

POTENSI DAN PEMANFAATAN LIMBAH SUSU BUBUK UNTUK FORTIFIKASI KOMPOS PADA PERTANIAN SAYUR ORGANIK

Fortified Compost with Powder Milk Waste for Vegetable Organic Farming

Suselo Harjo^a, Akhmad A. Amin^b, Syaiful Anwar^b

^a Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 — suselo.harjo2@gmail.com

^b Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. Composting can be used as one of the alternatives solution to managing solid waste. The purposes of this research are (1) Knowing the initial description of the potential milk powder and waste management through surveys (2) Knowing the influence of the concentration of Waste Water Treatment Process (WWTP) sludge as waste decomposers and fortification dose of milk powder. Indicators used are compost quality, yield and growth of leafy vegetables and improvement of soil fertility. This research used 2 factors and 3 replications. Factor A: WWTP sludge concentrations (0%, 10% and 20%) and Factor B: dose fortification of milk wastes powder (0%, 10%, 20% and 30%). Complete factorial designs were used as a tools in this research. The survey shows that the average distributor waste is 2,35% per month. Waste management of milk powder solid waste usually done by burn it with diesel fuel or gasoline. In the industries 68,7% of waste are damaged waste that burn in incinerator. In the quality of compost show that interaction between A and B have highly significant effect in total of N. The result of fortified compost has met quality standards microbe well as heavy metals. The application of fortified compost was increase soil labile C organic. Factor B have significant effect in the width of leaves and yield of vegetable. In the soil fertility show that the interaction between A and B have significant effect in total of N and K₂O. The best combination in this research is A3B4 (20 % WWTP sludge and dosage fortification solid waste 30% dry basis).

Keywords: solid waste management, compost, fortified compost, leafy vegetable, soil fertility

(Diterima: 12-05-2014; Disetujui: 06-12-2014)

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Industri susu bubuk merupakan industri yang terus berkembang. Asosiasi Industri Pengolah Susu (AIPS) memproyeksikan tahun 2012 industri pengolahan bahan baku susu sapi bisa tumbuh antara 6,8 % - 7 %. Produksi susu bubuk nasional masih rendah dan sangat tergantung dari produk impor (Tabel 1). Salah satu dampak dari industri adalah keberadaan limbah. Pengelolaan limbah merupakan kegiatan penting dalam industri susu bubuk.

Susu bubuk memiliki kandungan gizi sebagai berikut : protein (min 23%), lemak (1,5 % - 26,0 %), P, K dan unsur lainnya serta aman dari mikroba pathogen yaitu *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella* (SNI 2006). Limbah yang terjadi bisa berbentuk padatan dari pemisahan lumpur, dan dari filter selama proses penyaringan. Limbah juga timbul akibat proses distribusi produk. Limbah padat organik ini kaya akan nitrogen, phosphorus (P), potassium (K) dan nutrisi lain yang dapat dimanfaatkan sebagai soil additive (Prasad *et al.* 2004).

Tabel 1. Produksi susu nasional dan impor susu tahun 2009-2012

Tahun	Produksi Nasional			Impor			Total	
	Susu Segar (x 1000 l) ^a	Susu Bubuk (ton) ^b	Nilai (juta Rp) ^a	Susu bubuk (ton) ^c	Nilai ^d (juta Rp)	Tonase	Nilai (juta Rp)	
2009	19.210,49	2.497,36	59.535,43	64.887,77	3.257.950	67.385,13	3.317.485,43	
2010	16.240,95	2.111,32	48.798,93	92.808,06	4.659.800	94.919,39	4.708.598,93	
2011	36.460,64	4.739,88	125.499,89	101.282,64	5.085.300	106.022,52	5.210.799,89	
2012	38.421,82	4.994,84	242.517,01	98.259,28	4.933.500	103.254,11	5.176.017,01	

Keterangan :

^a BPS (2014)

^b Diolah berdasarkan data kandungan air susu segar = 87%

^c Harga Non Fat Dry Milk = USD 4.366/ton (FAO, 2013)

^d Kemendag RI (2014) dengan konversi 1 USD = Rp 11.500

National Organic Standards Board (2002) mendefinisikan kompos sebagai bahan organik berasal dari tanaman atau hewan yang diolah dengan dekomposisi aerobik dan peningkatan suhu untuk memperbaiki sifat fisik, kandungan nutrisi yang bisa memperbaiki tanah serta meminimalkan organisme yang merugikan (pathogen). Menurut Wilkinson *et al.* (2011) pada konsentrasi *sludge* (kandungan padatan 10-15%) limbah produksi susu sebesar 25 % (berat) dan lama pengomposan 21 hari serta menggunakan reaktor eksperimental diperoleh kompos tanpa efek yang merugikan ditinjau dari bau yang ditimbulkan dan VOC (*Volatile Organic Compound*) yang dihasilkan. Faktor penting yang harus diperhatikan adalah aerasi yang baik untuk meminimalkan bau tak sedap dan kehilangan nutrisi.

Menurut Setyorini *et al.* (2006) kompos berfungsi dalam hal (1) memperbaiki kualitas kesuburan fisik yaitu kompos memperbaiki struktur tanah (2) memperbaiki kualitas kesuburan kimia tanah karena kompos merupakan sumber hara makro dan mikrominerale. Selain itu kompos juga mengandung humus yang sangat dibutuhkan untuk meningkatkan hara makro dan mikro tanah dan (3) memperbaiki kualitas kesuburan biologi tanah. Kompos banyak mengandung mikroorganisme (fungi, aktinomisetes, bakteri dan alga). Kandungan hara kompos bisa diperkaya melalui pengayaan kompos. Jenis-jenis pengkayaan meliputi pengapuran, pengkayaan dengan fosfor, pengkayaan dengan kalium, pengkayaan dengan nitrogen dan pengkayaan dengan mikroba. Beberapa bahan yang bisa digunakan antara lain penambahan tepung tulang, fosfat alam, kapur, darah kering dan pengayaan mikroba.

Kompos memiliki peranan sangat penting dalam pertanian organik. Nutrisi tanaman ditambahkan ke tanah dalam bentuk material organik (pupuk kandang, kompos, sisa-sisa tanaman dan legume) atau dalam bentuk sumber bahan slow release (misal: phosphate alam). Konsekuensinya, dalam pertanian organik terjadi proses kimiawi dan biologi di tanah agar dihasilkan nutrisi yang bisa dikonsumsi oleh tanaman (Stockdale & Watson 2005).

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Diketahuinya gambaran awal mengenai potensi limbah susu bubuk dan menjemien pengelolaannya melalui survey, (2) Diketahuinya pengaruh konsentrasi *sludge* cair dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai dekomposer dan konsentrasi fortifikasi limbah susu bubuk dalam proses pengomposan terhadap kualitas kompos yang dihasilkan, pertumbuhan dan hasil panen sayuran serta peningkatan kesuburan tanah.

2. Metodologi

Survey potensi dan pengelolaan limbah padat susu bubuk dilakukan terhadap industri susu bubuk di

Bogor dan distributor produk susu bubuk di daerah jabotabek. Survey dilakukan dengan menyebarluaskan kuisioner. Informasi yang ingin didapatkan dari kuisioner ini adalah persentase jumlah limbah yang dihasilkan, asal limbah, bagaimana cara pengelolaan limbah tersebut dan beberapa informasi lainnya.

Data awal yang diamati adalah kondisi tanah di lokasi percobaan yang meliputi kadar C organik total (%), kadar N total (%), C/N rasio, kadar P₂O₅ (%), kadar K₂O (%), kadar Ca (cmol/kg), kadar Mg (cmol/kg), kadar Na (cmol/kg) dan KTK. Juga dilakukan pengamatan kondisi sampah kebun yang meliputi kadar air (%), kadar C organik total (%), kadar N total dan nilai C/N.

Sampah kebun berupa rerumputan dan daun-daun diperkaya dengan penambahan limbah susu bubuk. Sludge cair Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dicoba sebagai dekomposer. Limbah susu bubuk yang digunakan berupa susu bubuk bongkaran sisa kembalian agen dan susu yang tercecer dari produksi. Sludge cair berupa air lumpur dari IPAL setelah proses aerobik. Keduanya didapatkan dari sebuah pabrik produsen susu bubuk yang berlokasi di Kota Bogor. Faktor yang hendak diuji adalah faktor A yaitu konsentrasi *sludge* IPAL 3 taraf (0%, 10% dan 20%) dan faktor B yaitu dosis fortifikasi limbah susu bubuk 4 taraf (0%, 10%, 20% dan 30%).

Rancangan percobaan yang dipergunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial 2 faktor 3 kali ulangan (Mattjik & Sumertajaya 2006). Analisis statistik menggunakan analisis sidik ragam (*Anova*) dan analisis lanjutan menggunakan uji beda nilai tengah (*Tukey*). Ringkasan percobaan disajikan pada Tabel 2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Survey Limbah Susu Bubuk

Rata-rata jumlah limbah per bulan yang dihasilkan dari 8 distributor di daerah Jabotabek sebesar 2,35% dari jumlah total produk yang didistribusikan. Penyebab terbesar dari timbulnya limbah ini (97,1%) berasal dari balikan toko (*produk return*). Jumlah limbah masih tergolong besar. Komunikasi dan arus data yang baik antara toko dan distributor perlu ditingkatkan agar bisa memprediksi penjualan dan menangani order lebih baik. Toko dan distributor perlu memperbaiki penanganan barang dengan melaksanakan kaidah *FIFO* (*first in first out*), memperbaiki sistem penyimpanan yaitu mekanisme identifikasi persediaan, proses bongkar muat, kebersihan dan penanganan hama gudang.

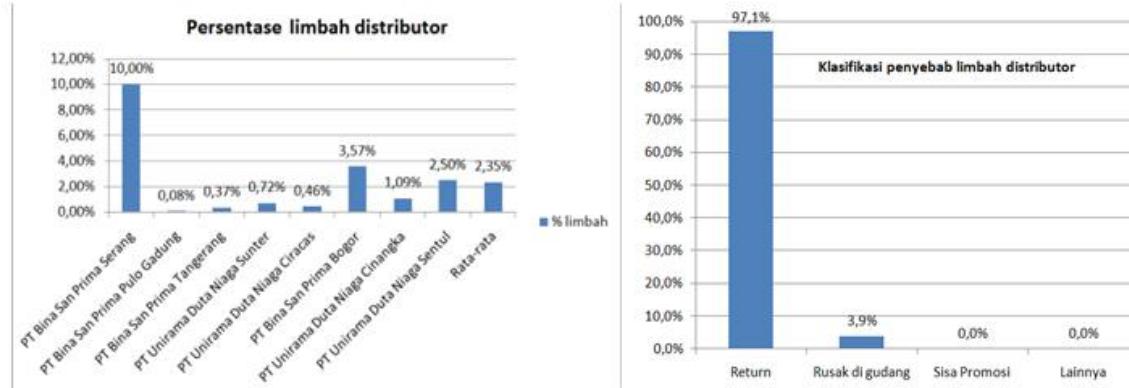
Semua limbah yang timbul di distributor dikelola dengan pembakaran biasa menggunakan bahan bakar solar atau bensin. Limbah yang dibakar dengan cara ini tentu kurang sempurna karena menyebabkan emisi CO, NOx dan SOx yang tidak ramah lingkungan (US EPA 2014). Prasad *et al.* (2004) menyatakan bahwa

persentase limbah padat organik yang dihasilkan pada industri susu adalah 3,1%.

Tabel 2. Ringkasan percobaan fortifikasi kompos limbah kebun dengan limbah susu bubuk dan menggunakan *sludge* cair (IPAL) sebagai dekomposer

Perlakuan	Taraf		Parameter Pengamatan		
			Uji Coba terhadap Sayur Pakchoi		Kesuburan Tanah
	A*	B*	No	Pengamatan pada seluruh contoh percobaan (36 unit contoh)	
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	1	Kadar C organik total (%)	1	Kadar C Organik aktif (mg/kg)
	10%	2	Kadar N total (%)	2	Kadar C organik total (%)
	20%	3	C/N rasio	3	Kadar N total (%)
Dosis Fortifikasi Limbah Susu Bubuk (B)	0%	4	Kadar P ₂ O ₅ (%)	4	Kadar P ₂ O ₅ (%)
	10%	5	Kadar K ₂ O (%)		5 Kadar K ₂ O (%)
	20%	6	Kadar mikroba pathogen	Keterangan	6 Kadar Ca (cmol/kg)
	30%	7	<i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella sp.</i>	Terdiri dari 36 petak tanam (1 m x 5 m)	7 Kadar Mg (cmol/kg)
Interaksi perlakuan A X B	0% 10% 20%	(1) Pb (2) Cd (3) As (4) Hg (5) La (6) Ce		Jarak tanam 10 cm	8 Kadar K (cmol/kg)
	30%	8	Bahan ikutannya		9 Kadar Na (cmol/kg)
					10 KTK (cmol/kg)

Keterangan: A* = % (v/v); B* = % berat kering



Gambar 1. Presentase besar limbah serta penyebab terjadinya limbah susu bubuk distributor

Tabel 3. Hasil survey limbah susu bubuk industri

Tahun	Jumlah Total (kg)	Karyawan		Dimusnakan (incenerasi)		Biaya Incenerasi (Rp x 1000)
		Kg	%	Kg	%	
2011	4.247,0	237,7	5,6%	4.009,3	94,4%	8.018,7
2012	3.529,5	596,0	16,9%	2.783,0	78,8%	5.565,9
2013	9.892,5	6.634,5	67,1%	3.258,0	32,9%	6.516,0
Rata-rata	5.889,7	2.489,4	29,8%	3.350,1	68,7%	6.700,2

Keterangan : biaya incenerasi = Rp 2000/kg (PPLI. 2013)

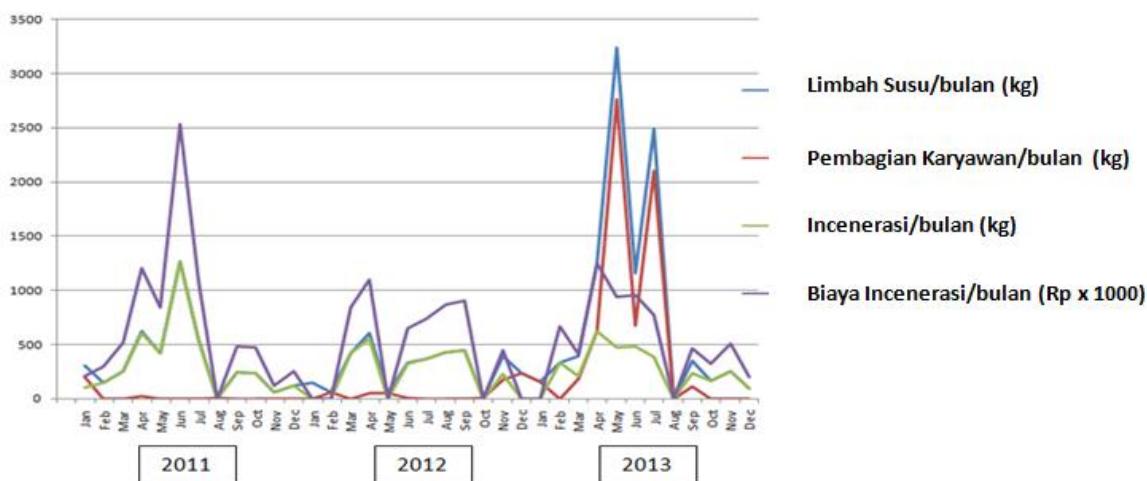
Hasil survei limbah susu bubuk industri (Tabel 3) menunjukkan bahwa sebagian besar produk return distributor (68,7%) tidak layak konsumsi dan dimusnahkan dengan pembakaran menggunakan insenerator. Pembakaran dengan insenerator ini lebih sempurna karena berlangsung pada suhu tinggi (800

°C – 1000 °C) sehingga mencegah emisi yang tidak diinginkan. Pemusnahan dengan insenerator cukup memakan biaya karena menggunakan bahan bakar gas alam dan membayar petugas khusus.

Limbah susu bubuk yang masih layak konsumsi (diatas 3 bulan dari tanggal kadaluarsa) jumlahnya

bervariasi tergantung kasus yang dihadapi. Limbah ini dikelola dengan cara pembagian ke karyawan untuk dikonsumsi. Distributor dan pabrik perlu memikirkan pengelolaan yang masih bisa mengambil manfaat berupa nutrisi dari limbah susu bubuk tersebut. Menurut EPA (1997) limbah padat organik sedapat mungkin harus di *reuse* dan *recycle* termasuk dengan

pengomposan. Alternatif pengelolaan yang digali dalam penelitian ini adalah pemanfaatan limbah susu bubuk untuk fortifikasi kompos yang berasal dari limbah dedaunan kebun. Perkiraan jumlah limbah padat susu bubuk secara nasional yang disajikan pada Tabel 4.



Gambar 2. Hasil survei pengelolaan limbah susu bubuk di industri susu tahun 2011–2013

Tabel 4. Produksi susu bubuk nasional, perkiraan volume limbah dan perkiraan biaya pemusnahannya

No	Tahun	Total Produksi Nasional (ton) ^a	Limbah (ton) ^b	Biaya Pemusnahan Pihak II (Rp) ^c	Keterangan
1	2009	67.385,13	1.583,55	3.167.101.243	Hasil survei rata-rata limbah = 2,35
2	2010	94.919,39	2.230,61	4.461.211.133	% Biaya pemusnahan = Rp
3	2011	106.022,52	2.491,53	4.983.058.523	2000/kg berdasarkan penawaran
4	2012	103.254,11	2.426,47	4.852.943.303	PPLI ^d Bulan Maret 2013

^aDiolah dari BPS (2014) dan Kemendag RI (2014)

^b Diolah dari hasil survei limbah distributor dan total produksi nasional

^c Diolah dari jumlah limbah (ton) dan biaya pemusnahan menurut PPLI (2013)

^dPPLI = Prasadha Pamunah Limbah Industri – Kabupaten Bogor

3.2. Penelitian Awal

Studi awal terhadap limbah kebun (rumput dan daun) menunjukkan bahwa kadar C organik total yang tinggi serta kadar N total yang rendah (Tabel 5.)

Tanah di lokasi penelitian (Desa Sentul, Kabupaten Bogor) merupakan tanah yang kurang subur ($pH = 5,3$, C organik total = 1,83%, N total 0,13%, $P_2O_5 = 3,5$ ppm, $K_2O = 10$ mg/100 g dan nikai KTK =11) jika dibandingkan dengan kriteria tanah Hardjowigeno (1995).

3.3. Kualitas Kompos

Sludge IPAL dan dosis fortifikasi limbah susu bubuk berpengaruh terhadap kualitas kompos (Tabel 6). Faktor A berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan N total (%) dan berpengaruh nyata

terhadap kandungan C organik total (%) dan kandungan K_2O (%). Faktor B berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan N total (%), P_2O_5 (%) dan K_2O (%). Faktor B berpengaruh nyata terhadap kandungan C organik total.

Tabel 4. Hasil pengukuran C organik dan Total N green waste untuk bahan baku kompos

Kadar Air (%)	C-Organik (%)	Nitrogen (%)			C/N
		Organik (%)	NH ₄ (%)	NO ₃ (%)	
34,95	32,2	0,87	0,08	0,03	0,98

Interaksi A dan B berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan N total (%) dari kompos. Prasad *et al.* (2004) menyatakan bahwa sludge kaya bakteri (proporsi terbesar), protozoa, alga dan fungi. Sludge cair IPAL dari industri susu ini mengandung mikroba

pengurai yang cocok untuk menyempurnakan proses dekomposisi kompos yang mengandung limbah susu bubuk yang kaya akan unsur nitrogen, fosfat dan kalium. Protein dan komponen lain dalam susu bubuk akan terurai menjadi komponen yang lebih sederhana yaitu N, P, K dan unsur lainnya (Prasad *et al.* 2004). Interaksi faktor A dan B lebih berperan nyata dalam hal mendekomposisi protein susu bubuk. Hal ini terlihat dengan nilai N total (%) kompos yang lebih tinggi.

Kompos hasil percobaan dengan kombinasi perlakuan A3 (konsentrasi sludge 20%) dan B3 (konsentrasi sludge 30%) masih aman dari *Escherichia coli* dan *Salmonella sp.*

Miller (2003) menyatakan bahwa suhu pengomposan yang tinggi sebesar 55 °C selama 2 minggu pengomposan bisa membunuh mikroba pathogen. UNEP (2000) menyatakan bahwa logam berat dan bahan kimia beracun sulit dipisahkan dari sludge dan akan mempengaruhi kualitas kompos.

3.4. Uji Coba pada Sayur Pakchoi (*Brasica rapa L*)

Pengujian kualitas kompos terhadap sayur pakchoi (*Brasica rapa L*) menunjukkan bahwa faktor A

tidak berpengaruh nyata terhadap lebar daun, tinggi tanaman, panen kotor dan panen bersih.

Faktor B berpengaruh nyata terhadap lebar daun dan panen kotor sayur pakchoi. Uji lanjutan Tukey menunjukkan bahwa B4 menghasilkan lebar daun dan panen kotor tertinggi. Limbah susu yang terdekomposisi merupakan sumber nitrogen tanaman. Munawar (2011) menyatakan bahwa nitrogen berperan penting dalam pembentukan protein tanaman yang salah satu fungsinya adalah sebagai penyusun klorofil daun. Kekurangan N akan menyebabkan daun tanaman mengelil, pucat dan kekuningan.

Interaksi faktor A dan B tidak berpengaruh nyata terhadap lebar daun, tinggi tanaman, panen kotor dan panen bersih.

Limbah susu bubuk yang terdekomposisi akan terurai menjadi unsur penyedia N, P dan K yang dapat meningkatkan lebar daun dan hasil panen kotor sayur pakchoi. Hasil uji coba pada sayur pakchoi (*Brasica rapa L*) disajikan pada Tabel 9.

Tabel 6. Pengaruh konsentrasi sludge ipal dan dosis fortifikasi limbah susu bubuk terhadap kualitas hasil kompos

Perlakuan	Tarat	Indikator Kualitas Kompos					
		C organik (%)	N total (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	10,50 B	1,00 B	11,80 A	0,40 A	0,40 B	
	10%	14,80 AB	1,30 B	11,70 A	0,40 A	0,40 AB	
	20%	15,90 A	1,90 A	9,40 A	0,50 A	0,50 A	
Respon	*	**	tn	tn		*	
	L	L	L	L		L	
Dosis Fortifikasi Limbah Susu Bubuk (B)	0%	11,20 B	1,00 B	12,60 A	0,20 D	0,30 C	
	10%	12,20 AB	1,20 B	12,40 A	0,30 C	0,40 BC	
	20%	13,80 AB	1,60 AB	9,60 A	0,40 B	0,40 B	
	30%	17,70 A	1,90 AB	9,30 A	0,80 A	0,70 A	
Respon	*	**	tn	**	**		
	L	L	L	L	L		
Perlakuan A dan Perlakuan B	A	B					
			0%	9,80 A	0,80 C	15,08 A	0,10 G
			10%	9,10 A	0,70 C	14,01 A	0,20 EFG
			20%	9,50 A	1,00 BC	9,54 A	0,40 CDE
			30%	13,50 A	1,60 ABC	8,57 A	0,80 A
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B			0%	9,40 A	0,90 C	10,83 A	0,20 FG
			10%	16,20 A	1,30 BC	13,26 A	0,30 CDEFG
			20%	11,80 A	0,90 BC	13,25 A	0,50 BCD
			30%	21,80 A	2,30 AB	9,64 A	0,70 AB
			0%	14,30 A	1,30 BC	11,92 A	0,20 DEFG
Respon			10%	16,00 A	1,70 ABC	9,99 A	0,30 CDEF
			20%	15,50 A	3,00 A	6,11 A	0,50 ABC
			30%	17,60 A	1,70 ABC	9,71 A	0,80 AB
			tn	**	tn	tn	
			L	L	L	L	

Keterangan: tn = Tidak nyata pada taraf uji 5%, ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%, * = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 5%, L = Uji regresi berpengaruh secara linier

Tabel 7. Hasil pengamatan terhadap mikroba pathogen pada sampel kompos dengan perlakuan A3 (20%) dan B4 (30%)

No	Kode Sampel	Parameter Mikroba Kontaminan				Satuan	
		Escherichia coli		Salmonella sp			
		Baku Mutu	Hasil Analisis Sampel	Baku Mutu	Hasil Analisis Sampel		
1	A3B4R1	< 10 ²	36	< 10 ²	< 30	MPN/g	
2	A3B4R2	< 10 ²	< 30	< 10 ²	92	MPN/g	
3	A3B4R3	< 10 ²	< 30	< 10 ²	< 30	MPN/g	

Baku Mutu sesuai Permentan No 70/Permentan/SR.140/10/2011

Tabel 8. Rata-rata hasil analisis logam berat pada seluruh sampel kompos

No	Sampel	Senyawa	Rata-rata	Standar Mutu	Satuan
			hasil pengukuran		
1		Pb	td	maksimum 150,0	ppm
2		Cd	1,3	maksimum 3,0	ppm
3		As	0,3	maksimum 13,0	ppm
4	Semua sampel	Hg	td	maksimum 0,8	ppm
5		La	0	-	ppm
6		Ce	0	maksimum 2,0	ppm
7	Bahan ikutan lainnya		0	-	%

Keterangan : td = tidak terdeteksi ; standar mutu sesuai dengan SNI : 19:7030
- 2004Tabel 9. Pengaruh konsentrasi sludge IPAL dan dosis fortifikasi limbah susu bubuk terhadap pertumbuhan dan hasil panen sayur pakchoy (*Brasica rapa L*)

Perlakuan	Taraf	Indikator Pertumbuhan Tanaman					
		Lebar Daun (cm)		Tinggi (cm)		Panen Kotor (kg/m ²)	
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	10,70	A	26,80	A	14,70	A
	10%	10,60	A	26,50	A	14,70	A
	20%	11,00	A	27,40	A	17,00	A
Respon		tn		tn		tn	
Dosis Fortifikasi Limbah Susu Bubuk (B)	0%	10,00	B	25,70	A	12,50	B
10%	10,90	AB		27,60	A	16,10	AB
20%	10,40	AB		26,40	A	14,80	AB
30%	11,80	A		27,80	A	18,40	A
Respon		*		tn		*	
Perlakuan							
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	A	0%	10,00	A	27,50	A	11,40
		10%	10,60	A	26,90	A	14,50
		20%	10,10	A	26,60	A	14,00
		30%	11,90	A	26,20	A	13,40
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B		0%	10,00	A	27,90	A	10,10
		10%	10,70	A	27,30	A	16,20
		20%	10,30	A	26,20	A	13,50
		30%	11,60	A	24,60	A	12,10
		0%	9,90	A	29,00	A	9,50
Respon		10%	11,40	A	28,00	A	18,20
		20%	10,90	A	27,00	A	17,50
		30%	11,90	A	24,90	A	11,10
		tn		tn		tn	

Keterangan: tn = Tidak nyata pada taraf uji 5%, ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%, * = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 5%

3.5. Pengaruh terhadap Kesuburan Tanah

Kandungan Kandungan C organik aktif tanah awal dan C organik tanah setelah panen sayur pakchoi berbeda sangat nyata. Aplikasi kompos yang

difortifikasi meningkatkan kandungan C organik aktif tanah sebesar 157.4 mg/kg. Hal ini mengindikasikan peningkatan kualitas kesuburan tanah dalam jangka pendek.

Tabel 10. Pengaruh konsentrasi sludge ipal dan dosis fortifikasi limbah susu bubuk terhadap kandungan C-organik aktif, C organik total, N, P dan K tanah setelah panen sayur pakchoi

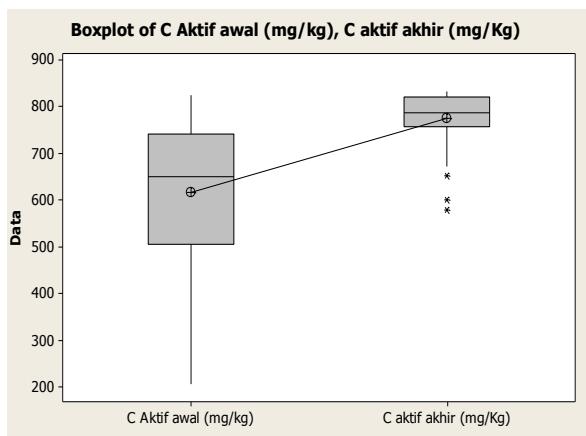
Perlakuan	Tarat	Indikator Kesuburan Tanah Makro							
		C organik aktif (%)	C organik total (%)	N total (%)	P ₂ O ₅ (mg/100gr)	K ₂ O (mg/100 gr)			
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	223,50	A 1,70	B 0,20	A	21,40	A	32,70	A
	10%	196,90	A 1,70	B 0,10	B	18,70	B	34,30	A
	20%	189,70	A 1,90	A 0,20	A	26,20	A	42,80	A
Respon		tn	**	**	*			tn	
Dosis	0%	175,80	A 1,80	A 0,20	AB	16,60	B	19,10	C
Fortifikasi	10%	266,50	A 1,80	A 0,20	A	22,80	A	33,80	BC
Limbah Susu Bubuk (B)	20%	167,40	A 1,70	A 0,10	B	22,30	A	38,60	AB
	30%	203,70	A 1,80	A 0,20	AB	26,70	A	55,00	A
Respon		tn	tn	*	*			**	
Perlakuan	A B								
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	149,50	A 1,70	A 0,20	A	15,30	A	16,00	CD
	10%	321,80	A 1,70	A 0,20	A	22,70	A	21,00	BCD
	20%	127,70	A 1,60	A 0,20	AB	20,30	A	25,70	ABCD
	30%	295,00	A 1,90	A 0,20	AB	27,30	A	68,30	A
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	143,20	A 1,60	A 0,20	AB	10,70	A	14,30	D
	10%	263,80	A 1,60	A 0,20	AB	15,00	A	30,00	ABCD
	20%	322,10	A 1,60	A 0,20	AB	17,70	A	31,30	ABCD
	30%	58,40	A 1,80	A 0,10	AB	31,30	A	61,70	AB
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	234,60	A 1,90	A 0,10	AB	23,70	A	27,00	ABCD
	10%	213,80	A 2,00	A 0,10	AB	30,70	A	50,30	ABCD
	20%	52,50	A 1,80	A 0,10	AB	29,00	A	58,70	AB
	30%	257,70	A 1,80	A 0,10	B	21,30	A	35,00	ABCD
Respon		tn	tn	*	tn			*	

Keterangan: tn = Tidak nyata pada taraf uji 5%, ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%, * = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 5%

Tabel 11. Pengaruh konsentrasi sludge ipal dan dosis fortifikasi limbah susu bubuk terhadap kesuburan tanah setelah panen sayur Pakchoy terhadap Ca, Mg, K, Na dan KTK tanah

Perlakuan	Tarat	Indikator Kesuburan Tanah Mikro					
		Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	KTK (Cmol/kg)	
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	9,92	A 1,41	A 0,36	A 0,12	A 8,85	A
	10%	9,10	A 1,37	A 0,30	A 0,15	A 9,47	AB
	20%	10,84	A 1,34	A 0,41	A 0,12	A 10,04	B
Respon		tn	tn	tn	tn	*	
Dosis Fortifikasi Limbah Susu Bubuk (B)	0%	8,71	A 1,38	A 0,26	A 0,11	A 9,03	A
	10%	10,52	A 1,44	A 0,35	A 0,11	A 9,28	A
	20%	10,99	A 1,39	A 0,37	A 0,13	A 9,69	A
	30%	9,59	A 1,29	A 0,43	A 0,18	A 9,82	A
Respon		tn	tn	tn	tn	tn	
Perlakuan	A B						
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	8,17	A 1,36	A 0,23	A 0,11	A 8,45	A
	10%	8,04	A 1,49	A 0,36	A 0,08	A 8,63	A
	20%	10,42	A 1,35	A 0,33	A 0,14	A 8,81	A
	30%	13,04	A 1,45	A 0,46	A 0,16	A 9,52	A
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	8,20	A 1,35	A 0,15	A 0,12	A 8,86	A
	10%	10,25	A 1,39	A 0,23	A 0,15	A 9,07	A
	20%	10,01	A 1,47	A 0,30	A 0,11	A 9,88	A
	30%	7,92	A 1,27	A 0,52	A 0,20	A 10,07	A
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	9,78	A 1,43	A 0,39	A 0,10	A 9,78	A
	10%	13,26	A 1,44	A 0,47	A 0,10	A 10,15	A
	20%	12,53	A 1,34	A 0,47	A 0,13	A 10,37	A
	30%	7,79	A 1,16	A 0,30	A 0,17	A 9,88	A
Respon		tn	tn	tn	tn	tn	

Keterangan: tn = Tidak nyata pada taraf uji 5%, ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%, * = Berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 5%



Gambar 3. Boxplot perbandingan kadar C-aktif tanah awal dan tanah akhir setelah panen sayur pakchoi

Uji kualitas kompos terhadap unsur hara primer tanah setelah panen sayur pakchoi (Tabel 10.).

Faktor A berpengaruh nyata terhadap kandungan C organik total (%), dan P₂O₅ (%) serta berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan N total (%). Faktor B berpengaruh nyata terhadap kandungan N total (%) dan P₂O₅ (%) serta pembengaru sangat nyata terhadap kandungan K₂O (%). Interaksi faktor A dan B berpengaruh nyata terhadap kandungan N total (%) dan K₂O (%).

Uji kualitas kompos terhadap kandungan hara sekunder tanah setelah panen sayur pakchoi menunjukkan bahwa keseluruhan perlakuan baik faktor A, B maupun interaksi faktor A dan B tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan hara sekunder tanah (Tabel 11)

Kombinasi perlakuan terbaik dari keseluruhan percobaan di atas adalah A3B4 yaitu kompos menggunakan sludge ipal konsentrasi 20% (v/v) dan limbah susu bubuk dengan dosis 30%. (w/w) basis kering.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Tingginya produk balikan toko (*return product*) di distributor mengindikasikan masih perlunya perbaikan mekanisme distribusi dan penanganan produk. Incinerasi limbah di industri relative lebih baik dibandingkan dengan pembakaran biasa di distributor.
2. Limbah susu bubuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan pemeriksa kompos, sedangkan sludge ipal bisa dimanfaatkan sebagai dekomposer. Kompos yang dihasilkan: (1) Memiliki kualitas kompos yang lebih baik yaitu kandungan C organik total, N total (%), P₂O₅ (%) dan K₂O (%) yang lebih tinggi. (2) Memenuhi baku mutu mikroba pathogen dan logam berat. (3) Pada uji coba dengan sayur pakchoi menghasilkan bobot panen kotor yang lebih tinggi serta daun yang lebih lebar. (3) Meningkatkan kesuburan tanah setelah panen

sayur pakchoi dalam hal peningkatan kadar N total tanah (%), P₂O₅ (%) dan K₂O (%) tanah serta berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan C organik aktif tanah. Kombinasi perlakuan yang terbaik dalam penelitian ini adalah A3B4 yaitu kompos menggunakan sludge ipal konsentrasi 20% (v/v) dan limbah susu bubuk dengan dosis 30%. (w/w) basis kering.

4.2. Saran

1. Baik distributor maupun industri perlu mencari berbagai alternatif pemanfaatan limbah kompos yang lebih ramah lingkungan.
2. Perlu penelitian bahan-bahan limbah organik yang lain sebagai bahan fortifikasi kompos.
3. Kompos yang terfortifikasi perlu dicoba pada berbagai jenis tanaman baik sayuran maupun tanaman keras.
4. Perlu penelitian untuk melihat efek jangka panjang dari aplikasi kompos yang difortifikasi terhadap kesuburan tanah.
5. Perlu penelitian jangka panjang terhadap besaran dosis pemupukan karena adanya residu kompos setelah panen yang bisa mengurangi dosis pemupukan periode tanam berikutnya.

Daftar Pustaka

- [1] [AIPS] Asosiasi Industri Pengolah Susu, 2012. Industri Pengolahan Susu Berpotensi Tumbuh 7 Persen. Metrov News Online. [Terhubung berkala] <http://www.metrovnews.com/read/News/2012/02/24/82962/Industri-Pengolah-Susu-Berpotensi-Tumbuh-7-Persen/2> [19 Nopember 2012].
- [2] [BPS] Biro Pusat Statistik, 2014. Produksi Susu Perusahaan Sapi Perah Tahun 2000 – 2012. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- [3] [BSN] Badan Standarisasi Nasional, 2004. Standar Kualitas Kompos. SNI 19-7030-2004. BSN, Jakarta.
- [4] [BSN] Badan Standarisasi Nasional, 2006. Susu Bubuk, SNI 01-2970-2006. BSN, Jakarta.