

ANALISIS TINGKAT KESUBURAN TANAH ENTISOL AKIBAT PEMBERIAN BAHAN ORGANIK YANG DIINKUBASI MELALUI PENDEKATAN INDEKS BIOKIMIA

Oleh :
Muhammad Basir Cyio¹⁾

ABSTRACT

Research of analysis of soil fertility levels using Biochemical Index was conducted on Entisol. The soil were treated with various doses of organic matters and incubated for different periods of time in a completely randomized design. The doses of organic matter were: (i) B0 (without organic matter), (ii) B1 (10 t ha⁻¹), (iii) B2 (20 t ha⁻¹), (iii) B3 (30 t ha⁻¹), and (iv) B4 (40 t ha⁻¹). The periods of incubation were 4 and 6 weeks. It was found that increased organic levels and incubation periods could improved soil fertility with the range of the biochemical index of 4-5. The addition of organic matter increased soil pH from 6,32 to 6,68 compared to no organic matter application. The availability of phosphrous increase from 14,21 ppm to 19,88 ppm as the incubation period was increased to 6 weeks. Either in 4 or 6 week periods of incubation treatments, the C-organic contents in soils treated with organic matter were significantly higher which were 0,69 and 0,82 g kg⁻¹, respectively, as compared with control treatment.

Keywords : Biochemical index, soil fertility

ABSTRAK

Penelitian analisis tingkat kesuburan tanah Entisol telah dilakukan dengan perlakuan bahan organik dan lama inkubasi. Perlakuan bahan organik terdiri atas empat dosis, yaitu (i) B₀ (0); B₁ (10); B₂ (20); B₃ (30); dan B₄ (40 t ha⁻¹), sedangkan lama inkubasi terdiri atas dua level yaitu 4 dan 6 minggu dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa baik bahan organik maupun lama inkubasi mampu memperbaiki sifat-sifat kimia tanah dan meningkatkan kesuburan tanah dari nilai kesuburan tanah rendah menjadi kesuburan tanah sedang dengan level Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (K) 4-5. Peningkatan pH larutan naik rata-rata sebesar 0,37 unit atau terjadi peningkatan pH dari 6,32 tanpa bahan organik menjadi 6,68 ketika diberi tambahan bahan organik. P-tersedia juga meningkat dari 14,21 ppm meningkat menjadi 19,88 ppm atau naik sekitar 39,90% untuk lama inkubasi 6 minggu. Kandungan C-organik naik secara signifikan yang diberi bahan organik masing-masing 0,69 dan 0,82 g kg⁻¹ bila dibandingkan dengan kontrol, baik yang diinkubasi 4 minggu maupun 6 minggu.

Kata kunci : Indeks biokimia, kesuburan tanah.

I. PENDAHULUAN

Bioaktivitas tanah memiliki korelasi dengan kandungan bahan organik dan kondisi lingkungan. Bahan organik yang bersifat dapat terurai atau biodegradable akan memacu laju dekomposisi atas bantuan mikroorganisme walaupun tetap terkait dengan kondisi lingkungan tanah dan tingkat deplesi oksigen di dalamnya (Kandeler, Tschirko, dan Spiegel, 1999). Perbedaan kondisi anaerob dan aerob merupakan salah satu faktor yang memegang peranan penting terhadap laju dekomposisi dan bioaktivitas dalam tanah (Marten, Johanson, dan Frankenberger, 1992).

¹⁾ Staf Pengajar pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.

Penggunaan pupuk berbagai jenis dan dosis telah dikaji Basir-Cyio (2004) yang melaporkan adanya pengaruh pada karakteristik tanah, khususnya terhadap aktivitas ion dan bioaktivitas lainnya, yang secara langsung ikut mempengaruhi dinamika dalam tanah, baik yang berkaitan dengan transformasi senyawa maupun konversi energi untuk keperluan mikroorganisme dan juga untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman.

Kajian lainnya tentang bioaktivitas dan kesuburan tanah juga telah dikaji yang menunjukkan bahwa telah terjadi ketidakseimbangan hara akibat pemberian pupuk selama bertahun-tahun dan telah ikut menstimulasi perubahan sifat-sifat kimia tanah. Bila kondisi ini terus berlangsung, maka degradasi

kimia dan biologi tanah menjadi ancaman keberlanjutan sumberdaya tanah (Gostkowska, Furczak, Domzal, dan Bielinska. 1998).

Bahan organik yang bersumber dari sampah pasar sebagai salah satu bahan organik yang bersifat biodegradable pada dasarnya mempunyai kandungan hara yang agak variatif mengingat sumber bahan organik pasar juga beragam. Dalam kondisi lapuk, kandungan Nitrogen bahan organik cenderung meningkat seiring dengan menurunnya kandungan Karbon (C) yang ditandai dengan perubahan nilai C/N ratio. Penggunaan sampah sebagai pupuk organik mempunyai tingkat pengaruh yang tinggi terhadap bioaktivitas, bergantung pada kematangan material, jenis tanah, dan lamanya penggunaan pupuk organik serta lamanya diinkubasi yang mendorong proses dekomposisi berjalan lebih lama pula. Penggunaan pendekatan yang dikembangkan oleh Koper dan Piotrowska (2003) tampak lebih sederhana dengan menggabungkan berbagai indikasi yang disebut "Indeks Biokimia" (IB) yang menggambarkan aktivitas N-tot, C-org, DH, F-al, Prot, dan Amyl. Kesulitan mendapatkan seluruh indikasi dimaksud masih dapat dilakukan prediksi dengan menggunakan asumsi dasar rata-rata untuk indikator di luar N-tot dan kandungan C-organik.

Estimasi secara umum tentang proporsi komposisi bahan organik adalah, karbohidrat 10%, alkana, asam-asam lemak, lilin, resin 10%, substansi humus 65% dan komponen lain diperkirakan mencapai 15% yang menjadi sumber indikator dalam penerapan Indeks Biokimia sebagai salah satu pendekatan. Dalam penelitian ini, sebagaimana penelitian terdahulu, tetap mengacu pada kandungan N-tot dan C-org, sedangkan indikasi lainnya berupa DH, F-al, Prot, dan Amyl telah diketahui secara rata-rata. Konsekuensinya adalah faktor dinamika N-tot dan C-org menjadi pengendali utama variasi kesuburan tanah yang dianalisis sebagaimana yang dikembangkan Koper dan Piotrowska (2003).

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini adalah penelitian lanjutan tahun 2004 yang menggunakan Entisol sekitar STQ Jabal Nur. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2005, dengan

lokasi pengambilan sampel Entisol Lembah Palu di Kecamatan Palu Selatan, Kota Palu. Bahan organik dalam bentuk sampah pasar diambil dari Pasar Manonda, Palu Barat, tetapi dengan komposisi material yang lebih seragam dibandingkan dengan penelitian pada Tahun 2004. Pelaksanaan percobaan dan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Lingkungan Biosfer Palu.

Untuk menopang pelaksanaan penelitian digunakan alat dan bahan. Untuk alat, di antaranya adalah karung, sekop, cangkul, mistar, label dan alat tulis menulis serta seperangkat alat-alat laboratorium, sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel Entisol Lembah Palu, bahan organik sampah pasar yang didistribusikan ke dalam pot berisi tanah berdasarkan dosis yang digunakan, yang ditambahkan bahan-bahan kimia.

Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah desain yang digunakan dalam penelitian, sementara bahan organik sampah pasar dijadikan perlakuan dengan lima taraf, yaitu: B0 (tanpa BO); B1 (10), B2 (20); B3 (30); B4 (40 t ha⁻¹), sedangkan lama inkubasi dalam dua rentang waktu interval, yaitu I-1 (4 minggu) dan I-2 (6 minggu). Dengan tiga kali replikasi, maka terdapat 30 unit pengamatan. Untuk menjawab hipotesis yang ada, maka ditetapkan variabel yang diamati meliputi; derajat kemasaman tanah (pH), P-tot, P-tersedia, KTK, C-org, dan N-tot, sementara indikasi komponen lain yang masuk bagian dari Indeks Biokimia (DHA, F-al, Prot, dan Amyl) digunakan nilai rata-rata yang ditetapkan sebagaimana pendekatan yang dikemukakan oleh Beck (1984) dan Ostrowska, Gawlinski, dan Szczubialka (1991), setelah terlebih dahulu mengetahui sebaran nilai masing-masing setiap jenis bahan organik. Untuk melakukan ekuivalensi perhitungan berdasarkan formulasi yang ada, maka nilai komplementer C-org dan N-tot yang menggunakan satuan SI (g kg⁻¹) harus dikonversi ke dalam unit persen (%) dengan mengalikan nilai (0,1).

Mengacu pada nilai rata-rata komponen Indeks Biokimia (IB) sebagai komplementer atas hasil analisis C-org dan N-tot, maka nilai Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (K) dapat

diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IBKT = C\text{-org} + N\text{-tot} + \{ \text{rataaan (DHA} + F\text{-al} + \text{Prot} + \text{Amyl}) \}$$

Keterangan :

- C-org—kandungan karbon organik (%) (SI g kg^{-1})
- N-tot—kandungan nitrogen total (%) (SI g kg^{-1})
- DHA—rataaan aktivitas dehidrogenase ($\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 24 \text{jam}^{-1}$)
- F-al—aktivitas fosfatase alkalin ($\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$)
- Prot—aktivitas protease ($\text{mmol N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$)
- Amyl—aktivitas amylase ($\text{mg lemak terurai} \cdot \text{jam}^{-1}$)

Sebagai komposisi nilai rata-rata indikasi komponen Indeks Biokimia, maka secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut:

- DHA = ($3,06 \text{ cm}^3 \cdot \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 24 \text{jam}^{-1}$);
- F-al = ($0,23 \text{ mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$);
- Prot = ($0,28 \text{ mmol N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jam}^{-1}$); dan
- Amyl = ($0,19 \text{ mg lemak terurai} \cdot \text{jam}^{-1}$).

Koper dan Piotrowska *dalam* Basir-Cyio (2004) myatakan bahwa untuk mengklasifikasikan Tingkat Kesuburan tanah yang mengacu pada nilai Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (IBKT) dapat dibagi ke dalam empat tingkatan berdasarkan kisaran nilai IBKT dimaksud dengan level kesuburan, 3-4 = kesuburan rendah; 4-5 = kesuburan sedang; 5-6 = kesuburan tinggi, dan 6-7 = kesuburan sangat tinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Tanah Percobaan

Berdasarkan hasil deskripsi tanah di lokasi pengambilan sampel tanah percobaan di Kecamatan Palu Selatan dengan mengacu pada Taksonomi Tanah USDA (*Soil Taxonomy*

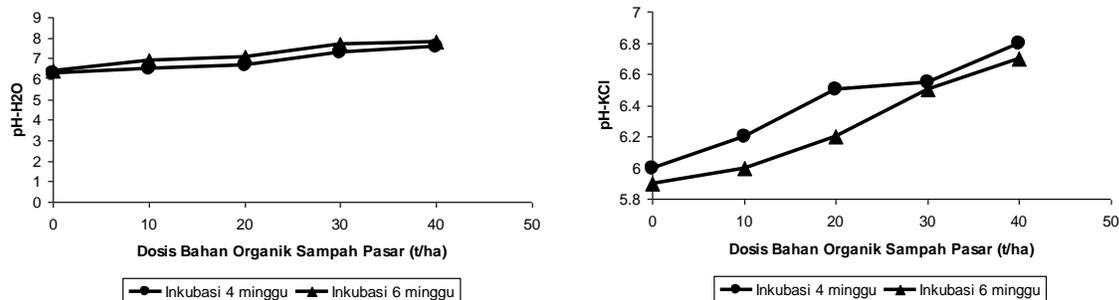
Staff, 1994), tanah tersebut masuk ke dalam Order Entisol, Sub-order Aquent, Great group Tropaquent, Subgroup Aeric Tropaquent.

Analisis tanah awal menunjukkan bahwa pH (H_2O) 6,5 lebih rendah dibandingkan pH (H_2O) di sekitar Entisol Jabal Nur (6,8) walaupun tetap masuk dalam kriteria netral, dengan kandungan karbon organik (C-org) masuk kategori sedang (2,80%) dan Nitrogen total (N-tot) juga sedang (0,277%). Kation basa yang meliputi Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) dan Natrium (Na) tergolong rendah dengan KB sedang, yaitu 40,14%, sementara Aluminium dapat ditukar (Al-dd) tergolong rendah, yakni 0,66 me/100 g. Demikian pula nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) masuk kategori sedang (19,88 me/100 g). Berdasarkan komposisi fraksi pasir, debu dan liatnya berturut-turut 63,7; 29,5; dan 6,8%, maka kelas teksturnya masuk Lempung Berpasir.

3.2 pH Aktual (pH- H_2O) dan pH Potensial (pH-KCl)

Setelah tanah percobaan yang telah mendapat perlakuan diinkubasi selama 4 dan 6 minggu, tampak mengalami perubahan, baik pH aktual maupun pH potensial, yang dinamikanya tergolong signifikan berdasarkan uji Fisher pada taraf nyata α 0,05. Peningkatan dosis bahan organik sampah pasar, mampu meningkatkan derajat keasaman tanah, baik pH aktual maupun pH potensial.

Uji beda BNJ pada taraf nyata α 5 % menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang bersifat sinergi antara lama inkubasi dengan tinggi dosis bahan organik sampah pasar yang diaplikasikan terhadap dinamika nilai pH tanah (pH- H_2O dan pH-KCl) sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diferensiasi pH- H_2O dan pH-KCl akibat Pemberian Bahan Organik Sampah Pasar dan Lama Inkubasi yang berbeda.

Kemasaman tanah potensial (pH-KCl) memiliki respons yang tinggi terhadap perubahan ekologis dibandingkan dengan respons kemasaman aktual tanah (pH-H₂O) akibat pemberian bahan organik sampah pasar dan lama masa inkubasi. Pada Gambar 1 terlihat bahwa perubahan pH pada kompleks adsorpsi jauh lebih rentan terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan pH larutan tanah. Peningkatan pH larutan setelah mendapat tambahan bahan organik secara rata-rata sebesar 0,37 unit atau terjadi peningkatan pH dari 6,32 tanpa bahan organik menjadi 6,68 ketika diberi tambahan bahan organik sampah pasar.

Dari uji BNJ menunjukkan bahwa perubahan itu signifikan dan mampu merubah kondisi kemasaman dari agak masam menjadi kondisi netral, dan ini juga diperkuat oleh Basir-Cyio (2004) untuk perlakuan yang sama tetapi berbeda dosis dan berbeda pula lama inkubasi, berikut perbedaan sumber pengambilan sampel tanahnya.

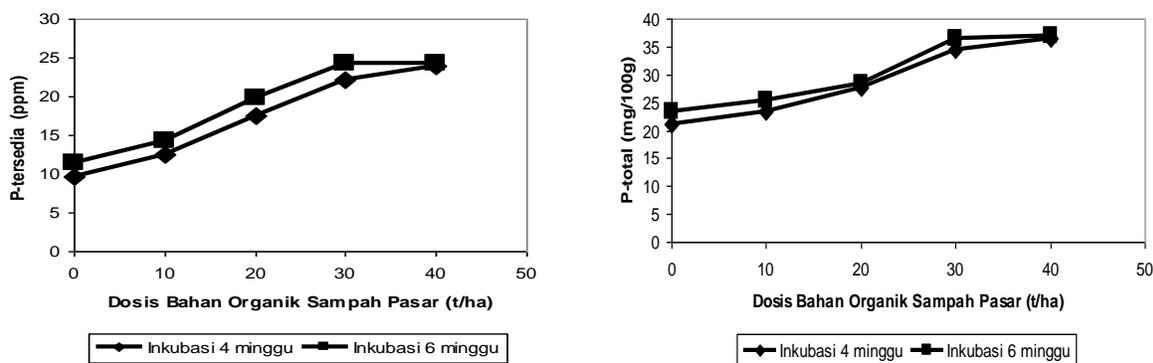
Rentan dan responsnya dinamika kimiawi pada kompleks adsorpsi sejalan dengan berbagai kajian terdahulu. Hal ini disebabkan kompleks adsorpsi merupakan sentrum berbagai aktivitas ion sehingga setiap terjadi perubahan ekologis akan secara langsung mempengaruhi pola dinamika ion di sekitarnya, sebagaimana diperkuat oleh Dzienie, Puzynski, dan Wereszczaka (2001), terutama dengan adanya pemberian bahan organik, yang di samping mempengaruhi kondisi kompleks adsorpsi juga pada larutan tanah (Basir-Cyio, 2004; Dzienia dan Wereszczaka, 2002).

3.3 P-total dan P-tersedia

Pemberian bahan organik sampah pasar yang disertai dengan perlakuan inkubasi mampu meningkatkan P-total dan P-tersedia tanah, dan peningkatannya signifikan berdasarkan hasil uji BNJ taraf nyata α 5% sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2. Peningkatan P-total naik secara signifikan, demikian pula kandungan P-tersedia, bahkan untuk P-tersedia yang paling tinggi peningkatannya adalah dari perlakuan bahan organik 10 ton menjadi 20 ton, yaitu dari 14,21 meningkat menjadi 19,88 ppm atau naik sekitar 39,90% untuk lama inkubasi 6 minggu. Boliglowa dan Glen (2003) menyatakan, selain jenis bahan organik yang menentukan tingkat ketersediaan hara dalam tanah, lama tidaknya suatu bahan organik mengalami proses inkubasi, termasuk adanya proses deplesi O₂, ikut menstimulasi aktifnya mikroorganisme anaerob. Pada waktu yang bersamaan, pH tanah akan meningkat dengan makin lamanya inkubasi bahan organik dan aktivitas ion Al akan menurun sehingga peluang terfiksasinya P tanah akan berkurang (Boliglowa dan Dzienia, 1999; Basir-Cyio, 2004).

3.4 Karbon Organik dan Nitrogen Total

Komponen dinamisasi Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (IBKT) yang menjadi faktor utama adalah Karbon organik (C-org) dan Nitrogen total (N-tot) yang mencirikan laju tidaknya proses degradasi, sekaligus penentu nilai rasio C/N.



Gambar 2. Diferensiasi P-total dan P-tersedia Tanah yang diberi Dosis Bahan Organik dan Lama Inkubasi yang Berbeda.

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa baik C-org maupun N-tot mengalami peningkatan dengan meningkatnya dosis bahan organik sampah pasar dan lama inkubasi sebagaimana terlihat dalam Gambar 3.

Peningkatan kandungan C-organik naik secara signifikan bagi yang mendapat perlakuan bahan organik masing-masing 0,69 dan 0,82 g kg⁻¹ bila dibandingkan dengan kontrol, baik yang mendapat inkubasi 4 minggu maupun 6 minggu. Hal ini menunjukkan bahwa bahan organik menjadi sumber karbon dalam larutan sehingga penambahan bahan organik sampah pasar secara langsung menstimulasi pelepasan karbon dalam tanah.

Kecenderungan terjadi peningkatan kandungan C-organik dengan bertambahnya dosis bahan organik sampah pasar, menjadi indikator bila dalam perlakuan tersebut mengandung karbon berbagai bentuk ion dan senyawa, baik CO₂, CO₃²⁻, HCO₃⁻¹, HCO₃⁻¹ CH₄ maupun karbon lain. Di samping itu, peningkatan C-organik juga disertai dengan peningkatan N-total seiring dengan bertambahnya dosis bahan organik sampah pasar dan lamanya masa inkubasi. Kandungan dominan setiap bahan organik adalah karbon dan nitrogen sehingga perubahan kedua kandungan senyawa tersebut umumnya berkorelasi positif.

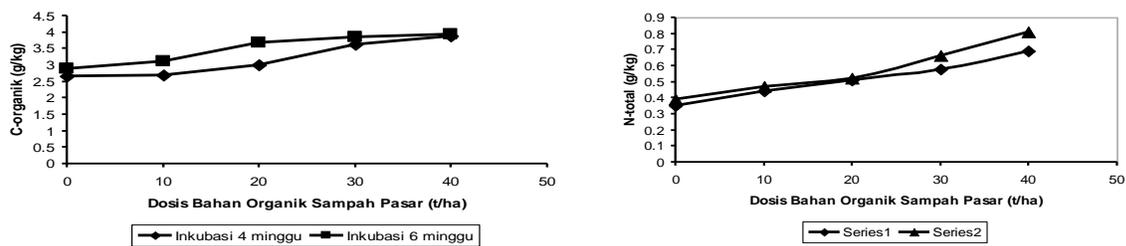
Kandungan N-total Entisol mengalami peningkatan sebesar 0,43 g kg⁻¹ pada saat lama

inkubasi 4 minggu pada saat lama inkubasi 6 minggu peningkatannya menjadi 0,42 g kg⁻¹. Ini menunjukkan bahwa sekalipun pada kedua lama inkubasi sama-sama mampu meningkatkan kandungan N-total tanah, namun semakin lama masa inkubasi jumlah N yang dilepaskan bahan organik yang diaplikasikan semakin besar pula. Hal ini terkait dengan makin lamanya proses dekomposisi berlangsung dan semakin aktifnya mikroorganisme pendekomposisi dalam tanah, di samping adanya proses mineralisasi yang dapat meningkatkan N-NO₃⁻¹.

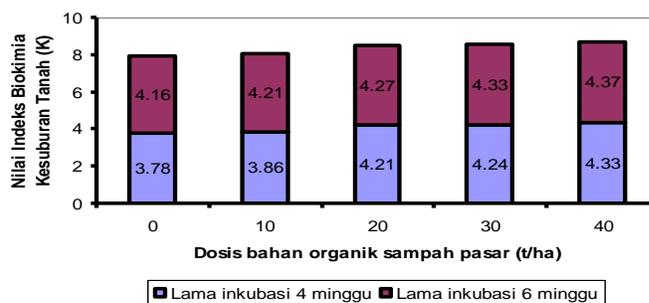
3.5 Nilai IBKT

Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (IBKT) atau (K) yang menjadikan faktor kandungan C-organik dan N-total tanah sebagai stimulan utama dengan tetap melibatkan, di samping nilai rata-rata dari senyawa lainnya yang terkait dalam penentuan Indeks Biokimia Kesuburan Tanah, telah digambarkan oleh Koper dan Piotrowska (2003) dan telah diujicobakan pada jenis tanah serupa dengan dosis dan lama inkubasi berbeda oleh Basir Cyio (2004).

Pembandingan Kesuburan Tanah Entisol Lembah Palu yang diberi bahan organik sampah pasar dan lama inkubasi berbeda, disajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Diferensiasi Kandungan C-organik dan N-total Entisol yang diberi Bahan Organik Sampah Pasar dan Lama Inkubasi yang Berbeda



Gambar 4. Diferensiasi Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (K) Entisol yang diberi Bahan Organik Sampah Pasar pada Dua Masa Inkubasi yang Berbeda

Mengacu pada kriteria tingkat kesuburan tanah berdasarkan nilai Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (K), maka secara keseluruhan masuk kriteria kesuburan tanah rendah dan sedang, yakni antara 3-4 dan 4-5. Untuk lama inkubasi 4 minggu, kesuburan tanah tanpa bahan organik sampah pasar hingga dosis 10 ton per ha, kriteria kesuburan tanah masuk kriteria kesuburan tanah rendah, dan meningkat menjadi kesuburan tanah sedang pada saat dosis yang diaplikasikan 20 ton per ha ke atas. Hal ini berbeda dengan lama inkubasi 6 minggu, baik yang mendapat perlakuan bahan organik maupun tidak kriterianya sama yakni kesuburan tanah sedang dengan kisaran nilai K antara 4-5.

Korelasi positif antara nilai K dengan peningkatan dosis bahan organik sampah pasar, merupakan pengaruh langsung adanya proses pelepasan C-organik dan Nitrogen dari bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi, sekaligus menggambarkan bila terdapat stimulus enzim yang mendorong laju pelepasan senyawa dan ion.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Lama Inkubasi dan dosis bahan organik sampah pasar nyata mampu meningkatkan anasir-anasir tanah, termasuk dalam peningkatan Nilai Indeks Biokimia Kesuburan Tanah (K).
2. Pada lama inkubasi 4 minggu dengan dosis bahan organik sebanyak 10 ton/ha belum mampu meningkatkan nilai K Entisol Lembah Palu, kecuali pada lama inkubasi 6 minggu kriteria nilai K sudah uniform, yakni masuk kriteria kesuburan tanah sedang dengan kisaran 4-5. Terhadap nilai pH, P-total dan P-tersedia, juga meningkat dengan bertambahnya dosis bahan organik dan lama inkubasi.

4.2 Saran

Penggunaan bahan organik pupuk kandang berbagai jenis perlu dikaji untuk mendapatkan perbandingan dengan bahan organik sampah pasar yang sumber dan sifat keterdegradasiannya agak berbeda dibanding bahan organik pupuk kandang dalam agak masam hingga netral.

DAFTAR PUSTAKA

- Basir-Cyio, M. 2004. *Aplikasi indeks biokimia dalam penentuan karakteristik dan kesuburan tanah yang diberi bahan organik terinkubasi*. J. Agroland Vol 11 (1): 65-72.
- Beck, T. 1984. *Method and application domain of soil microbiological analysis at the LBP in Munich for the determination of some aspects of soil fertility*. Proc. 5th symp. On soil biology. Romanian Nat. Soc. Soil Sci., 13-20.
- Boligłowa, E. dan S. Dzienia. 1999. *Effectiveness of potato tillage systems and organik fertilization*. Fol Univ. Agric. Stetin., Agricultura 74: 191-195.
- Boligłowa, E. dan K. Glen. 2003. *Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organik fertilization and tillage method*. Electr. J. of Polish Agr. Univ. Vol (6), issue 1, 11 p.
- Dzienia, S., S. Puzynski, dan J. Wereszczaka. 2001. *Impact of soil cultivation systems on chemical soil properties*. Electr. J. of Polish Agr. Univ. Vol (4), issue 2, 12p.
- Dzienia, S. dan J. Wereszczaka. 2002. *Energy-effectiveness of varied winter wheat cultivation systems under varied soil conditions*. Electr. J. of Polish Agr. Univ. Vol (5), issue 1, 10 p.
- Gillman, G.P. dan G. Uehara. 1980. *Charge characteristics of soil with variable and permanent charge minerals*. Soil Sci. Am. J. 44 : 252-255.
- Gostkowaska, K., J. Furczak, H. Domzal, dan E. J. Bielinska. 1998. *Suitability of some biochemical and microbiological tests for the evaluation of the degradation degree of podzolic soil on the background of its differentiated usage*. Polish J. Soil Sci. 31 (2) : 69-78.
- Kandeler, E., D. Tschirko, H. Spiegel. 1999. *Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralization and enzyme activities of a chernozem under different tillage management*. Biology and Fertility of Soil 28 : 343-351.
- Koper, J. dan A. Piotrowska. 2003. *Application of biochemical index to define soil fertility depending on varied organik and mineral fertilization*. Electr. J. of Polish Agr. Univ. Vol (6), issue 1, 15 p.
- Martens, D.A., J.B. Johanson, dan W.T. Frankenberger. 1992. *Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organik residues*. Soil Sci. 153 (1) : 53-61.
- Mazur, T. 1996. *Organik fertilizers and the content of nitrates in soil*. Probl. Post Nauk Roln. 440 : 239-247.
- Ostrowska, A., S. Gawłinski, dan Z. Szcubialka. 1991. *Methods of analysis and evaluating soil and plant properties*. Institute Ochrony, Warsaw.