

# OPTIMALISASI PENGGUNAAN PUPUK ORGANIK DAN ANORGANIK PADA KEDELAI DI TANAH KERING MASAM

Sudaryono dan Heru Kuswanto

*Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*

## ABSTRAK

Lahan kering masam Ultisol di Lampung memiliki kesuburan tanah rendah disebabkan oleh kemasaman tanah tinggi ( $\text{pH} < 5,5$ ), kejenuhan Al tinggi ( $> 20\%$ ), kadar bahan organik rendah ( $< 2\%$ ), kadar hara makro rendah (N, P, K, Ca, Mg), fiksasi hara P tinggi, daya sangga tanah rendah, dan kemampuan tanah menahan air rendah. Penelitian bertujuan menetapkan takaran dan kombinasi optimal pupuk organik dan anorganik pada kedelai di lahan kering masam. Penelitian dilakukan pada musim kemarau 2009 di rumah kaca Balitkabi menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dua faktor, empat ulangan. Faktor pertama adalah takaran pupuk organik terdiri atas : 0, 5, 10, 15% berdasarkan bobot tanah. Faktor kedua adalah takaran pupuk NPK (15–15–15) terdiri atas: 0, 100, 200, 300 kg/ha. Pengamatan percobaan meliputi keragaan agronomis tinggi tanaman, hasil dan komponen hasil. Aplikasi pupuk organik dengan takaran 5, 10, dan 15% setara kadar bahan organik tanah, berturut-turut meningkatkan hasil kedelai sebesar 188%, 246%, dan 261% dibandingkan kontrol. Peningkatan pupuk NPK dari 100 hingga 300 kg/ha tidak meningkatkan hasil kedelai secara nyata jika tidak diimbangi dengan pemakaian pupuk organik. Aplikasi pupuk organik setara dengan takaran 5% bobot tanah ditambah 100 kg NPK/ha merupakan kombinasi yang optimal.

Kata Kunci : pupuk organik dan anorganik, lahan kering masam, kedelai

## ABSTRACT

**Optimalization of organic and inorganic fertilizers for soy bean in acid dryland Ultisol.** Acid dry land Ultisol of Lampung has low fertility status, it is caused by strong soil acidity ( $\text{pH} < 5,5$ ), high Al saturation ( $> 20\%$ ), low soil organic matter, low macro nutrients (N, P, K, Ca, Mg), high fixing P, low soil buffering capacity, and low water holding capacity. The research was carried out in dry season 2009 in Balitkabi green house using complete randomized design with two factors, four replication. First: rate of organic fertilizer consisted of 0, 5, 10 and 15% soil weight basis. Second: rate of NPK inorganic fertilizer (15 – 15 – 15) consisted of 0, 100, 200 and 300 kg/ha. Observation trial consisted of agronomic performance such as plant height, yield and its component, and up take NPK at 45 days after planting. Applying organic fertilizer at rate of 5%, 10%, and 15% equal soil bases of organic matter in Ultisol increased soy bean yield as 188%, 246%, and 261% respectively compare to control treatment. Application organic fertilizer at rate of 5% combined with 100 kg NPK fertilizer/ha to be optimal recommendation for cultivating soy bean in acid dry land Ultisol.

Key words: organik and inorganik fertilizer, acid dry land, soybean

## PENDAHULUAN

Lahan kering masam umumnya memiliki kesuburan rendah disebabkan kadar bahan organik rendah dan status keharaan makro (N, P, K, S, Ca, Mg) rendah. Akibatnya, produktivitas tanah juga rendah (suboptimal). Jenis tanah pada lahan kering masam didominasi oleh Ultisol dan Oxisol. Tanah Ultisol dan Oxisol merupakan tanah pertanian utama di Indonesia terutama di lahan kering. Tanah Ultisol menempati area sekitar

49,794 juta ha (24,3%) sedangkan Oxisol sekitar 14,1 juta ha (7,5%) (Puslittanak 2000 dalam Nursyamsi 2003). Tanah Ultisol maupun Oxisol biasanya didominasi mineral-mineral kaolinit, oksida besi dan aluminium sehingga memiliki kapasitas tukar kation yang rendah, kejenuhan Al, Fe, dan Mn larut tinggi, kemasaman tinggi, kahat P dan jerapan P tinggi (Hairiah *et al.* 2000). Tanah-tanah tersebut di atas umumnya mempunyai kemasaman yang tinggi dengan faktor pembatas kahat hara fosfor (P), adanya konsentrasi toksik dari ion aluminium (Al), besi (Fe) dan mangan (Mn), serta terjadinya jerapan P. Pada usahatani kedelai dengan tingkat hasil 2 t/ha akan menyerap dan mengangkut hara secara total sebanyak 131,5 kg N, 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 174,5 kg K<sub>2</sub>O, 15 kg Mg, dan 14 kg S/ha (PPI 1985). Panen hara yang berlangsung secara teratur dan dalam waktu yang lama jelas akan menguras hara dalam tanah. Oleh karena itu usaha pengembalian hara yang telah terangkut mutlak dilakukan untuk menjamin stabilitas dan keberlanjutan sistem produksi.

Kesuburan dan produktivitas tanah Ultisol dan Oxisol dapat ditingkatkan dengan menambahkan pupuk organik dan anorganik. Pemakaian pupuk organik pada lahan kering masam memiliki peranan yang bersifat multi fungsi, antara lain : (1) menambah hara lengkap (makro-mikro), (2) merupakan amelioran tanah yang efektif, (3) merupakan agensia detoksifikasi Aluminium (Al) dan besi (Fe) yang efektif, (4) sebagai bahan perekat agregat tanah untuk memperbaiki struktur tanah, (5) menghasilkan koloid-koloid organik yang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah (KTK), dan (6) sebagai sumber karbon dan energi untuk mikrobia tanah, sehingga dapat mendorong terciptanya kesuburan hayati tanah yang kondusif dan produktif. Penelitian bertujuan untuk menetapkan takaran dan kombinasi optimal pupuk organik dan anorganik pada kedelai di lahan kering masam.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian menggunakan contoh tanah masam yang diambil dari lahan kering masam milik salah satu petani Desa Trimulyo, Kecamatan Tegineneng Kabupaten Pesawaran, Lampung. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Balitkabi pada musim kemarau II, tahun 2009 (April–Juli) dengan 8 kg tanah/pot. Rancangan yang digunakan adalah acak kelompok dua faktor, empat ulangan. Faktor pertama adalah takaran pupuk organik terdiri atas : 0, 5, 10, 15% berdasarkan bobot tanah. Faktor kedua adalah takaran pupuk NPK lengkap (15–15–15) terdiri atas : 0, 100, 200, 300 kg/ha, sehingga terdapat 16 kombinasi perlakuan.

Varietas kedelai yang dipakai berumur genjah, yaitu Argomulyo. Data yang dikumpulkan terdiri atas pertumbuhan vegetatif : tinggi tanaman pada umur 15, 30, 45, 75 hari, bobot trubus/pot, jumlah polong isi, polong hampa, bobot biji per pot, bobot 100 butir biji. Data penelitian dianalisis dengan analisis varian (anova), dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada aras murad (*level of significant*) 1% dan atau 5%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakteristik Tanah**

Kesuburan tanah yang dipakai untuk percobaan adalah masam (pH<5), kadar bahan organik tanah rendah, dan kadar hara tanaman sangat rendah hingga rendah, kecuali Mg dan hara mikro Fe (Tabel 1). Tanah ini memiliki kejenuhan Al rendah sehingga tidak

ada kekuatiran terhadap keracunan aluminium. Sumber kemasaman tanah lebih didominasi oleh senyawa besi. Kadar Zn sangat rendah sehingga boleh jadi ada kekurangan Zn.

Tabel 1. Hasil analisis tanah sebelum percobaan.

No	Karakter tanah	Nilai	Status
1	pH (H <sub>2</sub> O)	4,8–4,9	Rendah
2	pH (KCl)	3,9–4,3	Rendah
3	Kadar C-org (%)	1,31–1,84	Rendah
4	N total (%)	0,11–0,12	Sangat rendah
5	P (Bray 1, ppm)	40,1–46,1	Sangat tinggi
6	Kdd (me/100 g)	0,11–0,17	Sangat rendah
7	Nadd(me/100 g)	0,41–0,44	Sangat rendah
8	Cadd (me/100 g)	1,97–3,35	Rendah
9	Mgdd (me/100 g)	0,58–0,63	Tinggi
10	KTK (me/100 g)	11,5–12,2	Rendah
11	Aldd (me/100 g)	0,8–1,4	Rendah
12	Kej Al (%)	6,9–11,5	Rendah
13	Fe (ppm)	193–231	Tinggi
14	Zn (ppm)	3,8–4,8	Sangat rendah

Keterangan : K-dd = kation dapat ditukar.

### Keragaan Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Analisis ragam terhadap data pengamatan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai disajikan pada Tabel 2. Pupuk organik memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan tanaman mulai dari umur 15 hst hingga umur 75 hst. Pupuk organik meningkatkan jumlah polong isi, hasil dan bobot 100 biji. Sebaliknya pupuk anorganik (NPK) tidak memberikan peningkatan pada semua karakter tanaman yang diamati (Tabel 2). Tidak terjadi interaksi antara pupuk organik dengan pupuk anorganik.

Tabel 2. Kuadrat tengah (KT) beberapa karakter tanaman kedelai pada optimasi pupuk organik dan anorganik untuk kedelai di Ultisol MK 2009.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	TT 15 hst (cm)	TT 30 hst (cm)	TT 45 hst (cm)	TT 60 hst (cm)	TT 75 hst (cm)
Blok	3	tn	tn	tn	tn	tn
Pp. Org (A)	3	**	**	**	**	*
Pp NPK (B)	3	tn	tn	tn	tn	tn
Interaksi AB	9	**	*	tn	tn	tn
Acak	45	-	-	-	-	-
Total	63					
KK (%)		6,54	6,60	7,12	6,48	6,48

\*) nyata pada uji BNT 5%; \*\*) nyata pada uji BNT 1%

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah polong isi/rmp	Juml polong hampa/rmp	Berat Biji (g/rmp)	Bobot 100 biji (g)
Blok	3	tn	tn	tn	tn
Pp. Org (A)	3	**	tn	**	**
Pp NPK (B)	3	tn	tn	tn	tn
Interaksi AB	9	tn	tn	tn	tn
Acak	45	-	-	-	-
Total	63				
KK (%)		13,25	75,09	11,37	9,10

\*) nyata pada uji BNT 5%; \*\*) nyata pada uji BNT 1%.

Aplikasi pupuk organik dan anorganik NPK menimbulkan pengaruh interaksi yang nyata pada pertumbuhan awal hingga umur 30 hari (Table 3 dan 4). Pemberian pupuk NPK 200 kg/ha tanpa pupuk organik memberikan keragaan pertumbuhan tertinggi. Kombinasi aplikasi pupuk organik dengan 15% berat tanah dengan 200 kg NPK/ha menunjukkan keragaan pertumbuhan tanaman terendah. Peningkatan takaran pemberian pupuk organik menyebabkan penghambatan pertumbuhan tanaman pada fase pertumbuhan awal. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan akar yang kurang kondusif berkaitan pelepasan asam-asam organik hasil antara dekomposisi bahan organik dan mineralisasi unsur hara masih berjalan lambat. Kesuburan tanah awal tergolong rendah karena memiliki kadar C-organik tanah, N, K, Ca, dan Zn masing-masing rendah. Kadar P sangat tinggi sehingga berpeluang antagonis dengan Zn sehingga menghambat serapan Zn (Tabel 1). Dilaporkan oleh Winarso et al. (2010), bahwa dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik, yaitu asetat, sitrat, oksalat, propionat, butirat, suksinat, fumarat, dan ketoglutarat. Asam-asam organik hasil perombakan sementara ini meningkatkan kemasaman tanah sehingga beberapa unsur hara kurang tersedia. Namun secara bertahap setelah asam-asam organik mengalami disosiasi dan bersenyawa dengan senyawa logam yang lain terutama Al dan Fe sehingga menurunkan kemasaman tanah. Oksidasi senyawa organik juga terjadi sehingga kondisi kimiawi tanah semakin kondusif untuk pertumbuhan, perkembangan akar dan serapan hara. Hal ini terbukti dengan keragaan tanaman pada fase pertumbuhan selanjutnya. Keragaan pertumbuhan tanaman secara jelas berbeda antara kontrol tanpa dipupuk dengan perlakuan yang diberi pupuk. Keragaan pertumbuhan tanaman kedelai setelah berumur 15 hari, peranan pupuk organik tampak nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif secara progresif.

Tabel 3. Tinggi tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 15 hari di Rumah Kaca 2009

Perlakuan P.org (%)	Tinggi tanaman (cm)			
	0 <sup>a)</sup>	100 <sup>a)</sup>	200 <sup>a)</sup>	300 <sup>a)</sup>
0	24,7 abc	24,2 abcd	25,5 a	25,2 ab
5	23,2 bcde	23,7 abcde	23,5 abcde	25,2 ab
10	23,7 abcde	21,7 efg	24,5 abc	22,2 def
15	21,7 efg	23,0 cde	19,7 g	20,7 fg

Koefisien keragaman (KK) 6,54%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%

Keragaan pertumbuhan tanaman kedelai pada umur 30 hst sudah menunjukkan perbedaan yang sangat jelas antara perlakuan yang diberi pupuk organik atau pupuk anorganik dengan perlakuan yang tidak dipupuk. Interaksi antara pupuk organik dan pupuk anorganik merefleksikan perbedaan tanggapan yang jelas. Kombinasi perlakuan pupuk organik 5% dengan pupuk NPK 200 kg/ha memberikan keragaan tertinggi. Perubahan yang jelas menyolok antara pemberian pupuk organik dengan takaran setara 5% kadar bahan organik tanah dengan kontrol tanpa pupuk. Ada indikasi aplikasi pupuk organik pada takaran 15% setelah umur 30 hari masih mengalami hambatan terhadap lingkungan akar sehingga rata-rata tinggi tanaman lebih rendah dibandingkan pada perlakuan 5 atau 10% pupuk organik. Demikian halnya antara pemberian pupuk anorganik 100 kg NPK/ha terhadap perlakuan tanpa pupuk (Tabel 3).

Tabel 4. Tinggi tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 30 hari di Rumah Kaca 2009.

Perlakuan P.org (%)	Tinggi tanaman (cm)			
	0 <sup>*)</sup>	100 <sup>*)</sup>	200 <sup>*)</sup>	300 <sup>*)</sup>
0	49,7 g	52,2 fg	57,5 def	58,7 bcde
5	62,0 abcd	63,5 ab	<b>65,5 a</b>	63,2 abc
10	63,5 ab	57,5 def	60,7 abcde	61,0 abcde
15	57,7 cdef	60,7 abcde	61,5 abcd	55,7 ef

Koefisien keragaman (KK) 6,60%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%

Peningkatan takaran pupuk NPK hingga 300 kg/ha tanpa disertai pupuk organik masih cukup linier walaupun sudut peningkatannya rendah. Interaksi pupuk organik dengan pupuk NPK terlihat sangat jelas pada keragaan pertumbuhan vegetatif hingga tanaman kedelai berumur kurang dari 45 hari (Tabel 3 dan 4). Sedang pada umur lebih dari 45 hari interaksi antara pupuk organik dengan pupuk NPK sudah tidak terlihat nyata (Tabel 5).

Tabel 5. Tinggi tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 45 hari di Rumah Kaca 2009

Perlakuan P.org (%)	Tinggi tanaman (cm)				
	0 <sup>*)</sup>	100 <sup>*)</sup>	200 <sup>*)</sup>	300 <sup>*)</sup>	Rata-rata
0	64,5	66,7	69,7	69,7	67,7 b
5	79,7	82,5	80,2	77,5	80,0 a
10	84,2	80,7	82	79	81,5 a
15	83,2	80,2	83,5	79,7	81,7 a
Rata-rata	77,9	77,6	78,9	76,5	77,7

Koefisien keragaman (KK) 7,12%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%

Pada umur 45 hari, tanaman kedelai memasuki tingkat pertumbuhan vegetatif mendekati maksimal. Peningkatan takaran pupuk organik lebih dari 10% nampaknya sudah tidak memberikan peningkatan yang progresif. Hal ini terlihat dengan jelas hingga tanaman mencapai umur 45 hari. Tanaman yang subur memiliki ukuran tinggi di atas 80 cm (Tabel 3). Sebaliknya tanaman yang kurang subur (kontrol) tinggi tanaman hanya mencapai 60 cm. Berdasarkan keragaan tinggi tanaman menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik dengan takaran pemberian 5% menurut berat tanah ditambah dengan 100 kg NPK/ha merupakan kombinasi yang optimal. Berdasarkan nilai rata-rata umum dapat dikemukakan bahwa aplikasi pupuk organik meningkatkan keragaan tanaman secara nyata pada kisaran takaran pemberian 5–10% berdasarkan berat tanah. Pupuk organik secara konsisten memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan tanaman setelah berumur 15 hst hingga umur kurang dari 45 hari. Mineralisasi unsur hara pada pupuk organik nampaknya mulai efektif setelah melewati 15 hari. Pupuk organik memiliki peranan yang efektif pada Ultisol dengan pH < 5,5. Dekomposisi pupuk organik akan menghasilkan asam-asam organik, yaitu asam asetat, fumarat, ketoglutamat, suksinat, propionat, 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<sup>+</sup>), maka senyawa asam tersebut akan bermuatan negatif dan dapat mengelasi Al atau logam lain seperti Fe yang ada dalam larutan tanah (Essington dan Anderson 2008). Kelasi Al oleh asam organik ini akan mengurangi aktifitas Al sehingga tidak meracuni tanaman dan tidak memfiksasi hara P. Winarso (2009) melaporkan bahwa detoksifikasi Al pada Ultisol oleh senyawa humik dan CaCO<sub>3</sub> efektif pada pH sekitar 5,5. Mineralisasi bahan organik akan menghasilkan kation-kation basa yang dapat memacu menetralkan kemasaman tanah dan menyediakan unsur hara yang siap diserap tanaman (Winarso et al. 2010). Secara fisik bahan/pupuk organik akan meningkatkan daya serap dan simpan lengas tanah sehingga kondisi kelengasan tanah lebih stabil selama periode pertanaman. Bahan organik tanah juga memiliki peran memperbaiki agregasi dan struktur tanah sehingga menjamin stabilitas imbangan antara lengas dan udara tanah yang memberikan suasana kondusif untuk proses serapan unsur hara oleh akar. Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman kedelai dengan pupuk organik cukup menjadi lebih progresif (Tabel 5 dan 6).

Tabel 6. Tinggi tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 75 hari di Rumah Kaca 2009

Perlakuan P.org (%)	Tinggi tanaman (cm)				
	0 <sup>*)</sup>	100 <sup>*)</sup>	200 <sup>*)</sup>	300 <sup>*)</sup>	Rata-rata
0	64	69,2	69,7	70	68,2 b
5	79,5	83,2	81	78,2	80,5 a
10	83,5	81,7	81,5	78	81,2 a
15	83	79,7	80,7	79,7	80,8 a
Rata-rata	77,5	78,5	78,2	76,5	77,7

Koefisien keragaman (KK) 6,48%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%.

Aplikasi pupuk organik meningkatkan jumlah polong isi kedelai. Peningkatan kadar bahan organik tanah sebesar 5% hingga 15% masih menunjukkan kecenderungan linier. Namun demikian pertambahan jumlah polong dari pemberian pupuk organik 10% ke 15% sudah nisbi kecil. Sedang aplikasi pupuk anorganik NPK tidak meningkatkan jumlah polong isi secara nyata (Tabel 7). Aplikasi pupuk organik menurunkan persen kehampaan polong sebesar 31,9%, 0%, dan 32% masing-masing untuk takaran pupuk organik setara 5, 10, dan 15% berat tanah (*soil basis*). Pemupukan NPK mengurangi persentase kehampaan polong sebesar 5,9%, 10,9%, dan 47,9% berturut-turut untuk aplikasi pupuk NPK 100, 200, dan 300 kg/ha (Tabel 8).

Tabel 7. Jumlah polong isi tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 75 hari di Rumah Kaca 2009.

Perlakuan P.org (%)	Jumlah polong isi per pot (2 tan/pot)				
	0 <sup>*)</sup>	100 <sup>*)</sup>	200 <sup>*)</sup>	300 <sup>*)</sup>	Rata-rata
0	30,5	33,2	36,2	38,5	34,6 c
5	79,7	71,7	75,5	80,7	76,9 b
10	98	100,2	91,5	92	95,4 a
15	111,5	93,0	92,2	105,5	100,6 a
Rata-rata	79,9	74,5	73,9	79,2	76,9

Koefisien keragaman (KK) 13,25%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%

Tabel 8. Jumlah polong hampa tanaman kedelai varietas Argomulyo umur 75 hari di Rumah Kaca 2009.

Perlakuan P.org (%)	Jumlah polong hampa per pot (2 tan/pot)				
	0 <sup>)</sup>	100 <sup>)</sup>	200 <sup>)</sup>	300 <sup>)</sup>	Rata-rata
0	1,5	1	1,2	1	1,2 a
5	1	1,2	0,5	0,5	0,8 a
10	1,5	1,5	1,2	0,5	1,2 a
15	0,7	0,7	1,2	0,5	0,8 a
Rata-rata	1,2	1,1	1,1	0,6	1

Koefisien keragaman (KK) 13,59%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%

Pada pot pembanding yang diberi perlakuan dengan kadar bahan organik 20%, daun kedelai masih belum gugur (>90%) pada umur 80 hst sedang pada kontrol sebagian besar daun sudah gugur (<70%) pada umur 72 hari. Tanaman yang tumbuh pada tanah yang tidak subur memiliki keragaan pertumbuhan kerdil, ruas batang pendek, perkembangan polong terbatas, dan akan cepat mengalami proses penuaan, daun sudah mulai gugur pada umur kurang dari 70 hari.

Aplikasi pupuk organik pada Ultisol meningkatkan hasil kedelai sebesar 188,2% untuk takaran setara 5% kadar bahan organik tanah, 246,4% untuk takaran setara 10%, 261% untuk takaran setara 15% dibanding tanpa pemberian pupuk organik. Sedang penambahan takaran pupuk anorganik NPK tidak meningkatkan hasil kedelai (Tabel 9).

Aplikasi pupuk organik meningkatkan bobot 100 biji kedelai dibanding tanpa pupuk organik. Namun aplikasi di atas 5% takaran pupuk organik tidak meningkatkan bobot 100 biji. Aplikasi pupuk anorganik NPK dengan takaran 100 kg/ha meningkatkan bobot 100 biji 2,84% dibanding kontrol, sedang peningkatan aplikasi pupuk NPK di atas 100 kg tidak meningkatkan bobot 100 biji (Tabel 10).

Tabel 9. Hasil biji kedelai per pot variretas Argomulyo di Rumah Kaca 2009

Perlakuan P.org (%)	Hasil biji kedelai per pot (g)				
	0 <sup>)</sup>	100 <sup>)</sup>	200 <sup>)</sup>	300 <sup>)</sup>	Rata-rata
0	6,6	7,9	8,5	8,9	8,0 c
5	23,4	21,7	22,9	23,8	23,0 b
10	28,3	27,6	27,7	26,8	27,6 a
15	<b>28,9</b>	27,6	28,4	30,1	28,8 a
Rata-rata	21,8 a	21,2 a	21,9 a	22,4 a	21,8

Koefisien keragaman (KK) 11,37%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%

Tabel 10. Bobot 100 biji kedelai varietas Argomulyo di Rumah Kaca 2009

Perlakuan P.org (%)	Bobot 100 biji kedelai (g)				
	0 <sup>)</sup>	100 <sup>)</sup>	200 <sup>)</sup>	300 <sup>)</sup>	Rata-rata
0	10,9	11,2	10,3	10	10,6 b
5	12,8	12,7	12,8	12,3	12,6 a
10	12,6	12,6	12,5	12,7	12,6 a
15	12,6	13	<b>13,4</b>	12,7	12,9 a
Rata-rata	12,2	12,4	12,3	11,9	12,2

Koefisien keragaman (KK) 9,10%; P.org (%) = persen pupuk organik berdasar bobot tanah; \*) takaran pupuk NPK (kg/ha); angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda nyata pada aras murad 5%.

Pupuk organik dalam jumlah 5–10% secara konsisten meningkatkan keragaan pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, figur tanaman seperti ukuran daun, ukuran batang, panjang buku dll) maupun generatif seperti hasil biji dan bobot 100 biji. Pupuk organik memiliki peran yang penting terhadap pembentukan struktur tanah sehingga tanah menjadi gembur. Tanah gembur memberikan kesempatan yang lebih leluasa untuk sirkulasi udara tanah dan penetrasi akar tanaman sehingga dapat berkembang lebih leluasa baik ke arah horisontal dan vertikal. Sirkulasi udara yang baik dalam tanah akan menciptakan lingkungan akar yang kondusif untuk perkembangan akar maupun aktivitas mikrobia tanah. Perkembangan akar yang baik akan meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap lengas dan unsur hara. Mikrobia tanah memiliki peranan penting dalam proses dekomposisi bahan organik tanah dan mineralisasi unsur hara dari ikatan organik menjadi anorganik yang siap diserap oleh akar tanaman. Wahyudi (2009) melaporkan bahwa pemberian pupuk organik dalam bentuk kompos *Tithonia diversifolia* dan *Gliricidia sepium* menghasilkan asam humat dan fulvat yang mampu mengkelasi Al dan Fe sehingga dapat menurunkan  $Al_{dd}$  (dapat ditukar) dan persen kejenuhan Al serta mengurangi fiksasi P serta dapat meningkatkan keragaan pertumbuhan tanaman jagung. Pemakaian pupuk anorganik menjadi penting karena sifat aseli tanah Ultisol dan Oxisol memiliki daya dukung rendah, miskin bahan organik, miskin hara terutama makro, dan kapasitas menyimpan lengas tanah rendah.

Berdasarkan keragaan hasil tanaman kedelai per pot (Tabel 9) pada penelitian ini atau dapat difahami sebagai cermin dari potensi genetik dikaitkan dengan potensi agronomis (riil) sebuah individu tanaman kedelai, maka dapat dibuat suatu tesis (impian) peluang hasil maksimum yang boleh jadi kita targetkan. Untuk itu, dapat dibuat suatu gambaran capaian dan prasyarat produktifitas tanaman (g/rumpun) yang harus dicapai untuk memperoleh target hasil per hektar seperti yang diinginkan (Tabel 11). Untuk mencapai target hasil kedelai yang tinggi perhatian harus difokuskan pada potensi genetik dan produktivitas agronomis tanaman per rumpun. Secara teknis harus dapat menciptakan iklim mikro optimal pada tanaman dengan basis rumpun (rumpun individual). Tabel 9 menggambarkan capaian hasil yang diinginkan dan prasyarat produktivitas rumpun individual yang harus dicapai. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai pada saat ini, untuk mencapai produktivitas kedelai sebesar 25 g/rumpun tidak sulit. Oleh karena itu, target hasil kedelai sebesar 4 t/ha bukan merupakan hal yang aneh untuk dapat dicapai. Hasil biji maksimum yang dapat dicapai pada percobaan tersebut di atas adalah 30,12 g/pot dengan pemupukan 15% pupuk organik dan 300 kg/ha pupuk NPK (Tabel 9).

Tabel 11. Estimasi target produktifitas dan hasil yang diinginkan menurut populasi tanaman (rumpun/ha).

Jarak tanam (cm)	Populasi (rumpun/ha)	Prasyarat produktivitas tanaman (g/rumpun)					
		Target hasil yang diinginkan (t/ha)					
		1,5	2	2,5	3	3,5	4
40 x 10	250.000	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
40 x 15	165.000	9,1	12,1	15,1	18,2	21,2	24,2
25 x 25	160.000	9,4	12,5	15,6	18,7	21,9	25,0
40 x 20	125.000	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0



Mengacu hasil penelitian dan impian target hasil memberikan refleksi implikatif peluang hasil kedelai maksimal yang mungkin dicapai. Ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan dalam usahatani kedelai untuk mencapai hasil yang tinggi, yaitu (1) pengaturan sistem tanam melalui jarak tanam dan jumlah populasi/ha, dan (2) aplikasi sarana produksi terutama pupuk, dan (3) pengendalian OPT. Pengaturan jarak tanam dan populasi tanaman kedelai ditentukan oleh karakter genetik dan morfologinya. Untuk tanaman dengan karakter bercabang banyak tentu jarak tanam lebar akan lebih baik agar tanaman dapat berkembang dengan optimal. Namun pada tanaman kedelai yang memiliki karakter tidak bercabang maka jarak tanam sempit akan lebih baik dengan harapan populasi rumpun per hektar dapat mencapai optimal. Berdasarkan Tabel 8 dari hasil penelitian ini memberikan ilustrasi implikatif sebagai berikut. Hasil terendah sebesar 6,62 g/rumpun setara dengan 1.655 kg/ha diperoleh pada kontrol tanpa pemupukan baik organik maupun anorganik NPK dengan populasi 250.000 rumpun/ha (jarak tanam 40 cm x 10 cm). Sedang hasil tertinggi sebesar 28,9 g/rumpun atau setara dengan 3,616 kg/ha dapat diperoleh dengan dasar populasi 125.000 rumpun/ha (jarak tanam 40 cm x 20 cm). Apabila dikaitkan dengan hasil riil bobot 100 biji seberat rata-rata 12 g, maka dalam satu rumpun harus menghasilkan 240 biji atau 80 polong/rumpun masing-masing 3 biji/polong. Pada Tabel 6 ditunjukkan bahwa jumlah polong 80 polong/rumpun dicapai dengan perlakuan 5% pupuk organik + 300 kg pupuk NPK/ha. Berdasarkan perspektif perhitungan ini maka target hasil kedelai di atas 2 hingga 3 t/ha tidak sulit dicapai. Untuk mencapai swa sembada kedelai dengan kebutuhan 2 juta ton/tahun hanya diperlukan luas area tanam 1 juta hektar/th. Secara teknis faktor kunci yang harus diatur untuk mencapai target hasil kedelai yang tinggi adalah : (1) Populasi tanaman diatur dengan jarak tanam, (2) Jenis varietas perlu dipisahkan tipe bercabang banyak dan tidak bercabang, (3) Input nutrisi atau pupuk sepadan dengan target panen nutrisi yang akan terangkut, (4) struktur tanah lapisan atas (*top soil*) sedalam 0–30 cm harus gembur (*crumb*), (5) irigasi cukup (jaminan lengas tanah selama musim tanam mantap).

## KESIMPULAN

Aplikasi pupuk organik dengan takaran 5, 10, dan 15% setara kadar bahan organik tanah, berturut-turut meningkatkan hasil kedelai sebesar 188%, 246%, dan 261% dibandingkan kontrol. Peningkatan pupuk NPK dari 100 hingga 300 kg/ha tidak meningkatkan hasil kedelai secara nyata jika tidak diimbangi dengan pemakaian pupuk organik. Aplikasi pupuk organik setara dengan takaran 5% berat tanah ditambah 100 kg NPK/ha merupakan kombinasi yang optimal. Untuk memperoleh output penelitian yang mantap, perlu dilakukan penelitian kalibrasi di lapangan pada lahan kering masam Ultisol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Essington, ME and RM Anderson 2008. Competitive adsorption of 2-Ketogluconate and Inorganic on to Gibbsite and Kaolinite. *Soil Sci.Soc.Am. J.* 72:595–604.
- Hairiah, K, Widiyanto, S.R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, S. M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M. V. Noordwijk, dan G. Cadisch. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi : Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. SMT Grafika Desa Putera, Jakarta.
- Hart, H, LE Craine, and DJ Hart 2003. *Organic Chemistry. A Short Course*. Houghton Mifflin Company. 305–344.

- Nursyamsi, D 2003. Penelitian Kesuburan Tanah Oxisol untuk Jagung. *J. Tanah. Tropika*. No 17 : 53–65.
- PPI 1985. Plant nutrient uptake at high yield levels. Back Cover. *Better Crops International*. I (2) December 1985.
- Wahyudi, I 2009. Manfaat bahan organik terhadap peningkatan ketersediaan fosfor dan penurunan toksisitas Aluminium di Ultisol. Disertasi Program Doktor. Universitas Brawijaya Malang. 121 hlm.
- 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 hlm.
- Winarso, S, Eko Handayanto, and Abdullah Taufiq 2010. Aluminium Detoxification by Humic Substance Extracted from Compost of Organic Wastes. *Journal of Tropical Soil*. Vol. 15, No.1, p : 19–24. January 2010.