



PENENTUAN KOMPOS MATANG DAN STABIL DIPERKAYA DENGAN PENAMBAHAN UREA (N-ENRICHED COMPOST) BERDASARKAN UJI TOKSISITAS DAN BIODEGRADABILITAS

Faiq Rahman *), Ganjar Samudro **), Ika Bagus Priambada **)

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

JL. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275

email: faiqrahman2@gmail.com

Penambahan kompos kimia N seperti urea pada kompos dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kandungan nitrogen pada kompos. Namun disisi lain penambahan urea pada kompos berpotensi mempengaruhi kematangan dan kestabilan kompos. Kematangan dan kestabilan kompos dapat diketahui melalui pengujian toksisitas dan biodegradabilitas kompos. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penambahan urea pada kompos terhadap toksisitas dan biodegradabilitas kompos dan menentukan kompos matang dan stabil diperkaya urea berdasarkan uji toksisitas dan biodegradabilitas. Sampel kompos didapatkan dari hasil survei tentang kompos yang paling banyak beredar di Kota Semarang. Pengujian toksisitas kompos dilakukan dengan melihat pengaruh penambahan urea pada kompos terhadap perkembangan Vigna radiata selama 72 jam. Hasil uji toksisitas kemudian dinyatakan dalam EC dan GI. Sedangkan uji biodegradabilitas dilakukan dengan menghitung rasio BOD/COD yang pengujianya seperti pada pengujian air limbah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan urea pada kompos berpengaruh signifikan terhadap kenaikan nilai EC dan penurunan nilai GI pada masing-masing kompos dengan kata lain terjadi peningkatan toksisitas kompos. Selain itu penambahan urea pada kompos berpengaruh signifikan terhadap peningkatan rasio BOD5/COD pada masing-masing kompos dengan kata lain terjadi peningkatan biodegradabilitas kompos. Berdasarkan uji toksisitas dan biodegradabilitas kompos diperkaya urea matang dan stabil pada konsentrasi penambahan urea 0.4 % dan 0.21 %.

Kata Kunci : Kompos, Urea, Toksisitas, Biodegradabilitas.

Abstract

[Determination of Mature And Stable N-Enriched Compost Based On The Toxicity and Biodegradability Test]. The enrichment of compost with chemical fertilizer e.g. urea enhances the agronomic effectiveness of both compost and urea by reducing the amount of fertilizer and improving the quality of compost (increasing the nitrogen content of compost). But on the other hand, changes in maturity and stability of compost, assessed by measuring its toxicity and biodegradability, occurred as a result of urea added to compost. The aim of this study was to analyze the effect of urea to the toxicity and biodegradability of compost and to determine mature and stable N-enriched compost based on the toxicity and biodegradability test. Compost toxicity test is done by observing the germination of Vigna radiata placed over medium contains urea-enriched compost extract for 72 hours. Toxicity test results are stated in Effect Concentration (EC) and Germinatio Index (GI). Otherwise the biodegradability test is done by calculating the ratio of BOD5/COD as in wastewater biodegradability test. Results of this research indicate that the addition of urea in compost have a significant effect on the increase in EC value and decrease in GI value or an increase in the toxicity of compost. Besides the addition of urea in the compost have a significant effect on the increase in the ratio of BOD5 / COD or an increase in the biodegradability of compost. Based on the toxicity and biodegradability test, mature and stable N-enriched compost is obtained when urea is added to compost at a concentration of 0.41% and 0.21%.

Keywords: Compost, Urea, Toxicity, Biodegradability.

PENDAHULUAN

Kompos memiliki peranan sangat penting bagi tanah dan tanaman karena dapat mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah (Djuarnani dkk, 2005). Namun untuk dapat menjadi kompos (fertilizer) bagi tanaman, kompos harus mengandung unsur hara yang cukup sebagai nutrisi untuk tanaman, terutama nitrogen. Jika tidak, kompos hanya akan berfungsi sebagai pemberah tanah (soil amandement) (Agazis, 1998). Nyatanya, banyak kompos yang

dipakai oleh masyarakat memiliki kandungan nitrogen yang rendah sehingga dalam pengaplikasianya dibutuhkan kompos dengan jumlah yang besar (Adamtey dkk, 2009). Penambahan kompos kimia N seperti urea pada kompos dapat menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kandungan nitrogen pada kompos. Pengayaan kompos dengan urea selain dapat meningkatkan kualitas kompos, juga dapat mengurangi jumlah penggunaan kompos sehingga menjadi lebih efisien. Selain itu, dapat mengurangi

1 *) Penulis

**) Dosen Pembimbing

kebutuhan kompos anorganik sehingga lebih ramah lingkungan (Ahmad dkk, 2008).

Masalah lain yang terdapat pada kompos adalah dari tingkat kematangan dan kestabilan dari kompos yang beredar di masyarakat. Dilaporkan bahwa penerapan kompos yang belum matang dan stabil dapat pula merusak tanaman dan menghambat perkecambahan (Zucconi dkk, 1981). Kematangan kompos merujuk pada tingkat dekomposisi material organik dan berakibat pada hilangnya senyawa fitotoksik dan pathogen pada kompos. Kematangan kompos sebagian dipengaruhi oleh stabilitas kompos, karena senyawa fitotoksik dihasilkan oleh mikroorganisme pada kompos yang belum stabil (Bernal dkk, 2009). Pada kompos yang belum stabil, proses dekomposisi material organik oleh mikroba masih berlangsung, sehingga apabila diterapkan pada tanah atau media pertumbuhan lainnya dapat memberikan dampak negatif pada pertumbuhan tanaman yang disebabkan oleh kurangnya ketersediaan oksigen dan/atau nitrogen dalam tanah atau hadirnya senyawa fitotoksik pada tanah (CCQC,2001). Oleh karena itu pengujian kestabilan kompos sangat dibutuhkan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang diakibatkan oleh penerapan kompos yang belum stabil (Graves dkk, 2010).

Kematangan dan kestabilan kompos dapat diketahui melalui pengujian toksisitas (Bernal dkk, 2009, Selim dkk, 2012) dan biodegradabilitas kompos (Mangkoediharjo, 2006). Pengujian toksisitas kompos dapat dilakukan dengan uji toksisitas akut (EC) (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009) dan uji perkecambahan (Indeks Perkecambahan/GI) (Bernal dkk, 2009). Penurunan EC dan peningkatan GI merupakan indikasi penurunan fitotoksitas dan dengan demikian produk/kompos jadi lebih matang (Selim dkk, 2012). Sedangkan uji biodegradabilitas kompos dilakukan dengan menguji BOD kompos. Semakin kecil nilai BOD menunjukkan sedikit senyawa organik yang biodegradable yang berarti kompos stabil secara mikrobiologis (Mangkoediharjo, 2006). Penambahan urea pada kompos berpotensi mempengaruhi toksisitas dan biodegradabilitas kompos. Urea yang ditambahkan dapat menyebabkan toksisitas ammonia (Haden dkk, 2010). Toksisitas ammonia terjadi karena ammonia, sebagai akibat dari hidrolisis urea, tervalolisasi dan gasnya berdifusi ke sel-sel tanaman dan mengganggu metabolisme sel (Kosegarten dkk, 1997; Wilson dkk, 1998 dalam Haden dkk, 2010). Akibatnya dapat mengurangi perkecambahan, merusak akar dan menghambat pertumbuhan tanaman (Bremner, 1995). Selain itu menurut Parast dkk, 2011 dan Mousavi dkk, 2013 urea dapat meningkatkan degradabilitas senyawa organik sehingga dapat berpengaruh pada biodegradabilitas kompos.

Tujuan dari Penelitian yang berjudul “Penentuan Kompos Matang dan Stabil Diperkaya dengan Penambahan Urea (N-Enriched Compost) Berdasarkan Uji Toksisitas dan Biodegradabilitas” adalah menganalisis pengaruh penambahan urea pada

kompos terhadap toksisitas dan biodegradabilitas kompos dan menentukan kompos matang dan stabil diperkaya urea berdasarkan uji toksisitas dan biodegradabilitas.

METODOLOGI PENELITIAN

Penentuan Variabel

Pada penelitian yang dilakukan yang merupakan variable bebas adalah jenis atau merek kompos dan variasi penambahan urea pada kompos yang diuji. Sedangkan variable terikatnya adalah biodegradabilitas dan toksisitas kompos. Variabel kontrol pada penelitian ini meliputi intensitas cahaya, ukuran benih, media tanam dan kelembaban.

Tahap Uji Pendahuluan

Pada tahap uji pendahuluan dilakukan adalah penentuan sampel kompos dan uji karakteristik kompos. Sampel kompos didapatkan berdasarkan hasil survei menggunakan skala pengukuran *rating scale*. Dalam skala model rating scale, responden diminta untuk mengurutkan rangking kompos yang mereka jual berdasarkan tingkat penjualannya (Sugiyono, 2009). Kemudian dilakukan pembobotan dan dua kompos dengan nilai tertinggi dipilih dan digunakan dalam penelitian ini.

Pengujian karakteristik kompos meliputi pengujian kadar air, pH, Temperatur, unsur makro (C organik, N total, P total, K total dan Rasio C/N), unsur mikro (Fe, Mn, dan Zn), dan logam berat (Pb dan Cd) kompos berdasarkan Sulaeman dkk, 2005.

Tahap Pelaksanaan Penelitian

• Metode Uji Toksisitas

pengujian toksisitas kompos meliputi uji toksisitas akut dan uji indeks perkecambahan. Sampel kompos + urea di ekstraksi dengan aquades (dengan perbandingan padatan:air 1:10 gr/l). Kemudian dikocok dan diputar dengan jartest selama 30 menit. Dibiarkan selama 10 menit dan setelah itu sampel disaring dengan kertas saring. Letakkan media tanam (kertas tissue) pada cawan petri kemudian tambahkan 10 ml ekstrak kompos + urea ke kertas saring. Tempatkan 10 biji Kacang Hijau (*Vigna radiata*) di atas kertas tissue. Cawan petri kemudian di tutup dan diinkubasi di tempat yang gelap selama 72 jam. Lakukan cara yang sama namun penambahan ekstrak kompos diganti dengan 0 ml aquades sebagai kontrol. Setelah 72 jam amati jumlah rata-rata pekecambahan biji dan panjang akar rata-rata pada kertas saring dengan penambahan ekstrak kompos kemudian bandingkan dengan kontrol. Hasil uji toksisitas dinyatakan dalam EC dan GI.

- Toksisitas Akut

Respon EC (%) =

$$\frac{\text{jumlah biota yang terkena efek negatif}}{\text{jumlah total biota uji}} \times 100\%$$

- Indeks Perkecambahan (GI)

$$\text{Perkecambahan biji relatif (G\%)} = \frac{\text{jumlah biji yang berkecambah normal}}{\text{jumlah biji yang berkecambah normal pada kontrol}} \times 100\%$$

$$\text{Panjang akar relatif (I\%)} = \frac{\text{rata-rata panjang akar pada tanaman}}{\text{rata-rata panjang akar pada tanaman pada kontrol}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks Perkecambahan (GI)} = \frac{\text{Perkecambahan biji relatif (G\%)} \times \text{Panjang akar relatif (I\%)}}{100}$$

Uji toksisitas akut dilakukan melalui dua tahap yaitu uji temuan awal (Range Findings/Exploratory Test) dan uji definitif (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009). Uji temuan awal dilaksanakan karena tidak diketahuinya konsentrasi penyebab efek (effect concentration:EC). Rentang konsentrasi zat yang disiapkan untuk uji temuan awal adalah rentang lebar, yaitu konsentrasi 50%, 25 %, 10 %, 8 %, 6 %, 4 %, 2 %, 0.5 %, dan 0.1 % urea. Sedangkan konsentrasi zat yang digunakan untuk uji definitif adalah konsentrasi 2%, 1.5%, 1%, 0.5%, 0.4%, 0.3%, 0.2% dan 0.1% urea.

• Metode Uji Biodegradabilitas

Degradabilitas dari DOM biasanya ditentukan berdasarkan produksi CO₂ atau konsumsi karbon organik terlarut. Namun pada penelitian ini digunakan uji BOD₅ dan COD seperti pada pengujian kualitas air limbah karena relatif tidak memakan waktu yang lama, dan kebutuhan bahan uji yang relatif lebih sedikit (Wei dkk, 2014). Pengujian BOD₅ dan COD pada penelitian ini menggunakan konsentrasi kompos + urea dari perhitungan EC50 dan 95% batas kepercayaanya. Sehingga pengujian BOD₅ dan COD kompos A + Urea menggunakan konsentrasi 0.74% urea, 1.05% urea dan 1.49% urea dan untuk kompos B + Urea menggunakan konsentrasi 1.17% urea, 0.77% urea dan 0.51% urea. Pada penelitian ini juga ditambahkan pengujian BOD₅ dan COD dari kompos A dan B tanpa penambahan Urea sebagai perbandingan.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis penentuan sampel kompos dilakukan menggunakan metode rating scale (Sugiyono, 2009). Sedangkan untuk analisis data toksisitas dan biodegradabilitas menggunakan metode analisis statistik dengan Software SPSS 17.0 yaitu uji korelasi Spearman, uji regresi linear, uji normalitas Shapiro-Wilk, dan uji Litchfield-Wilcoxon, serta analisis kajian pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Pendahuluan

• Analisis Sampel Penelitian

Kompos yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari hasil sampling jenis/merek kompos yang beredar di Kota Semarang. Penelitian ini menggunakan teknik sampling purposive sampling untuk menentukan responden yang akan diinterview. Pada teknik sampling purposive sampling, responden ditentukan secara spesifik dengan pertimbangan bahwa responden yang dituju dianggap paling tahu tentang jenis/merek kompos yang beredar di Kota Semarang, dalam hal ini adalah penjual tanaman hias dan/atau perlengkapan berkebun (Sugiyono, 2009). Kemudian dilakukan interview terhadap 40 responden dengan menggunakan skala pengukuran rating scale. Dalam skala model rating scale, responden diminta untuk mengurutkan rangking kompos yang mereka jual berdasarkan tingkat penjualannya (Sugiyono, 2009). Kompos yang paling laku terjual diberi rangking 1, kompos yang laku terjual ke 2 diberi rangking 2 dan seterusnya. Oleh karena jenis kompos yang dijual di masing-masing toko beragam, maka item instrumen (jenis kompos) menjadi banyak, dalam penelitian ini yaitu sebanyak 17 item.

Hasil pembobotan terhadap ke 17 item dari 40 responden menunjukkan bahwa kompos A dan B mendapatkan nilai tertinggi yaitu sebesar 119 dan 107. Oleh karena itu kedua kompos tersebut diatas adalah yang digunakan sebagai objek dalam penelitian ini.

• Uji Karakteristik Kompos

Sebelum dilakukan uji toksisitas dan biodgradabilitas pada kompos, terlebih dahulu dilakukan uji karakteristik kompos. Tujuannya adalah untuk mengetahui kualitas kompos yang akan diuji. Dari kualitas kompos tersebut dapat digunakan untuk membantu menganalisis hasil uji toksisitas dan biodegradabilitas. Kualitas kompos dibandingkan dengan baku mutu kompos berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70 Tahun 2011 Lampiran I Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat Remah/Curah Murni.

Tabel 1
Karakteristik Kompos A dan B

Parameter	Satuan	Kompos A	Kompos B	Baku Mutu*
Kadar Air	%	51.44%	47.62%	15 - 25 %
pH		8.06	9.23	4 - 9
Unsur Makro				
C-Organik	%	29.270	30.938	Min 15
N total	%	2.3349	2.4654	Min 4 (N+P+K)
P	%	0.454	0.211	
K	%	0.386	3.819	
Rasio C/N		12.536	12.549	15 - 25
Unsur Mikro				
Fe	ppm	0.063	0.509	Maks 500
Mn	ppm	12.783	14.220	Maks 5000
Zn	ppm	10.667	9.825	Maks 5000
Logam Berat				
Pb	ppm	1.206	2.009	Maks 50
Cd	ppm	0.890	1.024	Maks 2

Keterangan

Kompos A = Pupuk Organik Siap Pakai RPH (Rumah Potong Hewan)

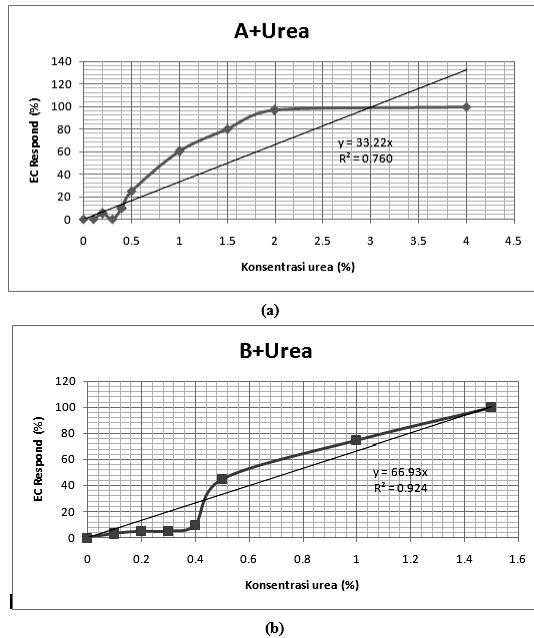
Kompos B = Pupuk Organik Siap Pakai Sekawan

*Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70 Tahun 2011 Lampiran I

Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Padat Remah/Curah Mur ni

Uji Toksisitas Akut

Data hasil uji toksisitas akut pada tabel 4.6 kemudian diplotkan kedalam grafik hubungan antara banyaknya urea yang ditambahkan dengan nilai EC yang dihasilkan yang disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Urea dengan EC

(a) Kompos A + Urea (b) Kompos B + Urea

Data hasil uji toksisitas akut selanjutnya diuji korelasi menggunakan software SPPS Statistic 17.0 untuk mengetahui keeratan hubungan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai EC yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan uji korelasi Spearman karena data hasil uji toksisitas akut merupakan data ordinal bukan interval. Dasar pengambilan keputusannya jika nilai sig < 0.05 maka terdapat korelasi yang signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai EC sedangkan jika nilai sig > 0.05 maka tidak terdapat korelasi yang signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai EC. Besarnya tingkat korelasi dinyatakan sebagai koefisien korelasi yang berkisar antara $0 - \pm 1$ dengan kriteria penafsiran menggunakan tabel 3.4 (Guilford, 1956). Dari hasil uji menggunakan software SPPS Statistic 17.0 untuk kompos A + urea didapatkan nilai sig sebesar 0.00, artinya terdapat korelasi signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos A terhadap nilai EC kompos A. Selain itu didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0.963 yang menandakan korelasi sangat kuat antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos A terhadap nilai EC kompos A. Selanjutnya untuk kompos B + urea didapatkan nilai sig sebesar 0.00, artinya terdapat korelasi signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos B terhadap nilai EC kompos B. Selain itu

didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0.994 yang menandakan korelasi sangat kuat antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos B terhadap nilai EC kompos B.

Kemudian dilakukan uji regresi linear dengan menggunakan software SPPS Statistic 17.0 untuk memprediksi atau menguji signifikansi pengaruh penambahan urea pada kompos A terhadap nilai EC dari kompos A. Dasar pengambilan keputusannya jika nilai sig < 0.05 maka ada pengaruh nyata (signifikan) penambahan urea pada kompos A terhadap nilai EC sedangkan jika nilai sig > 0.05 maka tidak ada pengaruh yang signifikan dengan besarnya pengaruh ditunjukkan dari nilai R kuadrat (Widianto, 2012). Dari hasil uji menggunakan software SPPS Statistic 17.0 untuk kompos A + Urea didapatkan nilai sig sebesar 0.01 dan R2 sebesar 0.781, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan urea pada kompos A terhadap nilai EC kompos A dengan besarnya pengaruh sebesar 78.1%. Kemudian untuk kompos B + Urea didapatkan nilai sig sebesar 0.00 dan R2 sebesar 0.939, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan urea pada kompos B terhadap nilai EC kompos B dengan besarnya pengaruh sebesar 93.9%. Dapat disimpulkan bahwa penambahan urea pada kompos A dan B berpengaruh signifikan terhadap kenaikan nilai EC pada masing-masing kompos dengan kata lain terjadi peningkatan toksisitas pada kompos.

Perhitungan matematis digunakan untuk memperkirakan nilai EC50 dan EC10 serta 95% batas kepercayaannya. 95% batas kepercayaan dihitung karena nilai hasil perhitungan EC50 atau EC10 belum tentu menunjukkan nilai sebenarnya karena beberapa faktor yang menyebabkan ketidakpastian kebenaran hasil uji toksisitas misalnya sensitifitas masing-masing biota uji. Dengan kata lain batas kepercayaan merupakan tingkat kemungkinan (biasanya 95%) dimana nilai EC50 atau nilai EC10 yang sebenarnya tercakup (Peltier dan Weber, 1985).

Data hasil uji toksisitas akut terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dengan software SPPS Statistic 17.0 untuk mengetahui apakah data yang dihasilkan terditribusi normal. Uji normalitas ini digunakan untuk memilih metode perhitungan EC50 dan EC10 serta 95% batas kepercayaannya. Apabila data terdistribusi normal digunakan metode aritmatik, log probit, atau rata-rata sudut gerak. Sedangkan apabila data tidak terdistribusi normal maka digunakan metode Litchfield-Wilcoxon (chi kuadrat) untuk menghitung EC50 dan EC10 serta 95% batas kepercayaannya (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009). Uji normalitas yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk karena data yang dimiliki kurang dari 50. Dasar pengambilan keputusannya jika nilai sig > 0.05 maka data berdistribusi normal dan jika nilai sig < 0.05 maka data berdistribusi tidak normal (Ghasemi dan Zahediasl, 2012).

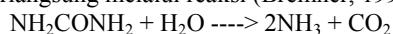
Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk dengan software SPPS Statistic 17.0 menunjukkan nilai sig

untuk kompos A + urea adalah 0.001 dan nilai sig untuk kompos B + urea adalah 0.000. Hal ini menunjukkan data tidak terdistribusi normal. Data tidak terdistribusi normal disebabkan karena kualitas biota uji (biji kacang hijau) yang tidak seragam seperti ukuran biji yang tidak sama. Oleh karena itu dipilih metode Litchfield-Wilcoxon (chi kuadrat) untuk menghitung EC50 dan 95% batas kepercayaannya.

Dari perhitungan didapatkan untuk kompos A + Urea nilai EC50 berada pada konsentrasi 1.05% urea dengan batas atas berada pada konsentrasi 1.49% urea dan batas bawah berada pada konsentrasi 0.74% urea, sedangkan untuk kompos B + Urea didapatkan nilai EC50 berada pada konsentrasi 0.77% urea dengan batas atas berada pada konsentrasi 1.17% urea dan batas bawah berada pada konsentrasi 0.51% urea.

Dari perhitungan didapatkan untuk kompos A + Urea nilai EC10 berada pada konsentrasi 0.32% urea dengan batas atas berada pada konsentrasi 0.41% urea dan batas bawah berada pada konsentrasi 0.25% urea, sedangkan untuk kompos B + Urea didapatkan nilai EC10 berada pada konsentrasi 0.25% urea dengan batas atas berada pada konsentrasi 0.29% urea dan batas bawah berada pada konsentrasi 0.21% urea.

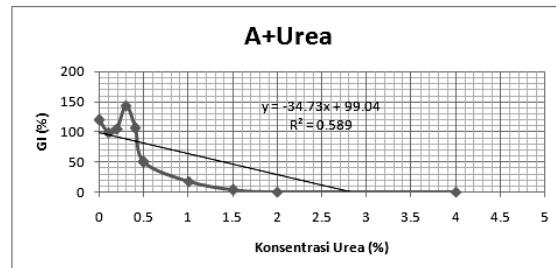
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai EC50 kompos A + Urea lebih besar dari pada nilai EC50 kompos B + Urea. Semakin rendah nilai EC50 suatu zat maka semakin tinggi toksisitasnya (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009). Itu artinya bahwa toksisitas kompos B + Urea lebih tinggi dibandingkan dengan kompos A + Urea. Hal ini disebabkan karena nilai pH pada kompos B lebih besar dari pada pH pada kompos A. Semakin besar pH maka semakin besar ammonia yang tervolatilisasi dari hasil hidrolisis urea (Bremner, 1995). Hidrolisis urea berlangsung melalui reaksi (Bremner, 1995):



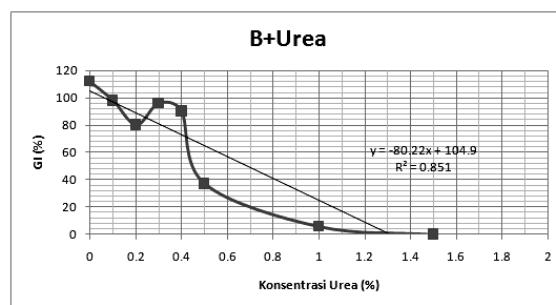
Pada kondisi pH yang tinggi, gas NH₃ yang terbentuk cukup banyak sehingga dapat dengan mudah berdifusi ke sel-sel tanaman (Britto and Kronzucker, 2002). Gas yang berdifusi ke sel-sel tanaman akan mengganggu metabolisme sel yang akibatnya dapat mengganggu perkembangan maupun pertumbuhan tanaman (Kosegarten dkk, 1997; Wilson dkk, 1998 dalam Haden dkk, 2010).

Uji Indeks Perkecambahan

Pengujian toksisitas dengan uji toksisitas akut dan uji indeks perkecambahan dilakukan bersama-sama sehingga konsentrasi uji pada uji indeks perkecambahan sama dengan konsentrasi yang digunakan pada uji toksisitas akut. Nilai GI pada masing-masing konsentrasi campuran kompos A + Urea dan kompos B + Urea disajikan dalam gambar 2 berikut



(a)



(b)

Gambar 1 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Urea dengan GI

(a) Kompos A + Urea (b) Kompos B + Urea

Data hasil uji indeks perkecambahan selanjutnya diuji korelasi menggunakan software SPPS Statistic 17.0 untuk mengetahui keeratan hubungan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai GI yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan uji korelasi Spearman karena data hasil uji toksisitas akut merupakan data ordinal bukan interval. Dari hasil uji menggunakan software SPPS Statistic 17.0. untuk kompos A + urea didapatkan nilai sig sebesar 0.002, artinya terdapat korelasi signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos A terhadap nilai GI kompos A. Selain itu didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar -0.855 yang menandakan korelasi sangat kuat antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos A terhadap nilai GI kompos A. Selanjutnya untuk kompos B + urea didapatkan nilai sig sebesar 0.001, artinya terdapat korelasi signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos B terhadap nilai GI kompos B. Selain itu didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar -0.929 yang menandakan korelasi sangat kuat antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos B terhadap nilai GI kompos B.

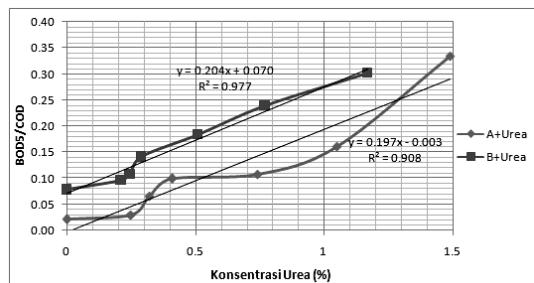
Kemudian dilakukan uji regresi linear dengan menggunakan software SPPS Statistic 17.0. untuk memprediksi atau menguji signifikansi pengaruh penambahan urea pada kompos A terhadap nilai GI dari kompos A. Dari hasil uji menggunakan software SPPS Statistic 17.0. untuk kompos A + Urea didapatkan nilai sig sebesar 0.01 dan R² sebesar 0.590, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan urea pada kompos A terhadap nilai GI kompos A dengan besarnya pengaruh sebesar

59%. Kemudian untuk kompos B + Urea didapatkan nilai sig sebesar 0.001 dan R2 sebesar 0.852, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan urea pada kompos B terhadap nilai GI kompos B dengan besarnya pengaruh sebesar 85.2%.

Dari hasil uji korelasi Spearman dan uji regresi linear menggunakan software SPPS Statistic 17.0. dapat disimpulkan bahwa penambahan urea pada kompos A dan B berpengaruh signifikan terhadap penurunan nilai GI pada masing-masing kompos dengan kata lain terjadi peningkatan toksisitas pada kompos.

Uji Biodegradabilitas

Pengujian BOD_5 dan COD pada penelitian ini menggunakan konsentrasi kompos + urea dari perhitungan EC50 dan EC10 beserta 95% batas kepercayaannya. Pada penelitian ini juga ditambahkan pengujian BOD_5 dan COD dari kompos A dan B tanpa penambahan Urea sebagai perbandingan. Hasil uji BOD_5 dan COD untuk kompos A dan B tanpa penambahan Urea, kompos A + Urea dan kompos B + Urea disajikan pada gambar 3 dibawah ini



Gambar 3 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Urea dengan BOD_5/COD

Data hasil uji toksisitas akut selanjutnya diuji korelasi menggunakan software SPPS Statistic 17.0 untuk mengetahui keeratan hubungan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai BOD_5/COD yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan uji korelasi Spearman karena data hasil uji toksisitas akut merupakan data ordinal bukan interval. Dasar pengambilan keputusannya jika nilai sig < 0.05 maka terdapat korelasi yang signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai BOD_5/COD sedangkan jika nilai sig > 0.05 maka tidak terdapat korelasi yang signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan terhadap nilai BOD_5/COD . Besarnya tingkat korelasi dinyatakan sebagai koefisien korelasi yang berkisar antara $0 - \pm 1$ dengan kriteria penafsiran menggunakan tabel 3.4 (Guilford, 1956). Dari hasil uji menggunakan software SPPS Statistic 17.0. untuk kompos A + urea didapatkan nilai sig sebesar 0.000, artinya terdapat korelasi signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos A terhadap nilai BOD_5/COD kompos A. Selain itu didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 1 yang menandakan

korelasi sangat kuat antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos A terhadap nilai BOD_5/COD kompos A. Selanjutnya untuk kompos B + urea didapatkan nilai sig sebesar 0.000, artinya terdapat korelasi signifikan antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos B terhadap nilai BOD_5/COD kompos B. Selain itu didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 1 yang menandakan korelasi sangat kuat antara konsentrasi urea yang ditambahkan pada kompos B terhadap nilai BOD_5/COD kompos B.

Data hasil uji biodegradabilitas selanjutnya diuji regresi linear dengan menggunakan software SPPS Statistic 17.0. untuk memprediksi atau menguji signifikansi pengaruh penambahan urea pada kompos A terhadap nilai BOD_5/COD dari kompos A. Dasar pengambilan keputusannya jika nilai sig < 0,05 maka ada pengaruh nyata (signifikan) penambahan urea pada kompos A terhadap nilai BOD_5/COD sedangkan jika nilai sig > 0,05 maka tidak ada pengaruh yang signifikan dengan besarnya pengaruh ditunjukkan dari nilai R kuadrat (Widianto, 2012). Dari hasil uji menggunakan software SPPS Statistic 17.0. untuk kompos A + Urea didapatkan nilai sig sebesar 0.001 dan R2 sebesar 0.908, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan urea pada kompos A terhadap nilai BOD_5/COD kompos A dengan besarnya pengaruh sebesar 90.8%. Kemudian untuk kompos B + Urea didapatkan nilai sig sebesar 0.000 dan R2 sebesar 0.977, artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan urea pada kompos B terhadap nilai BOD_5/COD kompos B dengan besarnya pengaruh sebesar 97.7%. Dapat disimpulkan bahwa penambahan urea pada kompos A dan B berpengaruh signifikan terhadap peningkatan rasio BOD_5/COD pada masing-masing kompos dengan kata lain terjadi peningkatan biodegradabilitas kompos.

Dari data hasil uji biodegradabilitas terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai rasio BOD_5/COD dari kompos A maupun B sebelum ditambah urea dengan kompos A maupun B setelah ditambah urea. Hal ini dikarenakan urea dapat meningkatkan degradabilitas senyawa organik sehingga rasio BOD_5/COD suatu zat semakin tinggi. Semakin banyak urea yang ditambahkan semakin tinggi pula nilai rasio BOD_5/COD nya (Parast dkk, 2011 dan Mousavi dkk, 2013).

Analisis Penentuan Kompos Matang dan Stabil Berdasarkan Uji Toksisitas dan Biodegradabilitas

Pupuk organik dikatakan matang apabila tidak ada atau telah hilangnya senyawa fitotoksik pada pupuk organik (Bernal, 2009). Berdasarkan uji toksisitas akut, pupuk organik + urea dikatakan tidak toksik apabila nilai respon negatif maksimum 10% (EC10). Batasan EC10 dipertimbangkan sebagai batas maksimum konsentrasi zat tanpa efek (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009). Dari perhitungan didapatkan untuk kompos A + Urea matang pada konsentrasi 0.32% urea dengan batas atas berada pada konsentrasi 0.41% urea dan batas

bawah berada pada konsentrasi 0.25% urea, sedangkan untuk kompos B + Urea didapatkan matang pada konsentrasi 0.25% urea dengan batas atas berada pada konsentrasi 0.29% urea dan batas bawah berada pada konsentrasi 0.21% urea.

Berdasarkan uji indeks perkecambahan, nilai GI antara 60% - 80% menunjukkan hilangnya senyawa fitotoksin pada kompos (Zucconi dkk, 1981). Nilai ini tidak hanya sebagai indikasi hilangnya fitotoksitas pada kompos tetapi juga sebagai indikasi kematangan kompos (Selim dkk, 2012). Selain itu nilai GI lebih dari 100% menunjukkan kompos stabil (Cabañas-Vargas dkk, 2005). Dari data hasil uji indeks perkecambahan pada tabel 4.10 menunjukkan GI pada kompos A + Urea dan pada kompos B + Urea mencapai nilai diatas 80% pada konsentrasi yang sama yaitu konsentrasi 0.4% Urea. Hal ini berarti kompos + Urea matang atau tidak toksik pada konsentrasi penambahan urea 0.4% atau dibawahnya. Kemudian dilihat dari tabel 3 nilai GI diatas 100% pada kompos A + Urea tercapai pada konsenstrasi 0.4% Urea sedangkan pada kompos B + Urea tidak mencapai nilai GI diatas 100%. Hal ini menunjukkan bahwa kompos A + Urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.4% urea atau dibawahnya. Sedangkan kompos B + Urea tidak mencapai kriteria stabil. Kemudian berdasarkan uji biodegradabilitas, kompos dikatakan stabil secara mikrobiologis apabila nilai rasio $BOD_5/COD < 0.1$ (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009). Data hasil uji BOD_5/COD pada tabel 4 kompos A + urea stabil pada konsentrasi 0.4% urea, 0.32 % urea dan 0.25% urea sedangkan kompos B stabil pada konsentrasi 0.21% urea. Penurunan nilai rasio BOD_5/COD dimaksudkan untuk membuat kompos menjadi non-biodegradable, atau stabil dalam hal tidak ada proses penguraian bologis lebih lanjut. Saat DOM (sebagai rasio BOD_5/COD) menurun, terjadi penurunan emisi karbon dioksida, dan kompos dianggap telah selesai melewati proses stabilisasi (Mangkoediharjo, 2006).

Berikut pada tabel 2 disajikan data penentuan kompos matang dan stabil berdasarkan uji toksitas dan biodegradabilitas. Berdasarkan data tabel 2 disimpulkan bahwa kompos A + urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.4 % urea sedangkan kompos B + urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.21 % urea.

Analisis Karakteristik Kompos Diperkaya dengan Urea

Konsentrasi campuran kompos dan urea yang menghasilkan status matang dan stabil dari hasil uji toksitas dan biodegradabilitas kemudian dilakukan pengujian karakteristik kompos. Pengujian tersebut meliputi pengujian kadar air, pH, C-Organik, N total dan rasio C/N kompos. Hasil uji karakteristik kompos diperkaya dengan urea disajikan dalam tabel 3.

Tabel 2
Penentuan Kompos Matang dan Stabil Berdasarkan Uji Toksisitas dan Biodegradabilitas

Jenis Perlakuan	Uji Toksisitas		Uji Biodegradabilitas BOD_5/COD	Kesimpulan
	EC	GI		
Kompos A				
Kompos A + Urea 0.25%	Matang	Matang dan Stabil	Stabil	Matang dan Stabil
Kompos A + Urea 0.32%	Matang	Matang dan Stabil	Stabil	Matang dan Stabil
Kompos A + Urea 0.4%	Matang	Matang dan Stabil	Stabil	Matang dan Stabil
Kompos A + Urea 0.74%	Tidak Matang	Tidak Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil
Kompos A + Urea 1.05%	Tidak Matang	Tidak Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil
Kompos A + Urea 1.49%	Tidak Matang	Tidak Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil
Kompos B				
Kompos B + Urea 0.21%	Matang	Matang	Stabil	Matang dan Stabil
Kompos B + Urea 0.25%	Matang	Matang	Tidak Stabil	Matang tapi Tidak Stabil
Kompos B + Urea 0.29%	Matang	Matang	Tidak Stabil	Matang tapi Tidak Stabil
Kompos B + Urea 0.4%	Tidak Matang	Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil
Kompos B + Urea 0.51%	Tidak Matang	Tidak Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil
Kompos B + Urea 0.77%	Tidak Matang	Tidak Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil
Kompos B + Urea 1.17%	Tidak Matang	Tidak Matang	Tidak Stabil	Tidak Matang dan Tidak Stabil

Tabel 3
Karakteristik Kompos Diperkaya dengan Urea

Parameter	Satuan	Kompos A	Kompos B	Kompos A + Urea 0.4%	Kompos B + Urea 0.21%
Kadar Air	%	38.91%	42.56%	38.13%	42.51%
pH		8.06	9.23	8.7	9.5
Unsur Makro					
C-Organik	%	21.279	18.652	19.876	17.409
N total	%	1.329	1.804	1.512	1.950
Rasio C/N		16.010	10.342	13.142	8.929
P	%	0.454	0.211	0.344	0.208
Unsur Mikro					
Fe	%	0.063	0.509	0.097	1.069
Zn	%	10.667	9.825	0.83	0.92

Keterangan
Kompos A = Pupuk Organik Siap Pakai RPH (Rumah Potong Hewan)
Kompos B = Pupuk Organik Siap Pakai Sekawan

Dari tabel 3 terlihat bahwa terjadi peningkatan kandungan nitrogen pada kompos A dan kompos B setelah diperkaya dengan urea. Kompos A yang ditambahkan urea 0.4% mengandung nitrogen 0.2% lebih banyak dari kompos A tanpa penambahan urea yaitu sebesar 1.512% dari semula 1.329%. Sedangkan kompos B yang ditambahkan urea 0.2% mengandung nitrogen sebesar 1.950 % lebih banyak dari kompos B tanpa penambahan urea yaitu sebesar 1.804%. Hal ini dikarenakan urea yang ditambahkan memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi (46% N pada urea), sehingga menambah kandungan nitrogen pada kompos (Weiss, dkk, 2009). Selain itu pada tabel 4.14 pula terlihat bahwa terjadi penurunan rasio C/N pada kompos yang di perkaya urea dibandingkan dengan kompos tanpa urea. Rasio C/N kompos A yang diperkaya urea turun menjadi 13.142 dari semula 16.010. Sedangkan rasio C/N kompos B yang diperkaya urea turun menjadi 8.929 dari semula 10.342. Penurunan rasio C/N menunjukkan bahwa kompos menjadi lebih stabil atau mendekati rasio C/N tanah (Djuarnani dkk, 2005).

Sama halnya dengan kandungan N dan rasio C/N, pH pada kompos A dan kompos B yang ditambahkan urea juga mengalami perubahan. Terjadi kenaikan pH pada kompos A yang diperkaya urea dari semula 8.06 menjadi 8.7. Begitu pula kompos B terjadi kenaikan nilai pH kompos dari 9.23 menjadi

9.5. Hal ini terjadi akibat dari hidrolisis urea yang terjadi tidak lama setelah urea ditambahkan (Weiss dkk, 2009).

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Terjadi kenaikan nilai EC dari 0% menjadi 10% dan penurunan nilai GI dari 119.18% menjadi 105.41% pada kompos A sebelum dan sesudah ditambahkan urea pada konsentrasi 0.4% dan terjadi kenaikan nilai EC dari 0% menjadi 5% dan penurunan nilai GI dari 112.10% menjadi 80.06% pada kompos B sebelum dan sesudah ditambahkan urea pada konsentrasi 0.21%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan toksitas kompos dari sebelum dan sesudah ditambahkan urea. Selain itu terjadi kenaikan nilai rasio BOD5/COD dari 0.021 menjadi 0.099 pada kompos A sebelum dan sesudah ditambahkan urea pada konsentrasi 0.4% dan dari 0.078 menjadi 0.097 pada kompos B sebelum dan sesudah ditambahkan urea pada konsentrasi 0.21% yang menunjukkan bahwa terjadi peningkatan biodegradabilitas pada kompos sebelum dan sesudah ditambahkan dengan urea. Berdasarkan uji toksitas dan biodegradabilitas kompos A + urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.4 % urea sedangkan kompos B + urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.21 % urea.
2. Berdasarkan uji toksitas dan uji biodegradabilitas, kompos A + urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.4 % urea sedangkan kompos B + urea matang dan stabil pada konsentrasi 0.21 % urea

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Bapak Ganjar Samudro dan Bapak Ika Bagus Priambada selaku dosen pembimbing, dan Taufiq Edi Laksono selaku rekan dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamtey, N., Cofie, O., Ofosu-Budu, G. K., Danso, S.K.A., Forster, D., 2009. *Production and Storage of N-enriched Co-compost*. Waste Management 29, 2429–2436.
- Agarwal, V. K., James, B., 1996. *Principles of Seed Pathology*. CRC Press. Florida.
- Agassiz, 1998. *BC Agricultural Composting Handbook*. BC Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, Canada.
- Ahmad, R., Naveed, M., Aslam, M., Zahir, Z. A., Arshad, M., Jilani, G., 2008. *Economizing The Use of Nitrogen Fertilizer in Wheat Production Through Enriched Compost*.
- Renewable Agriculture and Food Systems: 23(3), 243–249.
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., Moral, R., 2009. *Bioresource Technology* 100, 5444–5453.
- Bremner, J.M., 1995. *Recent Research on Problems in The Use of Urea as A Nitrogen Fertilizer*. *Fertilizer Research* 42, 321-329
- Britto, D. T., Kronzucker, H. J., 2002. *NH4⁺ Toxicity in Higher Plants: A Critical Review*. *J. Plant Physiology* 159, 567–584.
- CABI, 2006. *The Encyclopedia of Seeds: Science Technology and Uses*. Wallingford. UK.
- CCQC. 2001. *Compost Maturity Index*. Nevada City, CA 95959.
- Chalk, P. M., Magalhaes, A. M. T., Inacio, C. T., 2013. *Towards an Understanding of The Dynamics of Compost N*. *Plant Soil* 362, 373–388.
- Ciavatta, C., Govi, M., Simoni, A., Sequi, P., 1993. *Evaluation of Heavy Metals During Stabilization of Organic Matter in Compost Produced with Municipal Solid Waste*. *Bioresource Technology* 43, 147-153.
- Djuarnani, N., Kristian, Setiawan, B. S., 2005. *Cara Cepat Membuat Kompos*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Emino, E. R. and P. R. Warman, 2004. *Biological Assay for Compost Quality*. Compost Science & Utilization, 12 (4), 342–348.
- Ghasemi, A., Zahediasl, S., 2012. *Normality Test for Statistical Analysis : A Guide for Non-Statisticians*. *Int J Endocrinol Metabolism*, 10(2), 486-489.
- Graves, R. E., Hattemer, G. M., Stettler, D., Krider, J. N. dan Dana, C., 2010. *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture
- Guilford, J.P., 1956. *Fundamental Statistics in Psychology and Education*. McGraw Hill. New York.
- Haden, V. R., Xiang, J., Peng, S., Ketterings, Q. M., Hobbs, P., Duxbury, J. M., 2011. *Ammonia Toxicity in Aerobic Rice: Use of Soil Properties to Predict Ammonia Volatilization Following Urea Application and The Adverse Effects on Germination*. European Journal of Soil Science.
- Indriani, Y. H., 2003. *Membuat Kompos Secara Kilat*. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- John, N. M., dan Udoinyang, U. C., 2007. *Performance of Amaranthus hybridus as Affected by Enrichment of Compost with Urea During Composting*. *Biological Science* 2(3), 229-231.
- Kosegarten, H., Crolig, F., Wienke, J., Wilson, G. & Hoffmann, B., 1997. *Differential Ammonia-Elicited Changes of Cytosolic Ph in Root Hair Cells of Rice And Maize as Monitored By 2',7'-Bis-(2-Carboxyethyl)-5 (And -6) -Carboxyfluorescein-Fluorescence Ratio*. dalam Haden, V. R., Xiang, J., Peng, S.,

- Ketterings, Q. M., Hobbs, P., Duxbury, J. M., 2011. *Ammonia Toxicity in Aerobic Rice: Use of Soil Properties to Predict Ammonia Volatilization Following Urea Application and The Adverse Effects on Germination*. European Journal of Soil Science.
- Mangkoedihardjo, S., 2006. *Revaluation of Maturity and Stability Indices for Compost*. J. Appl. Sci. Environ. Mgt. Vol. 10(3), 83 – 85.
- Mangkoedihardjo, S., dan Samudro, G., 2009. *Ekotoksikologi Teknosfer*. Guna Widya. Surabaya.
- Martins O., Dewes T., 1992. *Loss of Nitrogenous Compounds During Composting of Animal Wastes* dalam Chalk, P. M., Magalhaes, A. M. T., Inacio, C. T., 2013. *Towards an Understanding of The Dynamics of Compost N*. Plant Soil 362, 373–388.
- Murillo, J. M., Cabrera, F., Lopez, R., Martin-Olmedo, P., 1995. *Testing Low-Quality Urban Composts for Agriculture: Germination and Seedling Performance of Plants* dalam Adamtey, N., Cofie, O., Ofosu-Budu, G. K., Danso, S.K.A., Forster, D., 2009. *Production and Storage of N-enriched Co-compost*. Waste Management 29, 2429–2436.
- Parast, B. K., Nobar, R. S. D., Sis, N. M., Ghorbani, A., Azar, M. S., 2011. *Determination of Organic Matter Degradability of Urea Treated Canola Straw Using Nylon Bag Technique*. Journal of Animal and Veterinary Advance 10, 806-807.
- Peltier, W., 1978. *Methods For Measuring The Acute Toxicity of Effluents to Aquatic Organism*. EPA National Technical Information Service. Springfield, VA.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70 Tahun 2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati Dan Pembaharuan Tanah*. Sekretariat Kabinet RI. Jakarta.
- Purwono, Purnamawati, H., 2007. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Purwono, Hartono, R., 2008. *Kacang Hijau*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Selim, Sh. M., Zayed, M. S., Atta, H. M., 2012. *Evaluation of Phytotoxicity of Compost During Composting Process*. Nature and Science 10(2).
- Sugiyono, 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Jakarta
- Sulaeman, Suparto, Eviati, 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman dan Kompos*. Badan Penelitian Tanah, Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- Tang, J. C., Maie, N., Tada, Y., Katayama, A., 2006. *Characterization of The Maturing Process of Cattle Manure Compost*. dalam Selim, Sh. M., Zayed, M. S., Atta, H. M., 2012. *Evaluation of Phytotoxicity of Compost During Composting Process*. Nature and Science 10(2).
- Wei, Z., Zhang, X., Wei, Y., Wen, X., Shi, J., Wu, J., Zhao, Y., Xi, B., 2014. *Fractions and Biodegradability of Dissolved Organic Matter Derived from Different Composts*. Bioresource Technology 161, 179–185.
- Weiss, J., Bruulsema, T., Hunter, M., Czymbek, K., Lawrence, J., Ketterings, Q., 2009. *Nitrogen Fertilizers for Field Crops*. Agronomy Fact Sheet Series. Cornell University Cooperative Extension.
- Widianto, Joko. 2012. *SPSS for Windows*. Badan Penerbit FKIP Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Wilson, G.H., Grolig, F. & Kosegarten, H. 1998. *Differential Ph Restoration After Ammonia-Elicited Vacuolar Alkalisation in Rice and Maize Root Hairs as Measured By Fluorescence Ratio*. dalam Haden, V. R., Xiang, J., Peng, S., Ketterings, Q. M., Hobbs, P., Duxbury, J. M., 2011. *Ammonia Toxicity in Aerobic Rice: Use of Soil Properties to Predict Ammonia Volatilization Following Urea Application and The Adverse Effects on Germination*. European Journal of Soil Science.
- Wu, L., Ma, L. Q., Martinez, G. A., 2000. *Comparison of Methods for Evaluating Stability and Maturity of Biosolids Compost*. Journal of Environmental Quality, Volume 29, No.2
- Zucconi, F., and M. de Bertoldi, 1987. *Compost Specification for The Production and Characterization of Compost from Municipal Solid Waste*. dalam Selim, Sh. M., Zayed, M. S., Atta, H. M., 2012. *Evaluation of Phytotoxicity of Compost During Composting Process*. Nature and Science 10(2).
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., and de Bertoldi, M., 1981. *Evaluating Toxicity of Immature Compost*. BioCycle, 22 (4), 54-57.