

Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Hasil Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga dengan Bantuan Larva *Black Soldier Fly* (BSF)

(Processing of Liquid Organic Fertilizer from Household Organic Waste with the Assistance of Black Soldier Fly (BSF) Larvae)

Deffi Ayu Puspito Sari^{1*}, Darmono Taniwiryo², Richa Andreina¹, Prisma Nursetyowati¹,
Diki Surya Irawan¹

Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering and Computer Science,
Universitas Bakrie

²Homebase Innovation Center, Bogor

*Corresponding author email: deffi.sari@bakrie.ac.id

Article history: submitted: October 8, 2021; accepted: February 8, 2022; available online: February 10, 2022

Abstract. Currently, organic waste processing can be done in various ways, one of which is with the help of the *Black Soldier Fly* (BSF). BSF is a type of fly that is not interested in human habitat or food, so this fly is not a pest. BSF larvae can consume a variety of foods such as organic waste that is easily decomposed. BSF is a type of insect that is very appropriate for processing organic waste. This research produces a by-product of processing organic waste with BSF larvae in the form of leachate which will be used as liquid organic fertilizer. The sample was divided into 10 variations of the test sample and compared with the Decree of the Minister of Agriculture of the Republic of Indonesia No. 261 of 2019 concerning Organic Fertilizer, Biological Fertilizer and Soil Improvement. The results of the laboratory test of liquid organic fertilizer, it was found that only heavy metal parameters, pH, and *Salmonella sp.* which meet the quality standards. The aeration process has impact in reducing *E.coli* and *Salmonella Sp.* It is necessary to prolong the composting and harvest time in further research to meet more variable quality standards.

Keywords: black soldier fly (BSF) larvae; liquid organic fertilizer; organic waste

Abstrak. Saat ini pengolahan sampah organik dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan bantuan lalat tentara hitam (*larva black soldier fly*-BSF). BSF merupakan jenis serangga yang sangat tepat untuk melakukan penguraian sampah organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah sampah organik rumah tangga dengan bantuan BSF yang dapat menghasilkan produk samping berupa pupuk organik cair yang berasal dari *leachate* yang dihasilkan selama pengolahan. Dalam penelitian ini, sampel dibagi kedalam 10 variasi sampel uji dan dibandingkan dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenahan Tanah. Hasil uji laboratorium pupuk organik cair, didapatkan bahwa hanya parameter logam berat, pH, dan *Salmonella sp.* yang telah memenuhi baku mutu. Perlakuan aerasi mengurangi kandungan *E.coli* dan *Salmonella Sp.* Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pengomposan dan pemanenan sampel *leachate* pada sampel pupuk cair yang lebih lama agar hasil yang didapatkan dapat memenuhi baku mutu yang digunakan.

Kata kunci: larva *black soldier fly* (BSF); pupuk organik cair (POC); sampah organik

PENDAHULUAN

Pada SNI 19-2454-2002 dijelaskan bahwa, Sampah adalah limbah yang bersifat padat berupa bahan organik dan anorganik yang dianggap tidak memiliki nilai lagi sehingga harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan dapat melindungi investasi pembangunan. Pesatnya penduduk Indonesia memiliki dampak positif dan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu dampak negatif dari penghasil sampah terbanyak yang akan menyebabkan emisi gas rumah kaca (GRK) (Sari et al.,

2019). Sedangkan pengolahan sampah adalah suatu proses untuk mengurangi volume sampah dan/atau mengubah bentuk sampah menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat. Adapun cara yang dilakukan untuk mengolah sampah antara lain dengan cara pembakaran, pengomposan, pemadatan, penghancuran, pengeringan, dan pendauran-ulang.

Saat ini pengolahan sampah organik dapat dilakukan dengan peran lalat tentara hitam atau yang biasa disebut dengan larva *black soldier fly* (BSF). Menurut Dortmans et al., (2017), larva BSF merupakan jenis

serangga yang sangat tepat untuk melakukan pengolahan terhadap sampah organik. Larva BSF dapat menguraikan sampah organik yang mengandung 60% hingga 90% kandungan air. Selain itu untuk kebutuhan nutrisi makanan larva *black soldier fly* merupakan bahan-bahan yang tinggi akan protein dan karbohidrat yang baik bagi larva. Pengolahan sampah dapat mencegah dan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) agar terhindar dari bencana perubahan iklim (Falatehan & Sari, 2020), dimana akumulasi gas rumah kaca di atmosfer meningkatkan suhu rata-rata global (Sari et al., 2019)

Larva BSF dapat mengkonsumsi berbagai variasi makanan. Fleksibilitas dari makanan larva BSF yang dapat menjadikan BSF sebagai serangga yang ideal dalam memproduksi protein. Larva BSF dapat diberi berbagai jenis makanan seperti sampah dapur, buah-buahan, sayuran, hati, limbah ikan, limbah perkotaan, limbah manusia, serta kotoran hewan (Yuwono & Mentari, 2018).

Nutrisi merupakan sumber makanan bagi lalat dewasa. Jumlah nutrisi lalat dewasa mempengaruhi tingkat kesuburan, dan pertumbuhan lalat dewasa. Menurut Makkar et al., (2014), kebutuhan nutrisi lalat dewasa dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu kandungan lemak yang disimpan pada saat masa pupa. Sehingga pada saat simpanan lemak habis, maka akan menyebabkan lalat mati.

METODE

Penelitian ini menggunakan data berupa data sekunder yang didapatkan dari literatur dan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenahan Tanah, serta data primer yang didapatkan dari hasil eksperimen yang selanjutnya analisis data yang ditampilkan dalam bentuk analisis deskriptif berupa gambar dan tabel.

Pada penelitian ini pembuatan pupuk organik cair berasal dari hasil samping pengolahan sampah organik berupa *leachate*. Proses pertama yang dilakukan yaitu pemberian makan pada larva BSF dengan

sampah rumahan. Selanjutnya setelah 3 hari dilakukan pemanenan *leachate* dan selanjutnya dibuat menjadi sampel pupuk organik cair. Setelah menjadi pupuk organik cair, sampel dilakukan uji laboratorium dan dianalisis menggunakan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenahan Tanah. Alur penelitian pupuk organik cair dimulai dengan penguraian sampah organik dengan BSF, pemanenan *leachate* dari bioreaktor sampah organik, pembuatan pupuk cair dari *leachate*, uji laboratorium, dan analisis uji laboratorium dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenahan Tanah.

Pada pembuatan pupuk organik cair, terbagi kedalam 10 sampel tanpa pengulangan. Pada penamaan sampel, digunakan beberapa kode yang memiliki arti, seperti penggunaan angka 7 artinya 7 hari, penggunaan angka 14 artinya 14 hari. Adapun variasi sampel yang digunakan yaitu 7A (500 ml *leachate* dan 0 ml EM4) selama 7 hari, 7B (480 ml *leachate* dan 20 ml EM4) selama 7 hari, 7C (460 ml *leachate* dan 40 ml EM4) selama 7 hari, 14A (500 ml *leachate* dan 0 ml EM4) selama 14 hari, 14B (480 ml *leachate* dan 20 ml EM4) selama 14 hari, 14C (460 ml *leachate* dan 40 ml EM4) selama 14 hari, A1 (500 ml *leachate* dan 0 ml EM4) dengan aerasi selama 14 hari, A2 (460 ml *leachate* dan 40 ml EM4) dengan aerasi selama 14 hari, TA1 (500 ml *leachate* dan 0 ml EM4) tanpa aerasi selama 14 hari, dan TA2 (460 ml *leachate* dan 40 ml EM4) tanpa aerasi selama 14 hari.

Kualitas *leachate* sebagai pupuk organik cair yang diuji yaitu nilai logam berat (As, Hg, Pb, dan Cd), nilai pH, nilai hara makro (N, P, dan K), nilai hara mikro (Fe, Mn, Cu, Zn, dan Mo), serta nilai mikroba kontaminan (*E. coli* dan *Salmonella sp.*). Pengujian sampel pupuk organik cair dilakukan pada Laboratorium SIG Bogor (PT. Saraswanti Indo Genetech). Adapun persyaratan mutu pupuk organik cair berdasarkan Keputusan

Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenahan Tanah pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu pupuk organik cair

No.	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1.	C-organik	%	min 10
2.	N-organik	%	min 0,5
Logam Berat			
-	As	ppm	maks 5
-	Hg	ppm	maks 0,2
3.	- Pb	ppm	maks 5
-	Cd	ppm	maks 1
-	Cr	ppm	maks 40
-	Ni	ppm	maks 10
4.	pH	-	4 - 9
Hara Makro :			
5.	(N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	%	2 - 6
Mikroba Kontaminan			
6.	- <i>E.coli</i>	MPN/ gr	< 1 x 10 ²
-	<i>Salmonella sp</i>	MPN/ gr	< 1 x 10 ²
Hara Mikro			
-	Fe total	ppm	90 - 900
-	Mn	ppm	25 - 500
7.	- Zn	ppm	25 - 500
-	Cu	ppm	25 - 500
-	Mo	ppm	2 - 10
Unsur Lain :			
8.	Na	ppm	maks 2000
	Cl		

Sumber: Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Persyaratan Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenahan Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan pupuk organik cair dilakukan dengan memberi makan BSF dengan menggunakan sampah organik. Sampah organik yang digunakan berupa sampah organik hasil rumah dan sampah organik yang berasal dari pasar (sayur-sayuran). Pembuatan pupuk cair dari sampah

organik ini membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dimana proses degradasi limbah sisa produksi memiliki dampak berupa emisi Gas Rumah Kaca (GRK) (Sari et al., 2019).

Pupuk organik ini juga bermanfaat untuk mempercepat pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk organik berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sehingga dosis yang diberikan harus tepat agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal (Purba et al., 2019). Kesuburan tanah yang umumnya rendah dapat diperbaiki dengan pupuk organik cair tersebut (Purba et al., 2020). Pupuk tersebut berupa inokulan yang memanfaatkan bakteri indigenous yang merupakan teknologi pemupukan dengan pendekatan biologis, menciptakan stimulan dengan mengumpulkan sejumlah mikroba khusus, yaitu bakteri pencampur N (nitrogen), mikroba pelarut P (fosfat), mikroba pendegradasi selulosa, hormon pertumbuhan *indole acetic acid* (IAA). Bakteri ini aktif dan agresif menginfeksi akar sehingga akar terhindar dari infeksi bakteri lain yang merugikan tanaman dan dapat memperbaiki aerasi tanah, serta tanah menjadi subur.

Pada penelitian ini, sampah organik yang diberikan seberat 9,1 kg yang selanjutnya dicacah kasar agar lebih memudahkan BSF untuk mengurai sampah organik tersebut. Selanjutnya, setelah 3 hari sampah organik diuraikan oleh BSF, maka dilakukan pemanenan *leachate*. Pemanenan *leachate* dilakukan dengan membuka pipa *leachate* yang ada pada *bioreactor*. Total *leachate* yang dipanen sebanyak 7.250 ml. Sedangkan *leachate* yang diperlukan hanya 4.800 ml. Pembuatan pupuk organik cair dibagi kedalam 10 sampel yang nantinya dilakukan uji laboratorium dengan acuan baku mutu berdasarkan Keputusan Peraturan Menteri Pertanian No.261 Tahun 2019.

Hasil laboratorium digolongkan berdasarkan logam berat, yang terdiri dari; (As, Hg, Cd, dan Pb), lalu parameter pH, selanjutnya parameter yang tergolong dalam hara makro, yang terdiri dari; (N,P, dan K), lalu parameter hara mikro, yang terdiri dari;

(Fe, Mn, Cu, Zn, dan Mo) dan yang terakhir adalah yang termasuk pada parameter mikroba kontaminan, yang terdiri dari; (*Escherichia Coli* dan *Salmonella sp.*)

A. Logam Berat

Menurut Suriadikarta & Setyorini (2006), adanya logam berat ataupun bahan beracun

dapat membahayakan kesehatan manusia. Logam berat atau bahan beracun ini akan terserap oleh tanaman, jika termakan oleh manusia nantinya seluruh rantai makanan akan terkontaminasi dengan logam berat atau bahan beracun ini.

Tabel 2. Hasil uji arsenik (As), merkuri (Hg), cadmium (Cd), dan timbal (Pb) pupuk organik cair

Sampel	Hasil Laboratorium	Baku Mutu (KepMenTan No. 261 Tahun 2019)				Keterangan [As, Hg, Cd, Pb]
		[ppm]				
		Arsenik (As)	Merkuri (Hg)	Cadmium (Cd)	Timbal (Pb)	
7A	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
7B	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
7C	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
14A	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
14B	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
14C	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
A1	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
A2	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
TA1	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu
TA2	tidak terdeteksi	maks 5	maks 0,2	maks 1	maks 5	sesuai baku mutu

Sumber: Hasil uji laboratorium SIG Bogor (PT. Saraswanti Indo Genetech).

Pada Tabel 2. didapatkan bahwa nilai logam berat berupa arsenik (As), merkuri (Hg), cadmium (Cd), dan timbal (Pb) tidak terdeteksi. Artinya dalam pupuk organik cair yang telah dibuat, tidak mengandung logam berat timbal dikarenakan kandungan logam berat ini tidak dapat terdeteksi.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan yaitu Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, disebutkan bahwa nilai baku mutu untuk parameter As, Hg, Cd dan Pb berturut adalah maksimal 5 ppm, maksimal 0,2, maksimal 1 ppm dan maksimal 5 ppm. Oleh karena itu, hasil laboratorium untuk uji parameter logam berat telah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

B. pH (Derajat Keasaman)

Menurut Karoba et al., (2015), pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh pH. Kondisi pH yang tidak sesuai akan mempengaruhi penyerapan unsur hara oleh tanaman. Selain itu, pH juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroba untuk menguraikan bahan organik yang berada dalam media penguraiannya.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan yaitu Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, pH pupuk organik cair yang diperbolehkan adalah antara 4-9. Jika dibandingkan dengan hasil laboratorium yang didapatkan pada Tabel 3. maka pH dari 10 sampel pupuk organik cair ini telah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Nilai pH yang tertinggi terdapat

pada sampel dengan kode A1 yaitu 8,58. Sedangkan nilai pH yang terendah terdapat pada sampel dengan kode TA2 yaitu 6,58. Menurut Ekawandani (2018), nilai pH selama masa pengomposan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba. Jika nilai pH terlalu tinggi, maka akan membuat unsur nitrogen dalam kompos berubah menjadi ammonia (NH_3). Selama proses pengomposan, pH akan mengalami kenaikan akibat terjadinya penguraian protein yang ada di dalam bahan organik. Kenaikan nilai pH dapat disebabkan oleh bakteri yang dapat mengkonversi asam organik yang sebagian bersifat racun bagi tanaman (Falatehan & Sari, 2020) menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti metana, ammonia serta karbondioksida. Namun jika nilai pH terlalu rendah, maka akan menyebabkan sebagian mikroba mati dan akan mengganggu proses pengomposan.

Tabel 3. Hasil uji pH pupuk organik cair

Sampel	Hasil Laboratorium	Baku Mutu (KepMenTan No.261 Tahun 2019)	Keterangan
7A	7,89	4 - 9	sesuai baku mutu
7B	7,58	4 - 9	sesuai baku mutu
7C	6,90	4 - 9	sesuai baku mutu
14A	7,74	4 - 9	sesuai baku mutu
14B	7,35	4 - 9	sesuai baku mutu
14C	6,66	4 - 9	sesuai baku mutu
A1	8,58	4 - 9	sesuai baku mutu
A2	8,52	4 - 9	sesuai baku mutu
TA1	7,70	4 - 9	sesuai baku mutu
TA2	6,58	4 - 9	sesuai baku mutu

Sumber: Hasil uji laboratorium SIG Bogor (PT. Saraswanti Indo Genetech).

C. Hara Makro

Hara makro yang terdiri dari unsur Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K) adalah unsur-unsur yang penting untuk tanaman dan tanah. Nitrogen yang dihasilkan oleh air lindi akan berdampak buruk jika masuk ke dalam badan air karena dapat mempengaruhi tingkat kesuburan dan status trofik badan air tersebut

(Sari et al., 2019). Menurut Kushartono (2012), Nitrogen merupakan unsur makro yang memiliki bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan suatu tumbuhan sehingga dapat bertumbuh pesat. Unsur ini juga diperlukan tanaman sebagai unsur penyusun protein dalam membentuk jaringan dalam makhluk hidup. Di dalam tanah, unsur nitrogen sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Lalu menurut Ekawandani (2018), selain unsur nitrogen, juga dibutuhkan unsur kalium oleh tanaman yang memiliki fungsi penting saat proses fotosintesis yaitu saat pembentukan protein dan selulosa yang berguna untuk memperkuat batang tanaman. Pada dasarnya di dalam bahan organik telah terdapat kandungan unsur kalium, hanya saja unsur tersebut masih dalam bentuk organik kompleks yang tidak dapat diserap langsung oleh tanaman.

Bahan organik kompleks akan terurai menjadi bahan organik yang lebih sederhana dengan proses dekomposisi. Selanjutnya bahan organik atau unsur kalium yang lebih sederhana ini dalam diserap oleh tanaman. Selain itu juga dibutuhkan unsur fosfor. Untuk tumbuhan, fosfor memiliki peran yang penting dalam proses fotosintesis dan dalam fisiologi kimiawi tanaman dalam pembelahan sel serta pengembangan jaringan tanaman. Fosfor juga berfungsi dalam meningkatkan unsur hara dan kesuburan tanah. Unsur fosfor dapat terbentuk selama pengomposan atas bantuan dari mikroba. Unsur fosfor yang terdapat di dalam bahan organik diubah dan dimineralisasikan menjadi senyawa organik yang dapat diserap oleh tanaman selama proses penguraian. Berikut Tabel 4. Hasil Uji Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) :

Berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk parameter nitrogen (N) yaitu minimal 2 – 6 %. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu yang digunakan, maka nilai N setiap sampel tidak sesuai dengan baku mutu. Nilai N, yang dihasilkan dari semua sampel pupuk cair

terbilang sangat rendah. Rendahnya nilai hara makro berupa nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dapat disebabkan oleh proses pengomposan yang terlalu cepat ataupun pemanenan *leachate* yang terlalu awal. Jika dibandingkan dari 10 sampel, maka nilai tertinggi untuk parameter nitrogen (N) ada pada sampel dengan kode 7B yaitu 0,33%. Nilai nitrogen mengalami peningkatan dapat diakibatkan adanya penguapan karbondioksida selama proses pengomposan,

sedangkan nilai nitrogen menurun dapat diakibatkan karena pori-pori tumpukan kompos yang terlalu lebar atau besar, yang dapat menyebabkan nitrogen yang telah terbentuk terlepas ke udara. Selain itu, menurut Polprasert (2007), nilai nitrogen yang meningkat juga dapat disebabkan oleh pH yang bersifat asam, sedangkan nilai nitrogen yang rendah akibat pH yang bersifat basa.

Tabel 4. Hasil uji nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) pupuk organik cair

Sampel	Hasil Laboratorium Nitrogen (N)	Hasil Laboratorium Fosfor (P)	Hasil Laboratorium Kalium (K)	Baku Mutu [N,P,K] (KepMenTan No.261 Tahun 2019)	Keterangan [N,P,K]
7A	0,12	0,17	0,39	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
7B	0,33	0,13	0,31	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
7C	0,15	0,13	0,29	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
14A	0,18	0,15	0,28	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
14B	0,29	0,14	0,29	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
14C	0,23	0,14	0,28	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
A1	0,05	0,18	0,36	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
A2	0,05	0,17	0,38	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
TA1	0,01	0,14	0,29	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu
TA2	0,08	0,15	0,30	2 – 6 %	tidak sesuai baku mutu

Sumber: Hasil uji laboratorium SIG Bogor (PT. Saraswanti Indo Genetech).

Selanjutnya berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk parameter fosfor (P) yaitu minimal 2 – 6 %. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu yang digunakan, maka nilai P setiap sampel tidak sesuai dengan baku mutu. Nilai P yang dihasilkan dari semua sampel pupuk cair terbilang sangat rendah. Rendahnya nilai hara makro berupa nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dapat disebabkan oleh proses pengomposan yang terlalu cepat ataupun pemanenan *leachate* yang terlalu awal. Jika dibandingkan dari 10 sampel, maka nilai tertinggi untuk parameter parameter fosfor (P) ada pada sampel dengan kode A1 yaitu 0,18%. Lalu menurut Hidayati et al. (2011), tingginya kandungan fosfor juga dapat dipengaruhi oleh tingginya kandungan nitrogen yang dapat membuat mikroba

perombak fosfor meningkat sehingga kandungan fosfor juga akan meningkat.

Selanjutnya berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk parameter nitrogen kalium (K) yaitu minimal 2 – 6 %. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu yang digunakan, maka nilai K setiap sampel tidak sesuai dengan baku mutu. Nilai K yang dihasilkan dari semua sampel pupuk cair terbilang sangat rendah. Jika dibandingkan dari 10 sampel, maka nilai tertinggi untuk parameter tertinggi untuk parameter kalium (K) ada pada sampel dengan kode 7A yaitu 0,39%. Nilai kalium yang tinggi dapat disebabkan dari terbentuknya asam organik selama proses penguraian lebih cepat. Rendahnya nilai hara makro berupa kalium (K) dapat disebabkan oleh proses pengomposan yang terlalu cepat ataupun

pemanenan *leachate* yang terlalu awal. Hasil uji terlampir pada Tabel 4.

D. Hara Mikro

Unsur hara mikro terdiri dari besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), dan molibdenum (Mo). Qoidani (2017) menyebutkan bahwa pupuk organik cenderung mengandung nilai hara makro yang rendah, tetapi mengandung nilai hara mikro dalam nilai cukup yang sangat diperlukan pertumbuhan tanaman. Menurut Sutejo (1995), biasanya unsur mikro hanya dibutuhkan kurang dari 50 ppm. Unsur besi (Fe) merupakan salah satu unsur penting dalam pembentukan zat hijau daun, pembentukan zat karbohidrat, lemak, protein, serta enzim. Terdapatnya zat besi yang berlebihan akan membahayakan tanaman,

tanaman bisa mengenai keracunan. Lalu terdapat juga unsur mangan (Mn), nilai mangan diperlukan sebagai pembentukan zat protein dan vitamin C oleh tanaman. Selain itu, unsur mangan juga dapat untuk mempertahankan kondisi hijau daun pada daun yang telah tua. Selanjutnya terdapat unsur tembaga (Cu). Unsur tembaga diperlukan dalam pembentukan enzim-enzim dan juga sebagai pembentukan zat hijau daun. Selain itu yang merupakan unsur hara mikro adalah seng (Zn). Unsur seng tidak dibutuhkan dalam jumlah banyak, karena jika berlebihan akan membuat tanaman keracunan. Pada Tabel 5 disajikan hasil uji laboratorium terhadap kadar besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), dan molibdenum (Mo).

Tabel 5. Hasil uji besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), dan molibdenum (Mo) pupuk organik cair

Sampel	Hasil Laboratorium Besi [Fe]	Baku Mutu [ppm]	Hasil Laboratorium Mangan [Mn]	Hasil Laboratorium Tembaga [Cu]	Hasil Laboratorium Seng [Zn]	Baku Mutu (Mn, Cu dan Zn) [ppm]	Hasil Laboratorium Molibdenum (Mo)	Baku Mutu [ppm]	Keterangan [Fe, Mn, Cu, Zn, Mo]
7A	6,95	90 - 900	7,95	tidak terdeteksi	15,10	25 - 500	0,06	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
7B	5,65	90 - 900	2,08	tidak terdeteksi	7,55	25 - 500	6,33	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
7C	6,15	90 - 900	3,27	tidak terdeteksi	9,25	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
14A	8,80	90 - 900	1,40	0,38	5,55	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
14B	1,25	90 - 900	1,46	0,25	2,85	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
14C	1,20	90 - 900	1,52	0,29	3,50	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
A1	1,30	90 - 900	1,31	0,30	4,35	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
A2	0,20	90 - 900	1,63	0,23	4,00	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
TA1	tidak terdeteksi	90 - 900	1,02	0,27	7,10	25 - 500	0,05	2 - 10	tidak sesuai baku mutu
TA2	0,75	90 - 900	1,57	0,31	3,20	25 - 500	tidak terdeteksi	2 - 10	tidak sesuai baku mutu

Sumber: Hasil uji laboratorium SIG Bogor (PT. Saraswanti Indo Genetech).

Berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk parameter besi (Fe) yaitu 90 - 9.00 ppm. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu, maka nilai besi (Fe) tidak

memenuhi baku mutu yang digunakan. Nilai parameter besi (Fe) yang tertinggi ada pada sampel dengan kode 14A yaitu 8,80 ppm.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk mangan (Mn)

yaitu 25 - 500. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu, maka nilai Mn tidak memenuhi baku mutu yang digunakan. Lalu nilai parameter mangan (Mn) yang tertinggi terdapat pada sampel dengan kode 7A yaitu 7,95 ppm.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk nilai baku mutu untuk tembaga (Cu) yaitu 25 - 500 ppm. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu, maka nilai tembaga (Cu) tidak memenuhi baku mutu yang digunakan. Untuk nilai parameter tembaga (Cu) yang tertinggi terdapat pada sampel dengan kode 14A yaitu 0,38 ppm.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk parameter seng (Zn) yaitu 25 - 500 ppm. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu, maka nilai seng (Zn) tidak memenuhi baku mutu yang digunakan. Nilai parameter seng (Zn) yang tertinggi terdapat pada sampel dengan kode 7A yaitu 15,10 ppm.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, maka nilai baku mutu untuk parameter molibdenum (Mo) yaitu 2 - 10 ppm. Jika dibandingkan antara 10 sampel hasil uji laboratorium dengan baku mutu, maka nilai molibdenum (Mo) tidak memenuhi baku mutu yang digunakan. Dan nilai parameter molibdenum (Mo) yang tertinggi terdapat pada sampel dengan kode 7B yaitu 6,33 ppm. Menurut Ma'ruf (2017), unsur molibdenum dalam tanah dipengaruhi oleh pH. Semakin rendah pH maka ketersediaan unsur molibdenum juga akan rendah. Hasil uji terlampir pada Tabel 5.

E. Mikroba Kontaminan

Saat ini banyak pupuk organik cair yang telah digunakan pada tanaman, sayuran, buah-buahan, ataupun pada tanaman hias. Pupuk organik cair bisa saja mengandung

bakteri patogen, seperti *E. coli* dan *Salmonella sp.* Bakteri patogen ini dapat membahayakan kesehatan manusia, terutama jika dikonsumsi. Menurut Lee W, Riley (1988), *Escherichia coli* merupakan bakteri patogen yang dapat menyebabkan diare berdarah jika dikonsumsi oleh manusia. Selain itu *E. coli* juga dapat menyerang sistem saraf pusat pada manusia. Lalu menurut Tirado and Schmidt (2001), infeksi yang diakibatkan oleh *Salmonella sp* melalui makanan yang dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan penyakit radang usus. Selain membawa penyakit, menurut Karim et al., (2014), adanya aktivitas mikroba kontaminan dalam proses pengomposan dalam pupuk cair dapat mengganggu kehidupan bakteri yang menguntungkan selama proses fermentasi.

Berdasarkan baku mutu yang digunakan, yaitu Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019, nilai baku mutu untuk mikroba kontaminan berupa *E.coli* dan *Salmonella sp.* adalah masing-masing $< 1 \times 10^2$. Jika dibandingkan antara hasil uji laboratorium dan baku mutu yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 6 bahwa hanya nilai kandungan *E.coli* yang ada pada sampel A1 dan A2 yang telah sesuai dengan baku mutu yang digunakan karena dibawah standar baku mutu yaitu 0,36 MPN/ gr. Perlakuan aerasi mengurangi kandungan *E.coli* dan *Salmonella Sp* sehingga sampel A1 dan A2 sesuai baku mutu. Lalu pada Tabel 6, jika dibandingkan antara hasil uji laboratorium untuk 10 sampel dan baku mutu yang digunakan, maka nilai kandungan *Salmonella sp.* telah sesuai dengan baku mutu.

F. Karakteristik Kematangan Pupuk Organik Cair

Menurut Rajiman (2020), pupuk organik cair yang telah jadi akan diikuti dengan penyusutan volume pupuk organik cair yang dapat mencapai hingga setengah dari volume semula. Pupuk organik cair yang telah matang akan mengalami perubahan warna menjadi coklat kehitam-hitaman. Secara fisik, tingkat

kematangan pupuk organik cair dapat diamati dengan beberapa cara sebagai berikut:

1. Diciium/ dibau

Pupuk organik cair yang telah matang akan berbau seperti tanah, meskipun sampah perkotaan. Jika pupuk cair masih berbau seperti bahan mentahnya atau bahan awalnya, maka bisa dikatakan pupuk cair tersebut masih belum matang. Pupuk cair yang menimbulkan bau tidak sedap, berarti terjadi fermentasi dalam suasana anaerobik dan juga menghasilkan senyawa berbau yang kemungkinan dapat berbahaya bagi tanaman. Pada 10 sampel pupuk organik cair yang telah

ada, 8 dari sampel dibuat dalam kondisi anaerob.

Delapan sampel pupuk cair tersebut adalah sampel 7A, 7B, 7C, 14A, 14B, 14C, TA1, dan TA2, yang memang benar menghasilkan bau yang sangat tidak sedap. Sedangkan 2 sampel lainnya dengan kode A1 dan A2 dilakukan dalam kondisi aerasi. Sampel A1 dan A2 memiliki bau yang tidak terlalu menyengat walaupun masih berbau tidak sedap. Menurut peneliti, sampel A1 dan A2 masih menghasilkan bau yang tidak sedap dikarenakan pupuk cair yang masih belum matang.

Tabel 1. Hasil uji E. Coli dan Salmonella sp. pupuk organik cair

Sampel	Hasil Laboratorium E. Coli	Baku Mutu (KepMenTan No.261 Tahun 2019) [MPN/ gr]	Keterangan	Hasil Laboratorium Salmonella Sp.	Baku Mutu (KepMenTan No.261 Tahun 2019) [MPN/ gr]	Keterangan
7A	267,50	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
7B	142,50	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
7C	267,50	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
14A	6003,75	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
14B	1100,00	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
14C	1100,00	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
A1	0,36	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
A2	0,36	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
TA1	180,00	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu
TA2	210,00	< 1 x 10 ²	tidak sesuai baku mutu	negative	< 1 x 10 ²	sesuai baku mutu

Sumber: Hasil uji laboratorium SIG Bogor (PT. Saraswanti Indo Genetech).

2. Warna Pupuk organik cair

Indikator pupuk cair yang telah matang dapat dilihat dari perubahan warna asal menjadi warna coklat kehitam-hitaman. Dari 10 sampel yang ada, hanya 7 sampel yang warnanya menjadi coklat kehitam-hitaman. 7 sampel tersebut yaitu sampel dengan kode 14A, 14B, 14C, A1, A2, TA1, dan TA2. Sedangkan 3 sampel lainnya yaitu sampel dengan kode 7A, 7B, dan 7C masih dalam warna yang coklat. Menurut peneliti hal ini dapat disebabkan waktu pengomposan pada sampel 7A, 7B, dan 7C masih terlalu cepat.

3. Penyusutan

Penyusutan pupuk cair sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan mentah dan tingkat kematangan pupuk cair. Sejalan dengan kematangan pupuk cair, maka akan menyebabkan penyusutan dari volume pupuk cair. Penyusutan yang semakin besar dapat menunjukkan tingkat kematangan pupuk cair yang meningkat. Penyusutan tersebut kurang lebih antara 20-40%.

Dari 10 sampel pupuk organik cair yang ada, 2 diantara sampel tersebut terlihat adanya penyusutan volume di dalam botol sampel. 2 sampel tersebut adalah sampel dengan kode A1 dan A2. Pada 2 sampel ini terlihat adanya penyusutan yang lumayan banyak.

Sedangkan pada 7 sampel lainnya yaitu sampel 7A, 7B, 7C, 14A, 14B, 14C, TA1, dan TA2 terlihat adanya penyusutan tapi hanya sedikit. Menurut peneliti, pada 7 sampel yang hanya terlihat penyusutan sedikit

kemungkinan disebabkan pupuk cair yang belum terlalu matang. Peneliti tidak dapat menyebutkan seberapa banyak terjadi penyusutan dikarenakan peneliti tidak melakukan pengukuran.



Gambar 1. Sampel hari pertama



Gambar 2. Sampel hari terakhir (H+14)



Gambar 3. Sampel hari pertama



Gambar 4. Sampel hari terakhir (H+14)

SIMPULAN

Dari hasil uji laboratorium pupuk organik cair, didapatkan bahwa nilai kandungan logam berat, 2 sampel dengan kandungan mikroba kontaminan berupa *E.coli* dan 10 sampel dengan kandungan mikroba kontaminan berupa *Salmonella sp.* telah sesuai dengan baku mutu. Namun nilai unsur hara makro, hara mikro dan bakteri *E.coli* dari 7 sampel belum memenuhi baku mutu. Perlakuan aerasi mengurangi kandungan *E.coli* dan *Salmonella sp.*

Dari penelitian ini dapat diberikan saran antara lain sebagai berikut: 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan reaktor tipe kering. Hal ini disebabkan reaktor yang peneliti gunakan merupakan bioreaktor tipe basah; 2) Perlu dilakukan pengomposan dan pemanenan sampel *leachate* pada sampel pupuk cair yang lebih lama agar hasil yang didapatkan dapat memenuhi baku mutu yang digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, Indonesia (Skema PTUPT), dengan nomor kontrak 309/E4.1/AK.04.PT/2021; 3511/LL3/KR/2021; 126/SPK/LPP-UB/VII/2021 dan

Universitas Bakrie dengan nomor kontrak 141/SPK/LPP-UB/VII/2021 yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Awur, T., Kushartono, E. W., & Setiyaningrum, E. (2012). Aplikasi Perbedaan Komposisi N, P dan K pada Budidaya *Eucaema cottonii* di Perairan Teluk Awur, Jepara. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 14(3), 164-169-169. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.14.3.164-169>
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrugg, C. (2017). *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF): Panduan Langkah-Langkah Lengkap*.
- Ekawandani, N. (2018). *Pengomposan Sampah Organik (Kubis Dan Kulit Pisang) Dengan Menggunakan Em4*. 12(1), 38-43. <https://doi.org/10.31227/osf.io/3gt26>
- Falatehan, A. F., & Sari, D. A. P. (2020). Characteristics of Peat Biomass as an Alternative Energy and Its Impact on the Environment. *Solid State Technology*, 63(5), 4700-4712. www.solidstatetechnology.us

- Hidayati, Y. A., Kurnani, T. B. A., Marlina, E. T., & Ellin, H. (2011). Kualitas Pupuk Cair Hasil Pengolahan Feses Sapi Potong Menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. *Jurnal Ilmu Ternak*, 11(2), 104–107.
- Karim, F. A., Swatawati, F., & Anggo, A. D. (2014). Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3, 52–58.
- Karoba, F., Nurjasmi, R., & Suryani, S. (2015). Pengaruh Perbedaan pH terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleracea*) Sistem Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique). *Jurnal Ilmiah Respati Pertanian*, 7(2), 529–534.
- Lee W, Riley, et. al. (1988). Hemorrhagic Colitis Associated With A Rare *Escherichia Coli* Serotype. *The New England Journal of Medicine*, 1244–1248.
- Ma'ruf, A. (2017). Peranan Unsur Hara Molibdenum Dalam Penambatan Nitrogen. 19(3), 150–155. <https://doi.org/10.31227/osf.io/8qd5j>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197(November 2017), 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Polprasert, C. (2007). *www.iwapublishing.com Organic Waste Recycling Technology and Management 3rd Edition: Vol. third.*
- Purba, J. H., Wahyuni, P. S., & Febryan, I. (2019). Kajian Pemberian Pupuk Kandang Ayam Pedaging dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Hasil Petsai (*Brassica chinensis* L.). *Agro Bali : Agricultural Journal* 2(2), 77–88. <https://doi.org/10.37637/ab.v2i2.383>
- Purba, J. H., Wahyuni, P. S., Zulkarnaen, Z., Sasmita, N., Yuniti, I. G. A. D., & Pandawani, N. P. (2020). Growth and yield response of shallot (*Allium ascalonicum* L. var. Tuktuk) from different source materials applied with liquid biofertilizers. *Nusantara Bioscience*, 12(2), 127–133. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n120207>
- Rajiman. (2020). Pengantar Pemupukan. In *Deepublish.*
- Sari, D. A. P., Fadiilah, D., Azizi, A., & Pawenary. (2019). Energy Sector CO2 Emission In Palm Oil Mill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1364, 012003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012003>
- Sari, D. A. P., Hutami, R. D., Azizi, A., & Fairus, S. (2019). Analysis of Water Quality Based On Phytoplankton Abundance And Number of Nutrients. *Agricultural Science*, 3(1), 57–72. <http://agriscience.scientific-work.org/index.php/agriscience/article/view/33>
- SNI 19-2454-2002. (2002). *Tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan.*
- Suriadikarta, D. ., & Setyorini. (2006). Baku Mutu Pupuk Organik. *Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati*, 231–244.
- Tirado, C., & Schmidt, K. (2001). WHO surveillance programme for control of foodborne infections and intoxications: Preliminary results and trends across greater Europe. *Journal of Infection*, 43(1), 80–84. <https://doi.org/10.1053/jinf.2001.0861>
- Yuwono, A. S., & Mentari, P. D. (2018). *Penggunaan Larva (Maggot) Black Soldier Fly (BSF) dalam Pengolahan Limbah Organik.* Bogor, Indonesia : SEAMEO BIOTROP Southeast Asian Regional Centre For Tropical Biology.