	295	45,9

Pupuk organik efektif mendetoksifikasi Al dan Fe pada Ultisol dengan pH <5,5. Dekomposisi pupuk organik menghasilkan asam organik, antara lain asetat, fumarat, ketoglutamat, suksinat, oksalat, dan sitrat yang mengandung gugus fungsional karboksilat (-COOH), baik rangkap maupun tunggal (Hart *et al.* 2003). Gugus fungsional ini apabila mendisosiasi protonnya (ion-H⁺), maka senyawa asam tersebut akan bermuatan negatif dan mengikat (kelat) Al yang ada dalam larutan tanah (Essington and Anderson 2008). Validitas kelasi Al oleh senyawa organik ini terjadi pada pH < 4,2 (Skylberg 1999 *cit.* Winarso 2010). Wahyudi 2009 menyatakan bahwa pemberian asam humat dan fulfat dari kompos *Gliricidia sepium* dan *Titonia diversifolia* 80 t/ha pada Ultisol mampu menurunkan Al-dd berturut-turut 73,5% dan 80,6%, serta meningkatkan Al-khelat berturut-turut 486,4% dan 404,6%. Oleh karena itu, pada petak kontrol sekalipun tidak mendapat perlakuan pupuk organik dan amelioran tetapi hasil sudah cukup tinggi. Diperkirakan gugus fenol dalam tanah cukup tinggi dan efektif mengikat Al dan Fe sehingga tidak mengganggu serapan hara tanaman kedelai. Hal ini didukung oleh kadar hara P tersedia yang cukup tinggi, rata-rata 27,6 ppm (Tabel 11).

Kombinasi amelioran mineral (dolomit, kapur, zeolit) dengan pupuk organik menjadi lebih efektif

mendetoksifikasi Al maupun Fe pada Ultisol karena dua hal, yaitu melalui kelasi dan pengendapan. Dengan demikian proses detoksifikasi akan berjalan lebih cepat dibandingkan dengan pemakaian amelioran secara tunggal. Oleh karena itu, aplikasi amelioran yang dikombinasikan dengan pupuk organik akan mengurangi volume atau dosisnya dibanding pemakaian secara tunggal. Secara ekonomi, peningkatan hasil kedelai terhadap kontrol sebesar 500 kg/ha karena pemakaian 150-600 kg amelioran dan 1.000-1.500 kg pupuk kandang masih memberikan keuntungan bagi usahatani kedelai di Ultisol.

Secara umum dapat dinyatakan bahwa (1) pupuk kandang memiliki peranan penting untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai pada Ultisol, (2) amelioran zeolit, dolomit, kapur dan amelioran organik Formula-1 juga memiliki peranan penting untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai pada Ultisol, (3) kombinasi penggunaan pupuk kandang dan amelioran alam akan lebih efektif meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai pada tanah Ultisol dan dapat mengurangi volume pemberian keduanya. Berdasarkan data hasil dan tanggap tanaman kedelai terhadap pemberian amelioran pada Ultisol dapat diranking perannya, yaitu amelioran Formula-I > dolomit > zeolit > kapur dengan ranking capaian hasil

19,3 g/rumpun > 17,3 g/rumpun > 16,1 g/rumpun > 15,7 g/rumpun.

KESIMPULAN

1. Kebutuhan amelioran pada tanah Ultisol dengan bahan baku pupuk kandang dapat dikurangi sehingga tidak lebih dari 2.500 kg/ha.
2. Kebutuhan amelioran dengan bahan baku mineral alam (dolomit, zeolit, kapur) dapat dikurangi sehingga tidak lebih dari 1.500 kg/ha.
3. Kombinasi amelioran dengan pupuk kandang meningkatkan efektivitas ameliorasi pada Ultisol dan dapat menghemat volume amelioran.
4. Kombinasi pupuk kandang 500-1.500 kg/ha dengan amelioran 150-600 kg/ha dapat memberikan hasil kedelai > 2 t/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, D.M, H. Kuswanto, dan Purwanto. 2007. Kesesuaian varietas kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(1):26-31.
- Erythrina. 2008. Inovasi teknologi dan masalah pengembangan kedelai pada lahan kering masam. p. 657-663. *Dalam: Zaini et al. (Eds.). Inovasi Teknologi Tanaman Pangan, Buku 3: Penelitian dan Pengembangan Palawija. Prosiding Simposium V Tanaman Pangan. Puslitbangtan. Bogor.*
- Essington, M.E. and R.M. Anderson. 2008. Competitive adsorption of 2-ketogluconate and inorganic onto gibbsite and kaolinite. *Soil Sci.Soc.Am. J.* 72:595-604.
- Hart, H., L.E. Craine, and D.J. Hart. 2003. *Organic chemistry. a short course.* Houghton Mifflin Company. 305-344.
- Suyartomo dan Husaini. 1992. Kegiatan litbang zeolit Indonesia Periode 1980-1981. *Forum Pendapat Pertambangan dan Energi No. 5/Thn XVII/1992.* p. 52-64.
- Taufiq, A., Marwoto, Heriyanto, Darman M. Arsyad, dan Sri Hardaningsih. 2007a. Perbaikan budi daya kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(1):38-45.
- Taufiq, A., H. Kuntastyuti, Cipto Prahoro, dan Tri Wardani. 2007b. Pemberian kapur dan pupuk kandang pada kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(2):78-85.
- Taufiq, A., H. Kuntastyuti, dan A.G. Mansuri. 2004. Pemupukan dan ameliorasi lahan kering masam untuk meningkatkan produktivitas kedelai. *Makalah Lokakarya Pengembangan Kedelai melalui Pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu di Lahan Masam. BPTP Lampung, 30 September 2004.* p. 21-40.
- Wahyudi, I. 2009. Manfaat bahan organik terhadap peningkatan ketersediaan fosfor dan penurunan toksisitas aluminium di Ultisol. *Disertasi Program Doktor Universitas Brawijaya Malang.* 121 p.
- Wibowo, H. 2002. Proses aktivasi zeolit sebagai soil conditioner. *Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Kimia, UPN Veteran Surabaya.* 47 p.
- Wijanarko, A., A. Taufiq, dan Henny Kuntastyuti. 2007. Diagnosis status unsur hara tanaman kedelai pada lahan masam menggunakan metode DRIS. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(3):188-198.
- Winarso, S. 2009. Detoksitas aluminium dan desorpsi fosfat pada ultisol dengan menggunakan senyawa humik dan bakteri pelarut fosfat. *Disertasi. Program Pascasarjana Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.* 183 p.
- Winarso, S, Eko Handayanto, and Abdullah Taufiq. 2010. Aluminium detoxification by humic substance extracted from compost of organic wastes. *Journal of Tropical Soil* 15(1):19-24.