

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 use 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 havehighly significant effect in total of N. The result of fortified compost has met quality standards microbe well as heavy metals. The aplication 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 Nand 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 patogen 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, *phosporus* (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 mikromineral. 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 pengayaan meliputi pengapuran, pengayaan dengan fosfor, pengayaan dengan kalium, pengayaan dengan nitrogen dan pengayaan 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) Diketahui gambaran awal mengenai potensi limbah susu bubuk dan manajemen pengelolannya melalui survey, (2) Diketahui pengaruh konsentrasi *sludge* cair dari Instalasi Pengolah 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 menyebarkan 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 lokasipercobaan 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.

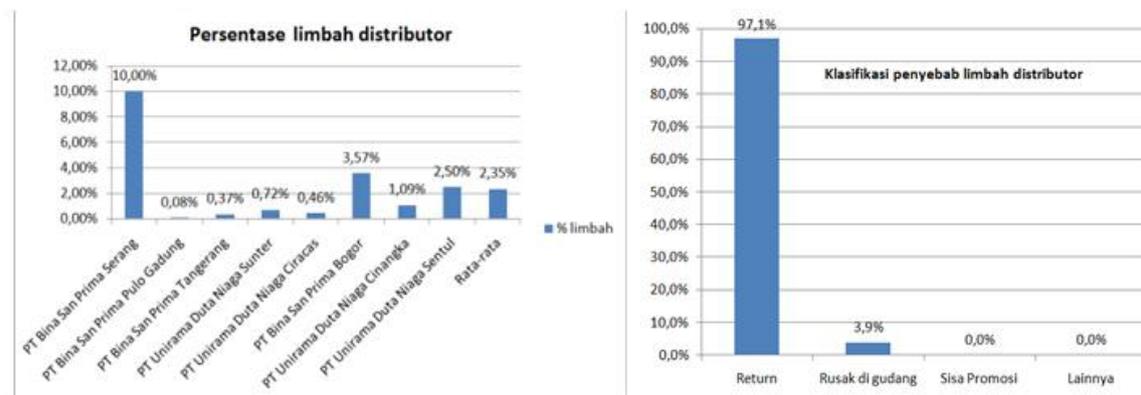
Semua limbah yang timbul di distributor dikelola dengan pembakaran biasa menggunakan bahan bakar solar atau bensin. Limbah yang dibakar dengan cara ini tentu kurang sempurna karena menyebabkan emisi CO, NO_x dan SO_x yang tidak ramah lingkungan (US EPA 2014). Prasad *et al.* (2004) menyatakan bahwa

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

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)

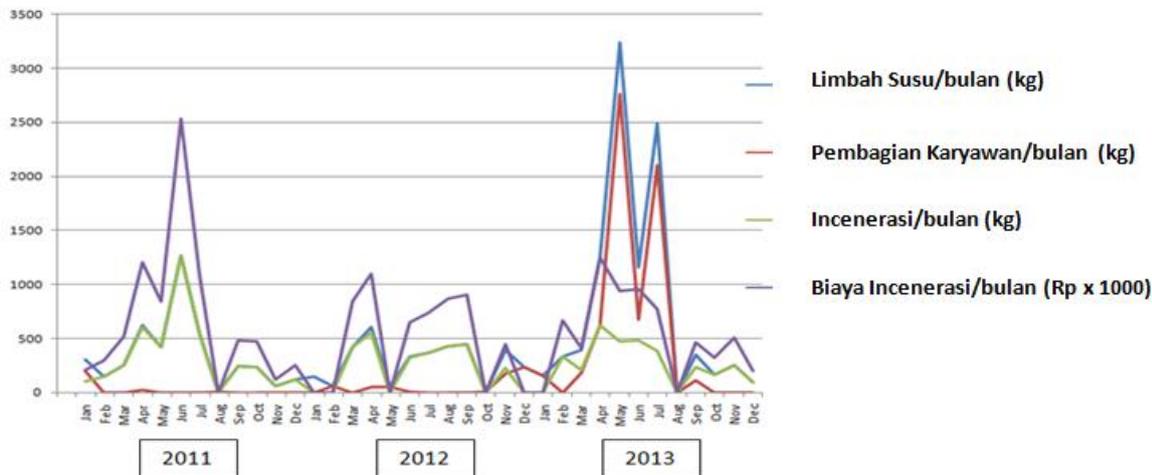
Hasil survey limbah susu bubuk industri (Tabel 3) menunjukkan bahwa sebagian besar produk return distributor (68,7%) tidak layak konsumsi dan dimusnahkan dengan pembakaran menggunakan insenerator. Pembakaran dengan insenerator ini lebih sempurna karena berlangsung pada suhu tinggi (800

°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 survey 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 survey rata-rata limbah = 2,35 % Biaya pemusnahan = Rp 2000/kg berdasarkan penawaran PPLI ^d Bulan Maret 2013
2	2010	94.919,39	2.230,61	4.461.211.133	
3	2011	106.022,52	2.491,53	4.983.058.523	
4	2012	103.254,11	2.426,47	4.852.943.303	

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

^bDiolah dari hasil survey limbah distributor dan total produksi nasional

^cDiolah 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%, P₂O₅ = 3,5 ppm, K₂O = 10 mg/100 g dan nilai 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 K₂O (%). Faktor B berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan N total (%), P₂O₅ (%) dan K₂O (%). 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 (%)	Total (%)	
34,95	32,2	0,87	0,08	0,03	0,98	33

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 patogen. 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 mengecil, 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	Taraf	----- 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			
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	A	0%	9,80	A	0,80	C	15,08	A	0,10	G	0,20	D
		B	10%	9,10	A	0,70	C	14,01	A	0,20	EFG	0,30	CD
			20%	9,50	A	1,00	BC	9,54	A	0,40	CDE	0,40	ABCD
			30%	13,50	A	1,60	ABC	8,57	A	0,80	A	0,70	AB
	10%	A	0%	9,40	A	0,90	C	10,83	A	0,20	FG	0,20	D
		B	10%	16,20	A	1,30	BC	13,26	A	0,30	CDEFG	0,40	ABCD
			20%	11,80	A	0,90	BC	13,25	A	0,50	BCD	0,40	ABCD
			30%	21,80	A	2,30	AB	9,64	A	0,70	AB	0,70	AB
	20%	A	0%	14,30	A	1,30	BC	11,92	A	0,20	DEFG	0,40	BCD
		B	10%	16,00	A	1,70	ABC	9,99	A	0,30	CDEF	0,40	ABCD
			20%	15,50	A	3,00	A	6,11	A	0,50	ABC	0,50	ABC
			30%	17,60	A	1,70	ABC	9,71	A	0,80	AB	0,70	A
	Respon		tn		**		tn		tn		tn		
			L		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 patogen pada sampel kompos dengan perlakuan A3 (20%) dan B4 (30%)

No	Kode Sampel	----- Parameter Mikroba Kontaminan -----				Satuan
		<i>Escherichia coli</i>		<i>Salmonella sp</i>		
		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 hasil pengukuran	Standar Mutu	Satuan
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 - 2004

Tabel 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)		Panen Bersih (kg/m ²)			
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	10,70	A	26,80	A	14,70	A	11,90	A		
	10%	10,60	A	26,50	A	14,70	A	11,90	A		
	20%	11,00	A	27,40	A	17,00	A	14,10	A		
Respon		tn		tn		tn		tn			
Dosis Fortifikasi Limbah Susu Bubuk (B)	0%	10,00	B	25,70	A	12,50	B	10,30	A		
	10%	10,90	AB	27,60	A	16,10	AB	13,50	A		
	20%	10,40	AB	26,40	A	14,80	AB	12,00	A		
	30%	11,80	A	27,80	A	18,40	A	14,70	A		
Respon		*		tn		*		tn			
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	A	0%	10,00	A	27,50	A	17,00	A	11,40	A
		B	10%	10,60	A	26,90	A	14,50	A	11,60	A
		A	20%	10,10	A	26,60	A	14,00	A	11,00	A
		B	30%	11,90	A	26,20	A	13,40	A	13,70	A
	10%	A	0%	10,00	A	27,90	A	17,00	A	10,10	A
		B	10%	10,70	A	27,30	A	16,20	A	13,10	A
		A	20%	10,30	A	26,20	A	13,50	A	10,80	A
		B	30%	11,60	A	24,60	A	12,10	A	13,40	A
	20%	A	0%	9,90	A	29,00	A	21,20	A	9,50	A
		B	10%	11,40	A	28,00	A	18,20	A	15,90	A
		A	20%	10,90	A	27,00	A	17,50	A	14,10	A
		B	30%	11,90	A	24,90	A	11,10	A	16,90	A
Respon		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%

3.5. Pengaruh terhadap Kesuburan Tanah

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

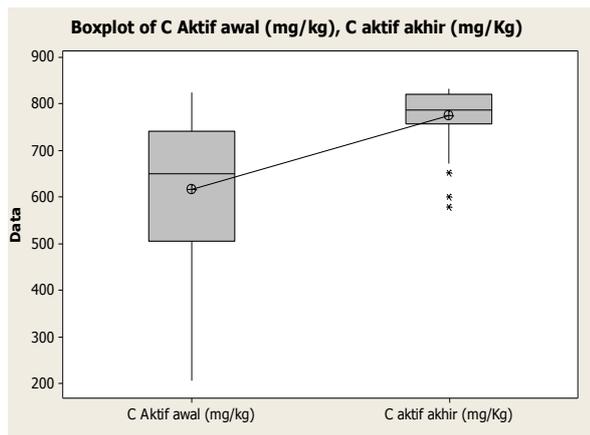
Perlakuan	Taraf	----- Indikator Kesuburan Tanah Makro -----										
		C organik aktif (%)		C organik total (%)		N total (%)		P ₂ O ₅ (mg/100gr)		K ₂ O (mg/100 gr)		
Konsentrasi Sludge Ipal (A)	0%	223,50	A	1,70	B	0,20	A	21,40	A	32,70	A	
	10%	196,90	A	1,70	B	0,10	B	18,70	B	34,30	A	
	20%	189,70	A	1,90	A	0,20	A	26,20	A	42,80	A	
Respon		tn		**		**		*		tn		
Dosis Fortifikasi Limbah Susu Bubuk (B)	0%	175,80	A	1,80	A	0,20	AB	16,60	B	19,10	C	
	10%	266,50	A	1,80	A	0,20	A	22,80	A	33,80	BC	
	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		*		*		**		
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	A	149,50	A	1,70	A	0,20	A	15,30	A	16,00	CD
		B	321,80	A	1,70	A	0,20	A	22,70	A	21,00	BCD
		0%	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
	10%	A	143,20	A	1,60	A	0,20	AB	10,70	A	14,30	D
		B	263,80	A	1,60	A	0,20	AB	15,00	A	30,00	ABCD
		10%	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
	20%	A	234,60	A	1,90	A	0,10	AB	23,70	A	27,00	ABCD
		B	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	Taraf	----- 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		
Interaksi Perlakuan A dan Perlakuan B	0%	A	8,17	A	1,36	A	0,23	A	0,11	A	8,45	A
		B	8,04	A	1,49	A	0,36	A	0,08	A	8,63	A
		0%	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
	10%	A	8,20	A	1,35	A	0,15	A	0,12	A	8,86	A
		B	10,25	A	1,39	A	0,23	A	0,15	A	9,07	A
		10%	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
	20%	A	9,78	A	1,43	A	0,39	A	0,10	A	9,78	A
		B	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 P_2O_5 (%) serta berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan N total (%). Faktor B berpengaruh nyata terhadap kandungan N total (%) dan P_2O_5 (%) serta berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan K_2O (%). Interaksi faktor A dan B berpengaruh nyata terhadap kandungan N total (%) dan K_2O (%).

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. Incenerasi limbah di industri relative lebih baik dibandingkan dengan pembakaran biasa di distributor.
2. Limbah susu bubuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan pemer kaya 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 (%), P_2O_5 (%) dan K_2O (%) yang lebih tinggi. (2) Memenuhi baku mutu mikroba patogen 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 (%), P_2O_5 (%) dan K_2O (%) 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. Metrotv News Online. [Terhubung berkala] <http://www.metrotvnews.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.