

PEMANFAATAN HASIL PENGOLAHAN SLUDGE PRODUCED WATER INDUSTRI LNG SEBAGAI FERTILIZER ATAU PEMBENAH TANAH

UTILIZATION OF SLUDGE PRODUCED WATER PROCESSING INDUSTRY LNG AS FERTILIZER OR SOIL CONDITIONER

Sena Andhika¹ dan Agus Jatnika Effendi²

Program Studi Teknik Lingkungan, FTSL, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha No. 10 Bandung 40132

Email: Andhikasena@gmail.com dan jatnika@indo.net.id

Abstrak: Perkembangan industri minyak dan gas berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dikeluarkan, mengakibatkan semakin banyaknya industri migas yang bermasalah dengan limbah sludge dalam jumlah besar yang bahaya terhadap. Salah satu solusi adalah pemanfaatan sludge tersebut menjadi produk lain. Limbah LNG memiliki kandungan C organik yang tinggi hal ini memungkinkan jika limbah LNG dapat dimanfaatkan menjadi fertilizer atau pembenah tanah yang sesuai dengan PERMENTAN 70/2011. Dalam penelitian ini metode yang dilakukan untuk proses pemanfaatan yaitu *static aerated biopile*. Proses tersebut menggunakan *aerasi statik* dengan tambahan daun kering sebagai *bukling agent* dengan perbandingan volume efektif 1:3 (Gilang,2014). Hasilnya kompos yang dihasilkan mempunyai kandungan C-organik 36,80% ,C/N 22,64 dan parameter lain yang memenuhi PERMENTAN 70/2011. Pengamatan pada uji efektifitas hasil kompos, menunjukkan dosis optimum pada tanaman uji Pakchoy (*Brassica rapa L*) dan rumput gajah (*Pennisetum purpureum Schaum*) masing-masing adalah sebesar 30% dan 50%. Kandungan logam berat pada tanaman uji dan media tanam pasca panen masih berada konsentrasi yang normal dan berada di bawah batas yang diperbolehkan. Uji TCLP dan Toksisitas terhadap *biosludge* hasil olahan menunjukkan bahwa materi ini tidak berbahaya dan tidak memberikan dampak negatif yang berarti terhadap lingkungan.

Kata kunci: *Static aerated biopile, sludge, fertilizer, pembenah tanah, uji efektivitas tanaman.*

Abstract: *The development of the oil and gas industry goes line in line to the amount of the waste produced, resulting in the increasing number of oil and gas industry who have problems with sludge in large amounts which may harm the environment. LNG waste has a high content of organic C, causing the C/N ratio is high too, this might be possible if sludge can be utilized as fertilizer or soil conditioner that suit the standards of PERMENTAN 70/2011. The method used in the manufacturing process product is called static aerated biopile. Static aerated is used in that process by adding dried leaves as bukling agent with an effective volume ratio of 1: 3 (Gilang,2014). The compost produced has a C-organic content of 36.80%, C / N 22.64, and other parameters according PERMENTAN 70/2011. Observations on the effectiveness compost test, shows the optimum dose at Pakchoy test plants (Brassica rapa L) and elephant grass (Pennisetum purpureum Schaum) respectively by 30% and 50%. The content of heavy metals in plants growing media test and post-harvest remained normal concentration and were below the exposure limits. TCLP test and*

toxicity of the biosludge processed results show that this material is not harmful and does not give a significant negative impact on the environment.

Keywords: *Static aerated biopile, sludge, fertilizer, soil conditioner, test the effectiveness of plan.*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri minyak dan gas berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dikeluarkan, mengakibatkan semakin banyaknya industri migas yang bermasalah dengan limbah sludge dalam jumlah besar yang bahaya terhadap lingkungan (Mokhtar, 2011). Hal ini membutuhkan solusi yang efektif agar tidak mencemari lingkungan. Untuk menghindari timbulnya limbah, maka pengelolaan limbah B3 perlu menerapkan prinsip minimasi dengan menerapkan konsep 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Recovery*) (Perdana, 2016). Selain solusi untuk proses pengolahan dan pembuangan di landfill dalam peraturan negara Indonesia terdapat solusi pemanfaatan limbah, hal ini dapat menjadi salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menanggulangi hal tersebut.

Pemanfaatan limbah tentunya akan menjalani tahap proses pengolahan terlebih dahulu, Dalam Kep. MenLH No. 128 Tahun 2003 tentang “Tata Cara Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah dan Tanah Terkontaminasi oleh industri migas Secara Biologis” *biopile* masuk dalam pengolahan, namun pemanfaatan *sludge produced water* dapat menggunakan label “pemanfaatan” dengan alasan bahwa proses dan tujuan pemanfaatannya jelas yaitu untuk dimanfaatkan sebagai *fertilizer* atau pembenah tanah.

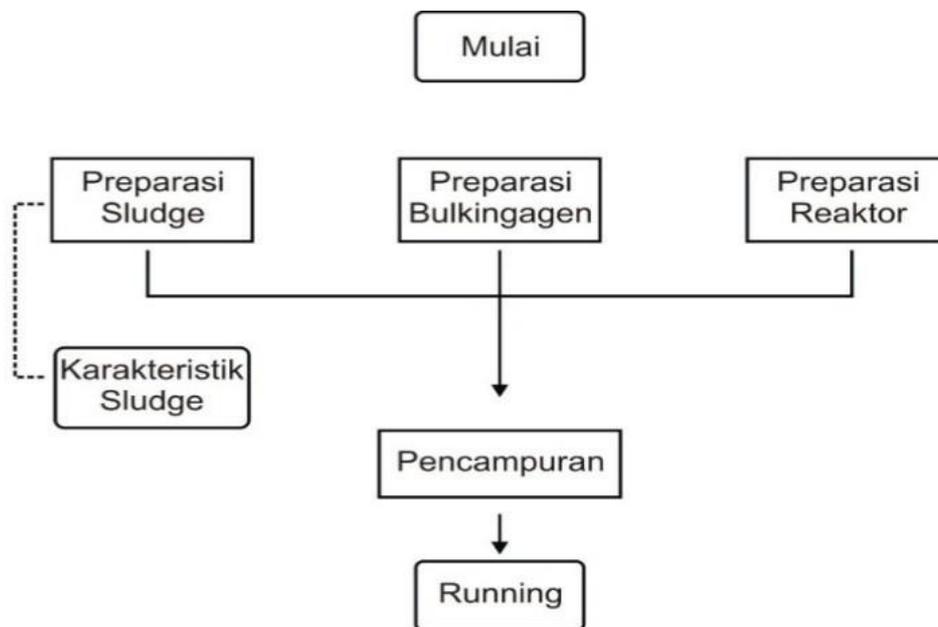
Pengelolaan *sludge produced water* dengan menggunakan metode *biopile* perlu memperhatikan aturan dalam Permentan No.70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Pupuk hayati adalah produk biologi aktif terdiri atas mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan, dan kesehatan tanah. Pembenah tanah adalah bahan-bahan sintetis dan/atau alami, organik dan/atau mineral berbentuk padat dan/atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan/atau biologi tanah.

Penelitian ini mengkaji potensi pemanfaatan *sludge produced water* dari industri LNG sebagai bahan pembuat *Fertilizer* atau pembenah tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan *sludge produced water* sebagai bahan *fertilizer* atau pembenah tanah

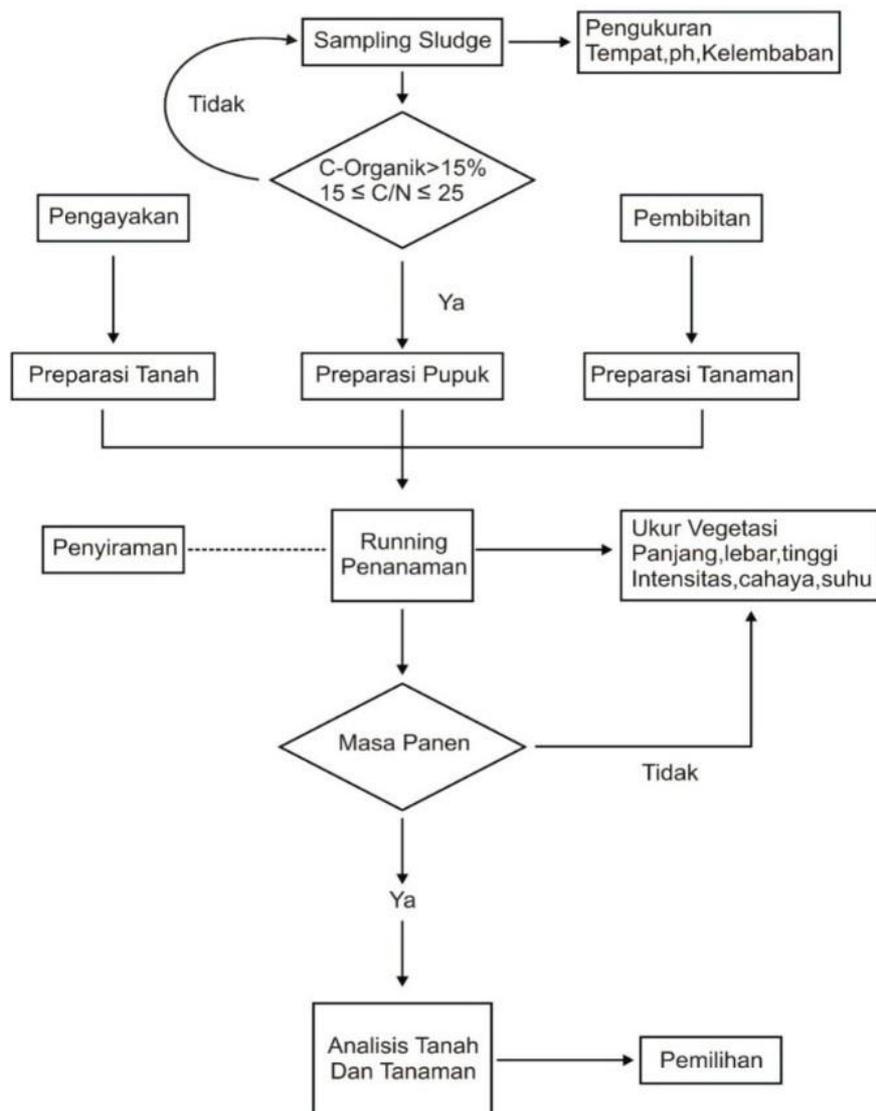
dengan teknik pengolahan biopile, untuk mengetahui mutu hasil produk pengolahan *sludge produced water*, untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan produk olahan dari *sludge produced water* baik sebagai *fertilizer* atau sebagai pembenah tanah, untuk menentukan penggunaan *sludge produced water* sebagai *fertilizer* atau pembenah tanah terhadap resiko lingkungan.

METODOLOGI

Penelitian Ini dilakukan secara eksperimental dalam skala laboratorium. Simulasi proses degradasi *sludge* secara aerob dilakukan dengan sistem *aerated static pile*. Monitoring secara periodik dilakukan dengan mengambil sampel hasil pengomposan dan pengukuran vegetasi tanaman pada uji efektifitas. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Diagram pengomposan



Gambar 2. Diagram uji efektifitas

Berikut adalah beberapa alat pendukung *static aerated biopile*:

- Blower : Sumber udara aerasi
- Pipa 2 inci : Saluran udara utama
- Pipa ½ inci : Saluran menuju masing-masing reactor
- Timer : Mengatur waktu menyala blower supaya bergantian
- Container : Tempat mengolah campuran bahan kompos

Semua alat dipasang sesuai gambar 3.



Gambar 3. Reaktor *static aerated biopile*

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini Peralatan pendukung analisis AAS, spektrofotometer, kompor listrik, alat destilasi, Buret Titrasi, Pipet, Cawan, Gelas ukur, Neraca, dan Oven.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini: sludge produced water LNG, Tanah Sekitar pabrik LNG *site*, *Bulking agent* (daun dan rumput kering), Bibit Tanaman, Peralatan, Air.

Studi Pendahuluan

Studi ini bertujuan untuk memanfaatkan *sludge produced water* outlet dari ipal pengolahan gas bumi untuk dijadikan pupuk organik atau pembenah tanah dengan Proses aerated static biopile dengan penambahan *bulking agent*. *Bulking agent* yang berfungsi sebagai sarana penguraian dan juga tempat mikroba bertahan hidup selama proses perkembangan biakan dan penguraian dapat menyerap cemaran dan kemudian di dalam *bulking agent* ini dilakukan penguraian (Notodarmojo, 2005). Penambahan bulking agen yang efektif mengacu pada hasil penelitian sebelumnya yaitu 1 volume daun kering : 3 volume *sludge produced water*, produk kompos yang dihasilkan dari pengolahan tersebut harus memenuhi beberapa baku mutu, Maka perlu dilakukan beberapa uji lanjutan untuk menunjukkan efektifitas dan resiko yang akan di timbulkan terhadap lingkungan.

Proses Pemanfaatan

Pada proses pemanfaatan ini terdapat 2 proses yaitu proses pembuatan kompos dengan proses static aerated biopile dan proses uji hasil dari kompos tersebut. Pengambilan sample

dilakukan pada bahan yang akan digunakan yaitu *sludge produced water*, tanah sebagai karakteristik awal berfungsi mendapatkan informasi awal dari bahan sebagai acuan pengolahan dan penentuan metode yang digunakan, dikarenakan pengolahan terhadap *sludge* tergantung karakteristik *sludge* tersebut (Umesh, 2013). Dalam proses pengomposan dengan *static aerated biopile*, perlu diperhatikan: (a) Kelembaban agar dijaga pada kondisi tidak terlalu kering maupun basah atau tergenang; (b) Aerasi timbunan. Kondisi tidak terlalu anaerob dan tidak terlalu aerob. Terlalu aerob udara bebas masuk ke dalam timbunan dan N banyak yang menguap sebagai NH₃; (c) Temperatur dijaga agar tidak terlalu tinggi; (d) Suasana asam hasil proses dekomposisi akan menyebabkan pH turun, untuk netralisasi perlu dilakukan pembalikan timbunan; (e) Penambahan kapur Netralisasi juga dapat dilakukan dengan penambahan kapur, dolomit atau abu; (f) Hara Untuk mempercepat dan meningkatkan kualitas kompos dapat dilakukan penambahan pupuk N dan P; (g) Struktur bahan dibuat tidak terlalu kasar dengan dipotong potong; (h) Tinggi timbunan tidak terlalu tinggi (1,5 m); (i) Atap untuk mencegah sinar matahari langsung dan hujan perlu diberikan atap (Atmojo,2003).

Selanjutnya hasil olahan biopile yang sudah sesuai baku mutu PERMENTAN 70/2011 akan dicobakan pada tanaman dengan cara melakukan uji efektifitas dan juga akan diujicobakan pada hewan dengan uji LD-50. Tanaman yang akan diujikan terdiri dari 3 kelompok tanaman konsumsi, tanaman liar dan tanaman produksi dengan pertimbangan waktu tanam. Variasi dosis pupuk yang dilakukan dalam uji efektifitas adalah 0%; 10%; 20%; 30%; 40% dan 50% lalu dihitung masing-masing pertumbuhan dengan pengukuran tinggi tanaman, lebar daun, panjang daun dan biomasa yang dihasilkan hingga mencapai serapan maksimum berdasarkan waktu tumbuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Sampel

Hasil penelitian akan dibagi menjadi tiga bagian yaitu karakteristik , uji mutu pupuk dan pembenah tanah, dan uji efektifitas. Hasil karakteristik awal pada tabel 1 menunjukkan PH tanah ada di angka 3.1,yang termasuk pada golongan agak masam. Kandungan C-organik dan N yang tinggi Mengakibatkan C/N rasionya pun tinggi, tingginya rasio C/N pada suatu bahan menggambarkan belum terdekomposisi bahan organik tersebut dengan sempurna (Rodriguez dan Vazquez, 2013),pospat dan kalium sangat rendah. Dengan kandungan pasir yang tinggi tanah ini termasuk pada klasifikasi lempung liat berdebu dengan karakteristik porositas yang rendah. Analisa tanah mengenai kandungan logam berat pada tabel 2 menunjukkan hasil yang bagus dibawah baku mutu ini menunjukkan tanah tersebut tidak beracun atau pun tercemar.

Tabel 1. Hasil analisis tanah

No	Parameter	Satuan	Hasil	Kriteria
1	pH :H ₂ O	-	3.1	Agak Masam
2	pH : KCl	-	3.01	-
3	C-organik	%	36.6	Sangat Tinggi
4	N-Total	%	0.81	Sangat Tinggi
5	C/N	%	45	Sangat Tinggi
6	P ₂ O ₅ HCL 25%	(mg/100g)	0.52	Sangat rendah
7	K ₂ O HCL 25%	(mg/100g)	0.44	Sangat rendah
8	P ₂ O ₅ MTD Bray	ppm	1,25	Sangat rendah
9	Al-dd	(cmol/kg)	5,34	-
	H-dd	(cmol/kg)	1,63	-
10	KTK	(cmol/kg)	7.73	Rendah
11	Kejenuhan Basa	%	22,76	Rendah
12	Kejenuhan Al	%	130,42	Sangat Tinggi
13	Susunan Kation			-
	K-dd	(cmol/kg)	0.05	Sangat Rendah
	Na-dd	(cmol/kg)	0.15	Rendah
	Ca-dd	(cmol/kg)	1.12	Sangat Rendah
	Mg-dd	(cmol/kg)	0.44	Rendah
14	Tekstur			
	Pasir	%	53	Lempung liat berdebu
	Debu	%	26	
	Liat	%	21	

Karakterisasi Awal *Sludge Produced Water*

Karakterisasi awal sludge dimaksudkan untuk menentukan kandungan bahan organik, bahan anorganik, kandungan logam atau senyawa lainnya dan total populasi mikroba sebelum melakukan pengolahan. Parameter yang diukur dalam karakteristik awal yaitu: pH, kadar air dan total populasi diperoleh dari Sari (2014). Parameter lain terhadap *sludge produced water* LNG diperoleh dari Utami (2014) yang meliputi kandungan C, N, P, rasio C/N serta TPH. Berikut Tabel 2 hasil karakterisasi awal *sludge produced water* LNG.

Tabel 2. Karakteristik Awal *Sludge Produced Water*

Parameter	Satuan	Hasil
PH	-	7,81
Kadar air	%	12,75
C	%BK	73,73

Parameter	Satuan	Hasil
N	%BK	0,71
P	%BK	0,0685
C/N	Ppm	103,84
Total Populasi Bakteri		57000000

Karakteristik Akhir *Biosludge* Hasil Olahan

Tabel 3. Karakteristik Akhir *Biosludge* Hasil Olahan

No	Parameter	Satuan	Standar Mutu Pupuk Organik	Standar Mutu Pembenh Tanah	<i>Biosludge</i>
1	C-Organik	%	Min 15	Min 15	36,80
2	C/N	-	15-25	15-25	22,64
3	Bahan Ikutan (plastik, kaca, kerikil)	%	Max 2	Max 2	0
4	Kadar Air	%	15-25	15-25	13,50
Logam Berat					
5	As	ppm	Max 10	Max 10	0,01
	Hg		Max 1	Max 1	0,01
	Pb		Max 50	Max 50	21,97
	Cd		Max 2	Max 2	0,27
	Cr		Max 210	Max 210	0,034
	Co		Max 700	Max 700	4,34
	Ni		Max 62	Max 62	30
	Se		Max 2	Max 2	<0,01
6	pH	-	4-9	4-9	6,98
7	Hara Makro (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	%	Min 4	-	2,44
8	<i>E Coli</i>	MPN/gr	Max 100	Max 100	Negatif
	<i>Salmonella Sp</i>		Max 100	Max 100	Negatif
9	Hara Mikro	ppm			
	Fe Total <u>Atau</u>		Max 9000	Max 9000	-
	Fe Tersedia		Max 500	Max 500	9,78
	Mn		Max 5000	Max 5000	171
	Zn		Max 5000	Max 5000	20,36
	Cu		Max 5000	Max 5000	8,84
	Mo		Max 20	Max 20	20
10	Total Na	ppm	Max 2000	Max 2000	1260
11	Total Cl	ppm	Max 5000	Max 5000	506
12	Senyawa AOX	ppm	Max 500	Max 500	*
13	La	ppm	0	0	0
	Ce	ppm	0	0	0

Pada variasi pengolahan dengan kondisi optimum, yaitu dengan menggunakan daun kering sebagai *bulking agent* pada perbandingan 1:3 dengan *biosludge*, dilakukan karakterisasi akhir untuk dibandingkan dengan Permentan No.70 Tahun 2011. Parameter yang diuji selain C-Organik, rasio C/N, pH, kadar air adalah kandungan bahan ikutan, logam berat, hara makro dan mikro, mikroba kontaminan, total Na, Cl, dan La. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap parameter-parameter tersebut pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa hasil karakterisasi akhir hasil olahan *biosludge* untuk parameter yang dipersyaratkan telah memenuhi untuk semua parameter kecuali hara makro untuk memenuhi syarat sebagai pupuk organik dan kadar air yang relatif sedikit lebih rendah. Hasil pengujian hasil pengolahan pada kondisi optimum menunjukkan kadar C-Organik memenuhi jumlah minimal yaitu 15 %. Dalam pemanfaatannya sebagai pembenah tanah, adanya ketersediaan jumlah C-Organik yang banyak menjadi penting. Menurut Manahan (2000), karbon berperan sebagai bahan mensintesa sel dan sumber energi bagi organisme heterotrofik. Namun perbandingan karbon terhadap unsur lainnya tetap harus dalam proporsi yang seimbang. Unsur lain yang penting di samping karbon ialah nitrogen yang juga berperan sebagai bahan pembuat organ sel. Karena itulah rasio C/N tetap harus dipenuhi, dalam hal ini sebesar 15-25. Begitu juga dengan parameter pH yang telah dibahas sebelumnya dimana nilai pH produk hasil olahan memenuhi masih syarat. Nilai ini diharapkan dapat membuat tanah menjadi habitat yang ideal bagi mikroorganisme tanah nantinya.

Kehadiran bahan ikutan seperti plastik, kaca, kerikil akan mengganggu manfaat hasil olahan sebagai pembenah tanah ataupun pupuk organik karena materi tersebut tidak biodegradable. Hasil pengujian menunjukkan tidak ditemukannya benda tersebut. Kadar air hasil olahan pada akhir studi terukur sebesar lebih dari 10%, namun masih sedikit dibawah syarat yaitu sebesar 15-25%. Hal ini terjadi sebagai akibat dari proses penyimpanan sampel pada saat analisis laboratorium. Hasil pemantauan selama penelitian dilakukan, kadar air dapat terjaga dalam kisaran 14-27%. Demikian halnya dengan konsentrasi total logam berat yang terkandung di dalam produk hasil olahan terukur jauh di bawah syarat maksimal. Sehingga, penggunaan produk pengkomposan ini sebagai pembenah tanah ataupun pupuk organik nantinya tidak membahayakan bagi kesehatan makhluk hidup.

Kehadiran unsur hara makro dan mikro sangat penting untuk dipenuhi apabila akan digunakan sebagai pupuk organik. Unsur hara makro diuji adalah nutrien primer yaitu unsur N, P, dan K. Hasil pengujian menunjukkan kandungan unsur hara makro masih kurang memenuhi syarat minimal yaitu sebesar 4%. Sehingga, apabila akan dimanfaatkan sebagai pupuk organik, maka diperlukan penambahan unsur N, P dan K. Sedangkan untuk unsur hara

mikro yang kehadirannya tidak kalah penting untuk dipenuhi walaupun hanya dibutuhkan dalam jumlah sedikit (Lahuddin, 2007). Pengujian yang dilakukan pada unsur Fe, Mn, Zn, Cu, dan Mo, menunjukkan kehadiran unsur-unsur ini dalam jumlah yang memenuhi syarat maksimal.

Kehadiran mikroba kontaminan yang terkandung di dalam hasil olahan menunjukkan jumlah yang masih memenuhi syarat yang ditetapkan sebagai pembenah tanah ataupun pupuk organik. Mikroba tersebut adalah bakteri E Coli yang kerap menjadi bakteri indikator pencemaran dari feses, yang menjadi petunjuk keberadaan mikroba enterik patogen. Selain E Coli, hasil uji bakteri Salmonella juga memenuhi syarat.

Kehadiran unsur lainnya yang dipersyaratkan adalah Na dan Cl dimana dalam studi ini juga terukur dalam konsentrasi yang masih memenuhi syarat. Kandungan Na dan Cl relatif tinggi dalam biosludge hasil olahan karena berasal dari pengolahan produced water yang mengandung Na dan Cl cukup tinggi. Kedua unsur tersebut diserap oleh tanaman dalam bentuk ion dari larutan yang ada dalam tanah. Unsur Na dan Cl berfungsi untuk mikroorganisme tanah dan tanaman dalam mempertahankan potensial osmotik, pengaktifan enzim, membantu keseimbangan anion, menjaga permeabilitas membran dan potensial muatan listrik. Begitu juga untuk unsur La dan Ce nilainya telah memenuhi syarat yang ditetapkan.

Uji Efektifitas *Biosludge* Hasil Olahan

Berdasarkan hasil keseluruhan pengamatan, terdapat perbedaan pengaruh pemberian media tanam ke masing masing jenis tanaman. Tanaman pakchoy sangat efektif ketika ditumbuhkan pada media pupuk organik 30%, sedangkan tanaman rumput gajah efektif pada media pupuk organik 50%. Hal ini menunjukkan perbedaan kemampuan penyerapan nutrisi pada masing tanaman. Perbedaan konsentrasi pupuk organik yang berasal dari *biosludge* hasil olahan mengakibatkan media tanam berbeda strukturnya dan hal inilah yang membuat perbedaan kemampuan penyerapan nutrisi oleh tanaman.

Biomasa

Biomasa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman, karena relatif mudah diukur dan merupakan gambaran semua peristiwa yang dialami tanaman untuk mendapatkan penampilan keseluruhan pertumbuhan tanaman atau suatu organ tertentu (Sitompul dan Guritno, 1995).

Tabel 4. Berat Basah Panen

Dosis	Pakchoy	Rumput Gajah
0%	0,6	15,5
10%	51,9	58,3
20%	76,0	69,5
30%	94,4	134,8
40%	86,8	147,8
50%	14,1	198,2

Berdasarkan data biomasa yang dihasilkan terlihat memberikan hasil konsisten yaitu pemupukan untuk pakchoy efektif dengan dosis 30% *biosludge* hasil olahan menghasilkan berat basah hasil panen sebesar 94,4 gr. Sedangkan pada tanaman rumput gajah, efektif pada dosis 50 % dengan berat basah hasil panen seberat 198,2 gr. Berat biomasa terkecil yang dihasilkan oleh tanaman terjadi pada tanaman dengan media tanam yang diberikan dosis 0% (kontrol). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan pupuk organik hasil olahan biosludge dengan teknik *aerated static biopile* memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.

Tabel 5 menunjukkan besarnya serapan logam berat pada tanaman uji dengan menggunakan media tanam pada pakchoy dan rumput gajah yang mengandung masing-masing 30% dan 50% *biosludge* hasil olahan sebagai pengganti pupuk organik. Kandungan logam berat dalam tanaman uji secara keseluruhan masih berada dalam batas yang diperbolehkan. Tidak terlihat adanya serapan logam berat yang berlebihan pada tanaman uji. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat dalam media tanam maupun *biosludge* hasil olahan diserap oleh tanaman uji masih dalam batas-batas normal.

Tabel 5. Serapan Logam & Logam Berat pada Tanaman (PC:Pakchoy & RG:Rumput Gajah)

Sampel		PC 30%	RG 50%	Batas Normal*)	Batas Kritis*)
Ag	ppm	< 0,01	< 0,01	0,1 - 0,8	1 - 4
Hg	ppm	< 0,01	< 0,01	0,005 - 0,17	1 - 8
Pb	ppm	0,89	0,99	0,2 - 20	-
Cd	ppm	0,25	0,12	0,1 - 2,4	4 - 200
Co	ppm	1,05	0,47	0,02 - 1	4 - 40
Cr	ppm	13,98	18,83	0,03 - 14	2 - 18
Cu	ppm	9,76	15,66	5 - 20	5 - 64
Mn	ppm	4,13	4,13	20 - 1000	100 - 7000
Ni	ppm	4,48	5,03	0,02 - 5	8 - 220

Sampel		PC 30%	RG 50%	Batas Normal*)	Batas Kritis*)
Zn	ppm	164,17	90,23	1 - 400	100 - 900
B	ppm	16,13	61,29	-	-
Fe	ppm	502,04	387,94	-	-
K	%	3,54	2,88	-	-
Ca	%	3,41	0,58	-	-
Mg	%	2,02	0,84	-	-
Na	%	1,04	0,06	-	-

*)Sumber : Balai Penelitian Tanah (BPT), 2009

Kandungan logam berat pada tanah residu, yaitu media tanam yang sudah ditambahkan biosludge hasil olahan dimana tanaman yang ditumbuhkan sudah dipanen, mengandung logam berat yang sangat rendah apabila dibandingkan dengan batas normal maupun batas kritis yang diperbolehkan pada media tanam. Tabel 6 memperlihatkan besarnya kandungan logam berat pada tanah residu yang sudah ditanami pakchoy dan rumput gajah pada dosis biosludge hasil olahan masing-masing sebesar 30% dan 50%.

Tabel 6. Kandungan Logam dalam Tanah (PC:Pakchoy & RG:Rumput Gajah)

Unsur (ppm)	Tanah PC	Tanah RG	Batas Normal*)	Batas Kritis*)
Cd	<0,01	<0,02	0,01 - 2,0	3 - 8
Pb	18,81	14,5	2 - 300	100 - 400
As	-	-	0,1 - 40	20 - 50
Hg	0,02	0,02	0,01 - 0,5	0,3 - 5
Cr	22,37	21,44	5 - 1500	75 - 100
Ni	27,19	32,69	2 - 750	100
Ag	<0,01	<0,01	0,01 - 8	2
Cu	1,46	1,31	2 - 250	60 - 125
Co	0,12	0,08	0,5 - 65	25 - 50
Zn	0,22	0,53	1 - 900	70 - 400
Fe	9,47	12,24	-	-
K	141,43	86,91	-	-
Ca	764,32	1158,41	-	-
Unsur (ppm)	Tanah PC	Tanah RG	Batas Normal*)	Batas Kritis*)
Mg	481,28	312,36	-	-
k-potensial	30,15	22,19	-	-

*)Sumber : Balai Penelitian Tanah (BPT), 2009

Uji Toksisitas

Hasil pengamatan LD₅₀ menunjukkan bahwa kematian tidak ditemukan pada setiap dosis dari 1 sampai 14 hari pengamatan, baik itu mencit jantan maupun betina. Jika terdapat kematian pada tes toksisitas akut, maka data kematian tersebut dihitung dengan menggunakan analisis probit; sebuah program computer yang disebut *MICRO-PROBIT* untuk menentukan besarnya nilai LD₅₀ dari biosludge hasil olahan ini. Berat badan mencit secara umum mengalami kenaikan setiap hari selama 14 hari pengamatan. Sehingga, berdasarkan hasil uji toksisitas LD₅₀ 14 hari pada mencit (*Mus musculus*), dapat disimpulkan bahwa bahan uji “Hasil Olahan Biosludge” dapat diklasifikasikan sebagai “Bahan Tidak Beracun”, berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 85 tahun 1999 jo 18 tahun 1999.

KESIMPULAN

Kualitas biosludge hasil olahan sudah setara dengan pupuk organik atau minimal dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam Permentan No.70 Tahun 2011. Uji efektifitas pemanfaatan *biosludge* hasil olahan tersebut menunjukkan bahwa hasil olahan ini memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman uji dan menunjukkan pengaruh yang lebih baik apabila dibandingkan dengan media tanam *kontrol* (tidak ada penambahan *biosludge* hasil olahan). Uji TCLP dan Toksisitas terhadap *biosludge* hasil olahan menunjukkan bahwa materi ini tidak berbahaya dan tidak memberikan dampak negatif yang berarti terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, Suntoro, Wongso. (2003). *Peran Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengolahannya*, Universitas Sebelas Maret Press, Surakarta.
- Damanhuri, E. (1996). Teknik Pembuangan Akhir. Diktat MK Solidifikasi dan Landfilling.
- Gilang A.P. Mahesa. (2014). *Penentuan Variasi Komposisi Bulking Agent Optimal Untuk Pemanfaatan Limbah Sludge Produced Water IPAL PT.X Dengan Metode Aerated Static Pile*. Teknik Lingkungan. ITB: Bandung.
- Grady, C.P.L., Lim, H.C. (1980). *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Hashimoto, S., (1995). *Research and Development on Sludge Treatment*, JAERI
- Mokhtar, N.M., Omar, R., Mohammad Saleh, M.A., Idris, A. *Characterization of Sludge from the Wastewater-Treatment Plant of a Refinery*. International Journal of Engineering and Technology volume 8. (8):48-56, 2011.
- Notodarmojo, S. (2005). *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: Penerbit ITB

- Perdana, A. L. L., & Sukandar, S. (2016). Keterlindian Logam Berat Dari Pemanfaatan Limbah Slag Besi Dan Baja Sebagai Agregat Campuran Lapis Permukaan Jalan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 1-10.
- Republik Indonesia. (2011). Peraturan Menteri Pertanian No.70 Tahun 2011 tentang “*Pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah*”. Jakarta.Indonesia.
- Retno, Tri D.L., Mulyana Nana 2013. *Bioremediation of Oil Sludge Contaminated Soil Using Bulking Agent Mixture Enriched Consortia of Microbial Inoculants Based by Irradiated Compost*. *A Scientific Journal for the Applications of Isotopes and Radiation*: Vol. 9 No. 2 Desember 2013, 139 – 150.
- Rodriguez, A.M.P., Vazquez, R.R. (2013). *Optimization of C/N Ratio and Inducers for Wastewater Paper Industry Treatment Using Trametes versicolor Immobilized in Bubble Column Reactor*. *Journal of Mycology*. ID 536721.