

PENGARUH ASAM-ASAM ORGANIK TERHADAP BEBERAPA SIFAT KIMIA ULTISOL DAN HASIL TANAMAN JAGUNG

[THE EFFECT OF ORGANIC ACIDS ON SEVERAL CHEMICAL PROPERTIES OF ULTISOL AND CORN YIELD]

Ermadani

*Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi
Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, Jambi 36361*

Abstract

Organic acids constitute chemical compounds available in the soils, and could be produced from decomposition of organic matters and plant root exudates. They are involved in chemical reactions of soil such as mineral dissolution and formation of complex compound with metals. The study was aimed to evaluate the effects of organic acids on soil chemical properties and corn yield. The pot experiment was conducted at the research farm of Faculty of Agriculture, Jambi University. The treatments used were three levels of citric acid, oxalic acid and humic acid, i.e. 0 (control), 100, 200 and 400 ppm, which were applied in pots filled with 5 kg soils (Ultisol). The treatments were arranged in a completely random block design with three replications. The results showed that organic acids could significantly decreased exchangeable Al and increased soil pH, available P, plant dry weight, plant P uptake, and corn yield. Generally, citric, oxalic and humic acids at same levels did not indicate significant difference on soil chemical properties and plant yield.

Key words: *organic acids, soil chemical properties, corn yield*

PENDAHULUAN

Asam-asam organik merupakan senyawa-senyawa yang sering ditemukan di tanah-tanah pertanian maupun tanah hutan (Fox dan Comerford, 1990). Asam-asam organik yang dilepas oleh akar-akar tanaman ke daerah perakaran dan dari pelapukan bahan-bahan organik berperan penting dalam proses reaksi kimia di dalam tanah (Suthipradit *et al.*, 1990). Asam-asam organik di produksi di alam oleh bermacam-macam tanaman dan mikroorganisma seperti jamur dan bakteri (Stevenson, 1967). Sumber dan jumlah asam-asam organik tergantung karakteristik dari suatu ekosistem. Pada ekosistem hutan, sumber dari bahan-bahan organik terlarut seperti asam organik adalah deposit alam dari residu tanaman yang terdapat di permukaan tanah dalam bentuk daun, cabang dan sisa organik lainnya maupun bahan-bahan organik yang diperoleh dari dekomposisi akar (Pohlman dan McColl, 1988). Fox *et al.* (1990) menemukan

bahwa asam oksalat sering kali di temukan dalam jumlah banyak pada ekstrak tanah mineral dari ekosistem hutan. Szmigielska *et al.* (1990) sebagaimana dikutip oleh Krishnamurti *et al.* (1997) melaporkan bahwa jumlah yang relatif banyak dari asam-asam organik ditemukan dalam eksudat akar tanaman gandum (*Triticum aestivum*) dengan urutan jumlah asam suksinat > asam oksalat > asam malonat > asam fumarat. Hal yang sama juga ditemukan oleh Szmigielska *et al.* (1997) yang mengidentifikasi sejumlah asam-asam organik daerah perakaran tanaman gandum. Pada eksudat akar jagung juga ditemukan asam malat, sitrat dan asam tartrat (Kraffczyk *et al.*, 1984). Asam-asam organik meliputi asam-asam humat, fulvat, aliphatik dan aromatik merupakan bagian dari karbon organik yang terlarut yang terdapat di dalam larutan tanah (Kerven *et al.*, 1995). Molekul-molekul asam organik bereaksi dengan mineral-mineral di dalam tanah dan merubah karakteristik tanah (Hue, 1991). Asam-asam organik merupakan

ligan penting dalam mengikat unsur-unsur logam (Tam dan McColl, 1990).

Pada tanah-tanah mineral masam, seperti Ultisol (Podosolik Merah Kuning) di mana kandungan aluminium yang tinggi merupakan salah satu faktor utama yang membatasi produksi tanaman. Ostatek-Boczynski *et al.*, (1995) menemukan bahwa aluminium menghambat pertumbuhan akar tanaman pada tanah masam. Pada umumnya, keracunan aluminium terjadi hanya pada tanah-tanah dengan pH dibawah 5,5 dan keracunan meningkat bila pH tanah menurun dibawah 5,0 (Foy, 1974). Menurut Jones dan Kochian (1996) Al dapat tukar dan Al yang terdapat dalam larutan tanah merupakan penyebab utama keracunan pada akar tanaman. Keracunan aluminium pada tanaman merupakan suatu gejala yang kompleks yang dapat ditunjukkan sebagai gejala kekurangan P, Ca, Mg atau Fe atau gejala kekeringan (Foy, 1974; Kamprath dan Foy, 1985). Keracunan aluminium menyebabkan pertumbuhan akar yang terhambat, perkembangan rambut akar yang buruk dan akar-akar yang membengkok (Jones dan Kochian, 1996).

Asam-asam organik dengan berat molekul tinggi seperti seperti asam humat dan fulvat maupun asam-asam organik dengan berat molekul yang lebih rendah seperti asam sitrat, oksalat dan malat dapat digunakan secara efektif untuk mengurangi serta mengatasi masalah keracunan aluminium (Hue *et al.*, 1986; Kerven *et al.*, 1991). Hal ini disebabkan oleh proses pembentukan kompleks antara Al dan asam-asam organik pada tanah-tanah dengan pH rendah (Hue *et al.*, 1986). Pembentukan senyawa kompleks Al dengan asam-asam organik menyebabkan Al berkurang tingkat toksisitasnya bagi akar tanaman, dengan demikian asam-asam organik dapat berfungsi untuk mengatasi keracunan (detoksifier) Al pada tanah-tanah masam (Kerven *et al.*, 1995). Young dan Bache (1985) menemukan bahwa stabilitas yang tinggi dari senyawa-senyawa kompleks organik-logam berasal dari energi elektrostatik yang berhubungan dengan muatan permukaan yang tinggi dari asam-asam organik yang larut.

Dalam penelitiannya mengenai pengaruh asam-asam organik terhadap keracunan

aluminium dalam media larutan, Hue *et al.*, (1986) menemukan bahwa kapas yang ditanam pada suatu larutan yang mengandung $18,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ AlCl_3 dan $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ asam sitrat, akar-akarnya tumbuh secara normal. Sebaliknya akar-akar tanaman kapas mati, bila ditanam pada suatu larutan yang mengandung $18,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ AlCl_3 tanpa asam organik. Senyawa kompleks Al dengan asam humat dan ekstrak bahan organik diketahui kurang bersifat beracun terhadap tanaman jagung dibandingkan dengan ion Al (Barlett dan Riego, 1972; Tan dan Binger, 1986). Tan dan Binger (1986) menemukan bahwa keracunan aluminium pada tanaman jagung dapat diatasi dengan menggunakan 350 mg kg^{-1} asam humat. Adanya gugus fungsional karboksilik dan fenolik pada asam-asam organik menentukan kemampuannya dalam mengkomplek aluminium.

Pengaruh dari asam-asam organik terhadap ketersediaan P juga telah mendapat cukup perhatian oleh beberapa peneliti (Fox *et al.*, 1990; Hue, 1991). Karena berfungsi sebagai ligan, asam-asam organik dapat meningkatkan P dalam larutan tanah dengan cara: 1) menggantikan P yang terserap pada permukaan logam hidroksida melalui reaksi pertukaran ligan (Stumm, 1986), 2) melarutkan permukaan logam oksida yang menyerap P (Hue, 1991), dan 3) mengkomplek logam-logam dalam larutan dan kemudian mencegah pengendapan fosfat logam (Kwong *et al.*, 1977).

Pentingnya asam-asam organik dalam proses reaksi kimia di dalam tanah menyebabkannya menjadi tema utama dari banyaknya penelitian-penelitian. Beberapa peneliti menggunakan media pasir dan larutan untuk menunjukkan kemampuan asam-asam organik dalam mengatasi masalah-masalah keracunan Al pada tanah-tanah masam (Tan dan Binger, 1986; Suthipradit *et al.*, 1990; Harper *et al.*, 1995; Wong dan Swift, 1995). Hal ini menyebabkan kurangnya informasi ilmiah mengenai peranan asam-asam organik dalam mengatasi keracunan aluminium pada sistem tanah. Di samping itu, pengetahuan mengenai peranan asam-asam organik dalam proses kimia tanah sangat diperlukan untuk mendapatkan pengetahuan yang lengkap dalam mempelajari pengaruh

bahan organik terhadap tanah (Suthipradit *et al.*, 1990). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan asam-asam organik dalam usaha untuk memperbaiki beberapa sifat kimia tanah mineral masam dalam upaya memperbaiki produksi tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi: 1) perubahan beberapa sifat kimia tanah akibat penggunaan asam-asam organik, dan 2) kemampuan asam-asam organik dalam mengatasi keracunan aluminium dan peningkatan ketersediaan P, serapan P dan hasil tanaman yang di tanam pada tanah mineral masam.

BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilakukan pada rumah kaca di kebun percobaan Unja Mendalo Kabupaten Muaro Jambi, dengan menggunakan tanah mineral masam (Ultisol) yang ditempatkan pada pot-pot plastik. Analisa tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah Ultisol (pH H₂O 4,92, pH KCl 4,23, C 2,1%, P₂O₅ (Bray 1) 1,2 ppm, Aldd 1,83 me/100g), asam sitrat, asam oksalat, pupuk kandang kotoran ayam (untuk ekstraksi asam humat), 0,5 M NaOH, HCl pekat, HCl 5%, HF 5%, aquades, pupuk SP-36, Urea, KCl dan jagung varietas Pionir. Untuk pengendalian hama dan penyakit digunakan Dursban dan Dithane M-45. Sedangkan alat-alat yang digunakan terdiri dari drigen plastik, pot plastik, timbangan digital, flame fotometer, spektrofotometer, gelas piala, sentrifugal, batang pengaduk, cangkul, timbangan tanah, ayakan tanah.

Perlakuan asam sitrat (S), asam oksalat (O) dan asam humat (H) dengan konsentrasi masing-masing 0 (kontrol), 100, 200 dan 400 ppm. Jadi unit-unit perlakuan adalah kontrol, S100, S200, S400, O100, O200, O400, H100, H200 dan H400. Perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga kali ulangan.

Tanah Ultisol yang diperoleh di lapangan dikering anginkan selama 3 hari. Kemudian

setiap pot diisi dengan tanah kering udara sebanyak 5 kg. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam sitrat, oksalat (asam-asam organik dengan berat molekul rendah), dan humat dengan konsentrasinya masing-masing adalah, kontrol, 100 ppm, 200 ppm, dan 400 ppm. Asam humat diekstrak dari pupuk kandang (kotoran ayam) dengan menggunakan metode Schnitzer dan Vendette (1975) yang dimodifikasi. Proses ekstraksi asam humat dari pupuk kandang dilakukan dengan menggunakan larutan 0,5 N NaOH yang dicampur dengan perbandingan 1 : 5 (pupuk kandang : NaOH). Kemudian larutan dikocok selama 3 jam dan didiamkan. Larutan kemudian di sentrifugal dan kemudian residu dibuang. Supernatan diasamkan dengan HCl pekat hingga pH 1,0 dan dikocok selama 15 menit. Larutan didiamkan selama 12 jam untuk memberikan kepada asam humat untuk mengendap. Larutan disentrifugal dan supernatan di buang. Endapan asam humat kemudian di suspensi dengan larutan HCl 5% + HF 5% untuk membersihkan kandungan abu yang terdapat dalam larutan dan kemudian di sentrifugal. Asam humat yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades sebanyak tiga kali. Untuk menyesuaikan pH larutan asam-asam organik dengan pH tanah (lebih-kurang 5) maka dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH (Tan dan Binger, 1986). Seluruh perlakuan akan dicampur secara merata dengan tanah, dan kemudian di biarkan selama satu minggu sebelum ditanam. Sebagai tanaman indikator akan digunakan tanaman jagung (*Zea mays*). Pada setiap pot akan ditanam 3 benih jagung dan setelah berumur 10 hari akan dilakukan penjarangan sehingga hanya 1 tanaman yang tinggal pada setiap pot percobaan. Pupuk dasar yang digunakan adalah 200 kg TSP, 300 kg Urea dan 150 kg KCl. Pupuk TSP dan KCl diberikan seluruhnya pada awal tanam, sedangkan pupuk Urea diberikan sebagian pada awal tanam dan sisanya diberikan pada umur 4 minggu setelah tanam. Jumlah air yang diperlukan untuk pot-pot percobaan akan ditentukan berdasarkan kandungan air pada kapasitas lapang.

Parameter tanah yang diamati meliputi pH (pH H₂O), P tersedia (Bray 1), Al-dd (KCl

1M), sedangkan parameter tanaman adalah berat kering tanaman dan serapan P tanaman (akhir fase vegetatif)), serta berat kering pipilan.

Data dianalisis secara statistik menggunakan analisis keragaman (ANOVA). Pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diukur ditentukan dengan menggunakan uji F pada taraf 5%, sedangkan perbedaan rata-rata perlakuan di uji dengan menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH dan Al-dd tanah

Asam-asam organik dengan nyata dapat meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd tanah. (Tabel 1). Pada akhir fase vegetatif pemberian asam humat (200 dan 400 ppm), asam oksalat (100, 200 dan 400 ppm) dan asam sitrat (100, 200 dan 400 ppm) dapat meningkatkan pH tanah dengan nyata. Peningkatan pH tanah tertinggi terjadi pada pemberian asam oksalat sebanyak 400 ppm dan berbeda nyata dengan asam humat pada konsentrasi yang sama tetapi tidak berbeda nyata dengan asam sitrat pada konsentrasi yang sama. Demikian juga dengan Al-dd, dimana penurunan Al-dd yang nyata terjadi dengan penambahan 400 ppm asam humat, 100, 200 dan 400 ppm asam oksalat, 200 dan 400 ppm asam sitrat. Konsentrasi Al-dd terendah ditemukan dengan penambahan 400 ppm asam oksalat tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan asam humat dan asam sitrat pada konsentrasi yang sama.

Pada akhir fase generatif, penambahan asam humat tidak meningkatkan pH tanah dengan nyata. Peningkatan pH tanah yang nyata terjadi pada penambahan asam oksalat (200 dan 400 ppm) dan asam sitrat (400 ppm). Penambahan 400 ppm asam oksalat dan 400 ppm asam sitrat berbeda nyata dengan penambahan 400 ppm asam humat terhadap pH tanah. Perlakuan asam-asam organik juga menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap penurunan Al-dd. Pemberian asam humat, asam oksalat, asam sitrat dengan konsentrasi 100, 200 dan 400 ppm menurunkan Al-dd dengan

nyata. Konsentrasi Al-dd terendah diperoleh dengan pemberian 400 ppm asam oksalat yang berbeda nyata dengan pemberian asam humat pada konsentrasi yang sama tetapi tidak berbeda nyata dengan pemberian asam humat pada konsentrasi yang sama.

Table 1. pH dan Al-dd tanah akibat pemberian asam-asam organik

Perlakuan	pH (vegetatif)	pH (generatif)	Al-dd (vegetatif) (me/100g)	Al-dd (generatif) (me/100g)
K	5,02 e	5,11 c	1,92 a	1,59 a
AH100	5,17 de	5,28 bc	1,85 ab	1,22 b
AH200	5,34 cd	5,20 c	1,82 ab	1,22 b
AH400	5,27 cd	5,20 c	1,54 c	1,11 bc
AO100	5,49 bc	5,30 bc	1,48 c	1,20 b
AO200	5,45 c	5,47 ab	1,50 c	1,14 bc
AO400	5,92 a	5,71 a	1,23 c	0,93 d
AS100	5,30 cd	5,23 bc	1,89 ab	1,24 b
AS200	5,39 cd	5,31 bc	1,76 b	1,03 cd
AS400	5,72 ab	5,62 a	1,49 c	0,97 d

Peningkatan pH tanah disebabkan karena asam-asam organik (asam humat, asam oksalat dan asam sitrat) dapat membentuk senyawa kompleks (kelat) dengan Al sehingga mengurangi aktivitas Al dalam penurunan pH tanah. Keberadaan Al dalam larutan tanah dapat menyumbangkan ion-ion H^+ akibat reaksi hidrolisis.

Aluminium dapat ditukar merupakan Al yang diekstrak dengan kalium klorida (KCl) (Ritchi, 1989). Aluminium yang terikat oleh senyawa-senyawa organik tidak terekstrak oleh KCl (Hargrove dan Thomas, 1981). Asam humat membentuk senyawa kompleks dengan logam aluminium dan membentuk senyawa yang tidak larut (Chairidchai dan Ritchi, 1990). Kemampuan asam humat membentuk senyawa kompleks yang stabil dengan kation-logam seperti aluminium karena kandungan gugus fungsional yang tinggi yang meliputi COOH, penolik, enolik dan alkohol (Sikora dan Stevenson, 1988). Pada penelitian Wong dan Swift (1995) menemukan bahwa penambahan asam humat pada Oxisol dan Ultisol mengurangi aktivitas aluminium dan juga menurunkan kejenuhan alu-

minium dapat tukar pada kisaran pH 3,2 sampai 4,6.

Sama halnya dengan asam humat, asam sitrat dan oksalat membentuk senyawa kompleks dengan Al sehingga mengurangi aktivitas Al dalam larutan tanah. Untuk asam-asam organik dengan berat molekul rendah seperti sitrat dan oksalat, reaksi yang terjadi merupakan reaksi pembentukan senyawa kompleks antara gugus karboksil dari asam-asam organik dan kation-kation logam yang ada dalam larutan atau pada matrik tanah (Jones dan Kochian, 1996).

Menurut Hue *et al.*, (1986) kemampuan mengatasi keracunan Al oleh asam-asam organik ditentukan oleh konfigurasi struktur dari asam-asam organik tersebut yang berkaitan dengan posisi relatif dari rantai karbon utama dari gugus OH/COOH. Asam-asam organik yang paling efektif mempunyai dua pasang OH/COOH yang terikat pada dua karbon yang berdekatan (asam sitrat) atau dua COOH yang secara langsung berhubungan (asam oksalat).

Perbedaan dalam pH dan Al-dd tanah akibat pemberian asam humat, asam sitrat dan asam oksalat diduga karena asam-asam organik dengan berat molekul tinggi seperti asam humat dapat terabsorpsi dengan kuat pada permukaan aluminium oksida (Schultess dan Huang, 1991) sehingga mengurangi peranannya dalam mengikat Al dalam larutan tanah. Di dalam larutan tanah selain membentuk senyawa kompleks dengan Al^{3+} , asam-asam organik juga membentuk senyawa kompleks dengan Fe^{3+} (dominan setelah Al^{3+}), Ca^{2+} , Mn^{2+} dan Mg^{2+} (dalam jumlah yang lebih kecil) dan Cu^{2+} dan Zn^{2+} (dalam jumlah yang sangat sedikit) (Jones dan Kochian, 1996). Selain itu eksudat akar tanaman jagung juga dapat memproduksi asam-asam organik seperti asam malat, sitrat dan asam tartrat (Kraffczyk *et al.*, 1984). Kompleksnya reaksi yang terjadi dalam tanah antara asam-asam organik dengan komponen-komponen yang ada dalam tanah lainnya menyebabkan munculnya fenomena seperti yang ditemukan dalam penelitian ini.

P-tersedia

Pada akhir fase vegetatif penambahan asam-asam organik dapat meningkatkan P-tersedia

dengan nyata (Table 2). Peningkatan P-tersedia terjadi dengan penambahan 200 dan 400 ppm asam humat, 200 dan 400 ppm asam oksalat, dan 400 ppm asam sitrat. Konsentrasi P-tersedia tertinggi diperoleh pada perlakuan 400 ppm asam oksalat dan berbeda nyata dengan perlakuan asam humat dan asam sitrat pada konsentrasi yang sama. Pada akhir fase generatif, peningkatan P-tersedia terjadi dengan penambahan 200 dan 400 ppm asam humat, 200 dan 400 ppm asam oksalat, 100, 200 dan 400 ppm asam sitrat. Asam sitrat dengan konsentrasi 400 ppm menghasilkan P-tersedia tertinggi dibandingkan dengan asam humat dan asam oksalat pada konsentrasi yang sama.

Peningkatan P-tersedia oleh asam-asam organik berkaitan dengan peran asam-asam organik dalam mengkelat kation Al dan atau Fe dalam larutan tanah (Appelt *et al.*, 1975). Adsorpsi kompetitif dari anion-anion organik dengan fosfat pada kompleks serapan merupakan mekanisme lain yang menyebabkan peningkatan ketersediaan P tanah (Lopez-Hernandez *et al.*, 1986). Hasil penelitian Hue (1991) menunjukkan bahwa asam-asam organik dengan nyata menurunkan P yang tersorpsi sehingga meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Selanjutnya Bolan *et al.*, (1994) menemukan bahwa asam-asam organik meningkatkan ketersediaan P melalui peningkatan kelarutan senyawa-senyawa yang mengandung P.

Tabel 2. P-tersedia tanah akibat Pemberian asam-asam organik

Perlakuan	P-tersedia (vegetatif) (ppm)	P-tersedia (generatif) (ppm)
K	3,08 de	11,13 g
AH100	2,98 e	10,46 h
AH200	3,49 c	12,40 e
AH400	3,87 b	16,17 c
AO100	3,36 cd	10,71 h
AO200	5,27 a	13,26 d
AO400	5,48 a	17,05 b
AS100	2,98 e	11,93 f
AS200	3,09 de	11,80 f
AS400	3,48 c	17,44 a

Berat kering tanaman, serapan P dan berat kering pipilan

Penambahan asam-asam organik meningkatkan berat kering tanaman, serapan P dan berat kering pipilan dengan nyata (Table 3). Pada akhir fase vegetatif, peningkatan yang nyata berat kering tanaman terjadi dengan penambahan 200 dan 400 ppm asam humat, 400 ppm asam oksalat, dan 400 ppm asam sitrat. Tidak ada perbedaan yang nyata terhadap berat kering tanaman antar perlakuan asam-asam organik yang diuji pada tingkat konsentrasi yang sama.

Serapan P tanaman meningkat dengan nyata dengan pemberian asam-asam organik. Peningkatan yang nyata serapan P-tanaman terjadi dengan penambahan 200 dan 400 ppm asam humat, 100, 200 dan 400 ppm asam oksalat, 100, 200 dan 400 ppm asam sitrat. Serapan P-tanaman yang tertinggi diperoleh pada perlakuan 400 ppm asam humat (6,02 g per pot), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan asam oksalat dan asam sitrat pada konsentrasi yang sama.

Peningkatan berat kering pipilan yang nyata terjadi pada perlakuan 100, 200 dan 400 ppm asam humat, 200 dan 400 ppm asam oksalat, 200 dan 400 ppm asam sitrat. Berat pipilan kering tertinggi diperoleh pada perlakuan 400 ppm asam humat (39,72 g per pot) dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan 400 ppm asam oksalat tetapi berbeda nyata dengan perlakuan 400 ppm asam sitrat.

Peningkatan berat kering tanaman akibat pemberian asam-asam organik ini sesuai dengan hasil penelitian Hue (1991) yang mendapatkan peningkatan berat kering tanaman selada dengan perlakuan asam-asam organik. Tan dan Bringer (1986) juga mendapatkan peningkatan berat kering tanaman jagung dengan pemberian asam humat sebanyak 100 dan 350 mg kg⁻¹. Menurut Tan dan Binger (1986) peningkatan berat kering tanaman ini berkaitan dengan jumlah P-tersedia yang dapat diserap tanaman dan juga rendahnya jumlah Al yang terserap oleh tanaman karena jumlah Al dd yang menurun dalam larutan tanah. Dengan demikian pemberian asam-asam organik juga meningkatkan berat pipilan kering.

Table 3. Berat kering tanaman, serapan P dan berat pipilan kering akibat pemberian asam-asam organik.

Perlakuan	Berat kering (vegetatif) (g per pot)	Serapan P (vegetatif) (g per pot)	Berat pipilan kering (g per pot)
K	27,21 cd	3,17 d	2,051 d
AH100	26,32 d	3,66 cd	18,21 c
AH200	31,11 abc	4,60 bc	39,44 a
AH400	31,63 a	6,09 a	39,72 a
AO100	29,57 abcd	5,08 ab	3,62 d
AO200	27,51 bcd	4,95 ab	28,60 b
AO400	31,76 a	5,27 ab	34,65 a
AS100	29,39 abcd	5,28 ab	7,16 d
AS200	30,98 abc	4,88 b	17,14 c
AS400	31,28 ab	5,43 ab	26,71 b

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian asam-asam organik ke dalam tanah dapat memperbaiki beberapa sifat kimia tanah seperti peningkatan pH dan P-tersedia, penurunan Al-dd, peningkatan berat kering tanaman (vegetatif), serapan P tanaman dan berat kering pipilan.
2. Asam-asam organik (asam humat, asam oksalat, asam sitrat) pada umumnya tidak menunjukkan perbedaan yang konsisten dalam mempengaruhi sifat kimia tanah dan hasil tanaman.
3. Perbedaan antara asam-asam organik terhadap parameter diukur kemungkinan lebih disebabkan reaksi-reaksi asam-asam organik tersebut di dalam tanah seperti reaksi dengan kation-kation logam lain, adsorpsi asam-asam organik oleh matrik tanah dan atau dekomposisi asam-asam organik oleh mikroorganisme tanah selama periode pertumbuhan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Appelt, H., N. T. Coleman dan P. F. Pratt. 1975. Interactions between organic compounds,

- minerals, and ions in volcanic ash derived soils: II. Effects of organic compounds on the adsorption of phosphate. *Soil Science Society of American Journal*.
- Barlett, R. J. dan D. C. Riego. 1972. Effect of chelation on the toxicity of aluminium. *Plant and Soil* 37: 419-423.
- Bolan, N. S., R. Naidu, S. Mahimairaja dan S. Baskaran. 1994. Influence of low molecular organic acids on the solubilization of phosphorous. *Biology and Fertility of Soil* 18: 311-319.
- Chairidchai, P. dan G. S. P. Ritchi. 1990. Zinc adsorption by a lateritic soil in the presence of organic ligands. *Soil Science Society of American Journal* 54: 1242-1248.
- Fox, T. R., N. B. Comerford dan W. W. McFee. 1990. Phosphorus and aluminium release from a spodic horizon mediated by organic acids. *Soil Science Society of American Journal* 54: 1763-1767.
- Fox, T. R. dan N. B. Comerford. 1990. Low-molecular-weight organic acids in selected forest soils of southeastern USA. *Soil Science Society of American Journal* 54: 1139-1144.
- Foy, C. D. 1974. Effects of Aluminium on Plant Growth, pp. 601-642. *Dalam* C. E.W [ed.]. *The Plant Root and Its Environment*. University of Virginia Press, Charlottesville.
- Hargrove, W. L. dan G. W. Thomas. 1981. Extraction of aluminium from aluminium-organic matter complex. *Soil Science Society of American Journal* 45: 151-153.
- Harper, S., D. G. Edwards, G. L. Kerven dan C. J. Asher. 1995. Effect of Organic Fractions Extracted from *Eucalytus camaldulensis* Leaves on Root Elongation of Maize (*Zea mays*) in The Presence and Absence of Aluminium, pp. 585-588. *Dalam* R. A. Date, N. J. Grundan, G. E. Rayment dan M. E. Probert [eds.]. *Plant Soil Interactions at low pH*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Hue, N. V. 1991. Effect of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Science* 152: 463-471.
- Hue, N. V., G. R. Craddock dan F. Adams. 1986. Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoil. *Soil Science Society of American Journal* 50: 28-34.
- Jones, D. L. dan L. V. Kochian. 1996. Aluminium-organic acid interactions in acid soils. I. Effect of root-derived organic acids on the kinetics of Al dissolution. *Plant and Soil* 182: 221-228.
- Kamprath, E. J. dan C. D. Foy. 1985. Lime-fertilizer-plant interactions in acid soils, pp. 91-151. *Dalam* O. P. Engelstad [ed.]. *Articles Technology and Use (3rd Edition)*. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Kerven, G. L., C. J. Asher, D. G. Edwards dan Z. Ostatek-Boczynski. 1991. Sterile solution culture techniques for aluminium toxicity studies involving organic acids. *Journal of Plant Nutrition* 14: 975-985.
- Kerven, G. L., Z. Ostatek-Boczynski, D. G. Edwards, C. J. Asher dan J. Oweczkin. 1995. Chromatographic techniques for the separation of Al and associated organic ligands present in soil solution. *Plant and Soil* 171: 29-34.
- Kraffczyk, I., G. Trolldeneir dan H. Beringer. 1984. Soluble root exudates of maize: influence of potassium supply and rhizosphere microorganism. *Soil Biology and Biochemistry* 16: 315-322.
- Krishnamurti, G. S. R., G. P. M. Cieslinski, P. M. Huang dan K. C. J. Van Rees. 1997. Kinetics of cadmium release from soils as influenced by organic acids: implications in cadmium availability. *Journal of Environment Quality* 26: 271-277.
- Kwong, K., F. Ng Kee dan P. M. Huang. 1977. Influence of citric acid on the hydrolytic reactions of aluminium. *Soil Science Society of American Journal* 41: 692-697.
- Lopez-Hernandez, D., G. Siegert dan J. V. Rodriguez. 1986. Competitive adsorption of phosphate removal from acid and calcareous soils. *Soil Science* 128: 321-326.
- Ostatek-Boczynski, Z., G. L. Kerven dan F. P. C. Blamey. 1995. Aluminium Reactions with Polygalacturonate and Related Organic Ligands, pp. R. A. Date, N. J. Grundon, G. E. Rayment dan M. E. Probert [eds.]. *Plant and Soil Interactions at Low pH: Principles and Management*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Pohlman, A. A. dan J. G. McColl. 1988. Soluble organics from forest litter and their role in metal dissolution. *Soil Science Society of American Journal* 52: 265-271.
- Ritchi, G. S. P. 1989. *The Chemical Behaviour of Aluminium, Hydrogen and Manganese in Acid Soils*, pp. A. D. Robson [ed.]. Soil Acidity and Plant Growth. Academic Press, Australia.

- Schnitzer, M. dan S. Vendette. 1975. Chemistry of humic substances extracted from arctic soil. *Canadian Journal of Soil Science* 55: 93-103.
- Schultess, C. P. dan C. P. Huang. 1991. Humic and fulvic acids adsorption by silicon and aluminium oxide surfaces on clay minerals. *Soil Science Society of American Journal*.
- Sikora, F. J. dan F. J. Stevenson. 1988. Silver complexation by humic substances: conditional stability constant and nature of reactive sites. *Geoderma* 42: 353-365.
- Stevenson, F. J. 1967. Organic Acids in Soil, pp. 119-146. *Dalam* A. D. McLaren dan G. H. Petersen [eds.]. *Soil Biochemistry*. Marcel Decker, Inc, New York.
- Stumm, W. 1986. Coordination interactions between soil solids and water - an aquatic chemist's point of view. *Geoderma* 38: 19-30.
- Suthipradit, S., D. G. Edwards dan C. J. Asher. 1990. Effect of aluminum on tap root elongation of soybean (*Glycine max*), cowpea (*Vigna unguiculata*), and green gram (*Vigna radiata*) growth in the presence of organic acids. *Plant and Soil* 124: 233-237.
- Szmigielska, A. M., K. C. J. Van Rees, G. Cieslinski dan P. M. Huang. 1997. Comparison of liquid and gas chromatography for analysis of low molecular weight organic acids in rhizosphere soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 28(1&2): 99-111.
- Tam, S. C. dan J. G. McColl. 1990. Aluminium and calcium binding affinities of some organic ligands in acidic conditions. *Journal of Environment Quality* 19: 514-520.
- Tan, K. H. dan A. Binger. 1986. Effect of humic acid on aluminium toxicity in corn plants. *Soil Science* 141: 20-25.
- Wong, M. T. F. dan R. S. Swift. 1995. Amelioration of Aluminium Phytotoxicity with Organic Matter, pp. R. A. Date, N. J. Grundon, G. E. Rayment dan M. E. Probert [eds.]. *Plant and Soil Interactions at Low pH: Principles and Management*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Young, S. D. dan B. W. Bache. 1985. Aluminium-organic complexation: formation constant and a speciation model for the soil solution. *Journal of Soil Science* 36: 261-269.