



JURNAL

Program Studi Teknik Lingkungan - Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



SAINS & TEKNOLOGI LINGKUNGAN



Jurnal Saintek
Lingkungan UII

Vol.11 No. 1

Hal.
01 - 86

Yogyakarta
Januari 2019

ISSN
2085-1227



Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

EDITORIAL TEAM

EDITOR IN CHIEF

Eko Siswoyo, Ph.D., Universitas Islam Indonesia, Indonesia

EDITORIAL BOARD/REVIEWER

Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Is Fatimah	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Ir. Kasam, MT	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Joni Aldilla Fajri	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Dr. Suphia Rahmawati	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Puji Lestari, M.Sc.	Universitas Islam Indonesia, Indonesia
Prof. Joni Hermana, Ph.D	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Arseto Yekti Bagastyo, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Ervin Nurhayati, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Bieby Voijant Tangahu, Ph.D.	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Dr. Arie Dipareza Syafei	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Erik Prasetyo, Ph.D.	Indonesian Institute of Sciences, Indonesia
Prof. Shunitz Tanaka, Ph.D	Hokkaido University, Japan
Prof. Thomas Boving, Ph.D.	University of Rhode Island, USA
Prof. Tsair Fuh-Lin, Ph.D.	National Cheng Kung University, Taiwan



Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

PUBLISHER

Department of Environmental Engineering, Universitas Islam Indonesia

ABOUT JOURNAL

Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan (JSTL) published twice a year in January and June is a scientific journal that publishes scientific research papers and ideas in the field of science and technology related to environmental issues. JSTL only accepts original scientific works that have not been published by other medias. All incoming articles will be reviewed in advance by competent reviewers before being eligible for publication.

SCOPE OF JOURNAL

The scope of the journal emphasis but not limited to **Environmental Science and Technology**, i.e., drinking water treatment, wastewater treatment, solid waste treatment, solid waste management, cleaner production, air pollution management, resource recovery, water pollution, soil contamination, and other relevant fields.

PLAGIARISM CHECK

Plagiarism screening will be conducted by JSTL Editorial Board using Turnitin.

REFERENCE MANAGEMENT

Every article submitted to JSTL shall use Mendeley as reference management software.

ONLINE SUBMISSION

If you already have a Username/Password for JSTL, go to login at: <http://journal.uii.ac.id/JSTL/login>

Need a Username/Password? Go to registration at: <http://journal.uii.ac.id/JSTL/user/register>

Registration and login are required to submit items online and to check the current submission status.

ARTICLE PROCESSING CHARGE

Every article submitted to JSTL will not have any Article Processing Charges. This

includes submission, peer-reviewing, editing, publishing, maintaining and archiving, and allows

immediate access to the full text versions of the articles.

Published by Department of Environmental Engineering

ISSN 2085-1227 (print) | ISSN 2502-6119 (online)

TABLE OF CONTENT

PEMANFAATAN LIMBAH SERABUT (FIBER) KELAPA SAWIT DALAM PEMBUATAN POT ORGANIK Jaka Darma Jaya, Adzani Ghani Ilmannafian, Maimunah	1-10
SEKTOR BARU PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA (STUDI KASUS DI YOGYAKARTA, KABUPATEN SLEMAN DAN BANTUL Hijrah Purnama Putra, Enri Damanhuri, Emenda Sembiring	11-24
PEMANFAATAN MIKROALGA <i>Chlorella sp</i> UNTUK PRODUKSI LIPID DALAM MEDIA LIMBAH CAIR HOTEL DENGAN VARIASI RASIO C:N DAN PANJANG GELOMBANG CAHAYA Shinta Elystia, Sri Rezeki Muria, Sri Indra Puspa Pertiwi	25-43
PEMANFAATAN LIMBAH BUAH UNTUK PUPUK ORGANIK CAIR DENGAN PENAMBAHAN BIOAKTIVATOR EM4 Bangun Wahyu Ramadhan Ika Hariyanto Putra, Rhenny Ratnawati	44-56
IMPLEMENTATION OF ISO 9001:2015 IN COAL AND HEAVY METAL SECTOR : STUDY CASE ON DEVELOPED AND DEVELOPING COUNTRY Hiqmatu Sholichah, Gilbert Givano, Filson Maratur Sidjabat	57-73
PENGELOLAAN BANK SAMPAH BERKELANJUTAN DI WILAYAH PERDESAAN KABUPATEN BANTUL Bambang Suwerda, Su Rito Hardoyo, Andri Kurniawan	74-86

PEMANFAATAN LIMBAH SERABUT (*FIBER*) KELAPA SAWIT DALAM PEMBUATAN POT ORGANIK

Jaka Darma Jaya, Adzani Ghani Ilmannaffian, Maimunah

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut
Jl. A. Yani, Km.6, Desa Panggung, Pelaihari, Kalimantan Selatan 70815, Indonesia
Email: jaka_dj@politala.ac.id

Abstract

Plastic pots are widely used in agriculture and forestry nurseries. Its popular use has resulted in the increased pollution to the environment because they can not be decomposed by soil microorganism. It is therefore necessary to find an alternative substitute for pots made from an organic material. This study was aimed to optimize the composition of the addition of natural adhesives in the manufacture of organic pots made from fiber as palm oil waste. Furthermore, this research was conducted to characterize the physical and level of acceptance of organic pots. This study used an experimental method where results are concluded from the water content, water absorption, hedonic test and hedonic quality test. The organic pot moisture content was between 10.11-10.59%, while the absorption of organic pot water was between 129.25-155.48%. Pot with the lowest moisture content and water absorption was obtained from P2 treatment. The result of hedonic test shown that the highest level of pot acceptance in terms of color was the pot of treatment P5 and the texture aspect was the pot of treatment P1.

Keywords: *fiber, gambier, organic pots, tapioca*

Abstrak

Pot plastik sangat banyak digunakan dalam persemaian tanaman pertanian, perkebunan, dan kehutanan. Penggunaan yang semakin banyak berpotensi mencemari lingkungan karena limbah plastik tidak dapat terurai oleh mikroba tanah. Oleh karena itu diperlukan alternatif pengganti pot yang terbuat dari bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi komposisi penambahan perekat alami pada pembuatan pot organik berbahan baku limbah serabut (fiber) kelapa sawit, serta melakukan mengkarakterisasi fisik dan tingkat kesukaan terhadap pot organik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang hasilnya di uji hedonik, mutu hedonik, kadar air, dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan, kadar air pot organik berkisar antara 10,11-10,59%. Sedangkan daya serap air pot organik berkisar antara 129,25-155,48%. Pot dengan kadar air dan daya serap air paling rendah diperoleh dari perlakuan P2. Uji hedonik pot organik menunjukkan bahwa tingkat penerimaan pot tertinggi dari segi warna adalah pot dari perlakuan P5 dan segi tekstur adalah pot dari perlakuan P1.

Kata kunci: *fiber, gambir, tapioka, pot organik*

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan permasalahan global lingkungan yang jumlah dan jenisnya berbeda-beda di setiap negara (Verma *et al.*, 2016). Salah satu sumber cemaran plastik adalah pot plastik dengan durabilitas rendah yang banyak digunakan untuk persemaian mulai dari tanaman pertanian,

perkebunan hingga tanaman perhutanan. Sampah dari pot plastik tersebut sangat sukar terurai oleh mikroba di dalam tanah, sehingga dapat mencemari lingkungan (Alshehrei, 2017).

Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan dari penggunaan pot plastik adalah dengan memberikan alternatif pengganti pot yang ramah lingkungan yaitu wadah semai berbahan dasar organik. Bahan organik seperti pati, gambir dan sejenisnya sudah mulai dikembangkan sebagai bahan baku dan perekat dalam pembuatan plastic yang mudah terdegradasi (Kamsiati *et al.*, 2017; Kasim, *et al.*, 2018). Bahan organik lain yang berpotensi besar untuk digunakan sebagai bahan pembuatan pot organik yang dapat terdegradasi adalah limbah serabut (*fiber*) kelapa sawit, dikarenakan jumlahnya yang sangat besar mencapai 13% dari total berat tandan buah segar (TBS) kelapa sawit (Susilawati dan Supijatno, 2015).

Selain mudah terdegradasi dan tidak mencemari lingkungan, pot organik juga dapat langsung ditanam di dalam tanah dan menambah bahan organik pada tanah. Pot organik dapat menjadi salah satu media tanam yang memiliki kandungan hara yang cukup baik, sehingga memberikan sumbangsih terhadap kelestarian tanah dan lingkungan. Berdasarkan hal tersebut pot organik diharapkan mampu menunjang pertumbuhan tanaman dan menjadi wadah semai dan tanam alternatif yang ramah lingkungan (Nursyamsi, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi pembuatan pot organik berbahan baku limbah *fiber* kelapa sawit dengan variasi penambahan perekat alami yaitu kanji dan gambir.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pembuatan Pot Organik

Serabut (*fiber*) kelapa sawit yang sudah dipotong kecil-kecil ($\pm 0,5$ cm) disiapkan sebanyak 100 gram. Kemudian ditimbang perekat kanji dan gambir sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan (Tabel 1). Variasi komposisi kanji dan gambir pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi perekat yang tepat dalam pembuatan pot organik. Selanjutnya perekat kanji dan gambir ditambahkan air sebanyak 150 ml, lalu dipanaskan diatas *hot plate* sampai mengental. Setelah perekat mengental dilakukan proses pencampuran sampai semua bahan tercampur rata.

Tabel 1. Komposisi Perekat Kanji dan Gambir

Perlakuan	<i>Fiber</i> (gr)	Kanji (gr)	Gambir (gr)	Air (ml)
P1	100	50	0	150
P2	100	37,5	12,5	150
P3	100	25	25	150
P4	100	12,5	37,5	150
P5	100	0	50	150

2.2 Pencetakan Pot Organik

Pot dibentuk menggunakan cetakan pot plastik sampai benar-benar berbentuk padat. Selanjutnya pot yang sudah terbentuk lalu dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan dengan menggunakan panas matahari selama total 15 jam (2-3 hari menyesuaikan durasi cahaya matahari setiap harinya).

2.3 Karakterisasi Pot Organik

2.3.1 Uji Kadar Air

Berat awal pot organik ditimbang kemudian dioven selama 2 jam dengan suhu 105°C dan dimasukkan dalam desikator selama 15 menit. Kemudian berat akhir pot organik ditimbang (Dani, 2016). Kadar air pot organik dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{\text{berat awal (g)} - \text{berat akhir (g)}}{\text{berat awal (g)}} \times 100\%$$

2.3.2 Uji Daya Serap Air

Berat awal pot (m_a) ditimbang kemudian direndam dalam air (sampai tenggelam) selama 30 menit, selanjutnya ditiriskan selama 2 menit dan ditimbang masa akhir pot dan dicatat perubahan berat pot (m_b) (Dani, 2016). Perhitungan indeks daya serap air pot dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{m_b - m_a}{m_a} \times 100\%$$

Keterangan:

m_b : masa akhir pot setelah direndam 30 menit (Kg)

m_a : masa awal pot sebelum direndam (Kg)

2.3.3 Uji Organoleptik

Uji organoleptik yang dilakukan adalah uji *score sheet* yang terdiri dari uji hedonik dan uji mutu hedonik terhadap warna dan tekstur (Setyaningsih *et al.*, 2010). Panelis yang digunakan sebanyak 15 orang yang membidangi tanaman dan pembibitan. Uji hedonik dan uji mutu hedonik ini menggunakan 5 (lima) skala numerik seperti terlihat pada Tabel 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Pot Organik

Pemotongan bahan fiber dalam pembuatan pot organik sebesar $\pm 0,5$ cm bertujuan untuk mempermudah pencetakan pot serta untuk mempermudah proses penguraiannya di lingkungan.

Fiber yang sudah dipotong kemudian dicampurkan dengan perekat alami yaitu tepung tapioka dan gambir, agar pot yang terbentuk cukup kuat untuk digunakan sebagai media tanam. Pot organik kemudian dicetak dan dikeringkan agar mengeras dan bisa digunakan sebagai media tanam.

Salah satu faktor penting dalam pembuatan pot organik adalah jenis dan jumlah perekat yang ditambahkan agar pot yang dihasilkan mempunyai kekerasan dan tekstur yang kokoh (tidak rusak ketika ditambahkan tanah atau media tanam) (Gambar 1). Perekat yang digunakan adalah perekat alami dari tepung tapioka dan gambir. Penggunaan bahan alami ini dimaksudkan agar pot yang dihasilkan mudah terdegradasi di lingkungan (Alshehrei, 2017; Paramita *et al.*, 2012).

Tabel 2. Skala uji hedonik dan mutu hedonik

Uji Hedonik		Uji Mutu Hedonik			
Skala Hedonik	Skala Numerik	Warna		Tekstur	
		Skala Mutu Hedonik	Skala Numerik	Skala Mutu Hedonik	Skala Numerik
Sangat suka	5	Cokelat kehitaman	5	Sangat keras	5
Suka	4	Cokelat tua	4	Keras	4
Agak suka	3	Cokelat	3	Agak keras	3
Tidak Suka	2	Cokelat muda	2	Tidak Keras	2
Sangat Tidak Suka	1	Tidak Cokelat	1	Sangat tidak keras	1



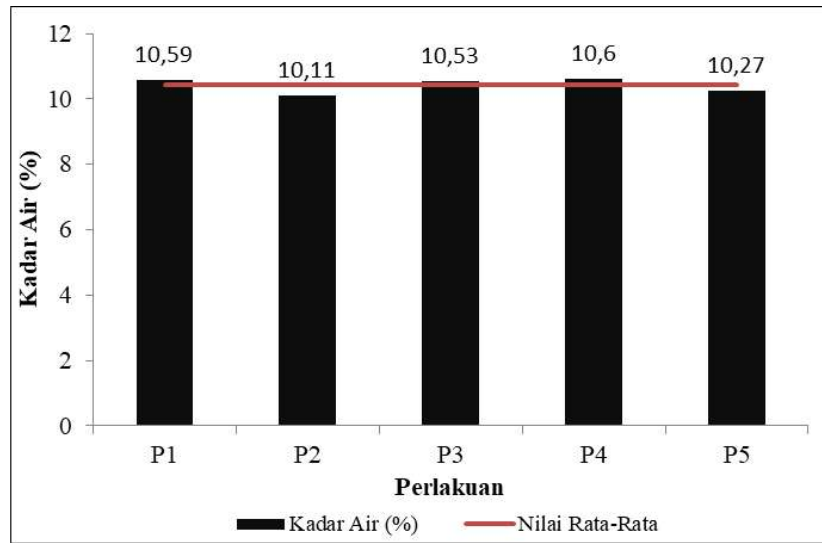
Gambar 1. Pot organik dari limbah *fiber* kelapa sawit

3.2 Karakterisasi Pot Organik

3.2.1 Kadar Air

Uji kadar air dilakukan dengan membandingkan berat awal pot dengan berat akhir pot yang sudah dipanaskan dalam oven selama selama 2 jam pada suhu 105° C. Diketahui bahwa kadar air yang tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (10,59%) dan yang terendah terdapat pada perlakuan P2 (10,11 %). Kadar air semua pot organik yang diperoleh tidak berbeda signifikan, dikarenakan lama

pengeringan yang dilakukan seragam selama 15 jam atau 2-3 hari pengeringan dibawah sinar matahari. Rata-rata nilai kadar air pot organik adalah 10,24% (Gambar 2).

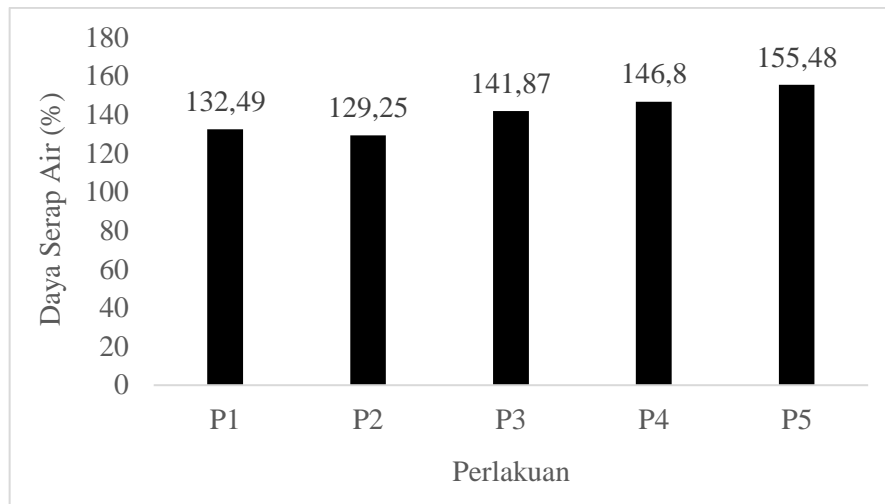


Gambar 2. Hasil Uji Kadar Air Pot Organik

Kadar air merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu pot organik, karena dapat merusak tekstur pot dan mengundang tumbuhnya jamur pengganggu. Semakin rendah kadar air maka akan memperpanjang masa simpan pot organik tersebut sedangkan semakin tinggi kadar air pot organik umumnya menyebabkan pot mudah rusak, baik karena kerusakan mikrobiologis maupun reaksi kimia (Herawati, 2008; Murdhiani & Rosmaiti, 2017). Selain itu, kadar air juga berpengaruh dalam mempercepat terjadinya perubahan dan penguraian bahan-bahan organik pada media tanam maupun pot organik (Widarti *et al.*, 2015)

3.2.2 Daya Serap Air

Daya serap air diperoleh dengan membandingkan berat sebelum dan sesudah pot direndam di dalam air. Uji daya air perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan pot ketika diaplikasikan di lapangan. Hasil uji daya serap air tertinggi terdapat pada P5 (155,48%) dan terendah terdapat pada P2 (129,25%). Secara lengkap hasil uji daya serap air dapat dilihat pada Gambar 3. Daya serap air terendah diperoleh dari P1 dan P2, hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar komposisi kanji, maka daya serap air semakin rendah. Hal ini dikarenakan perekat kanji mempermudah penutupan rongga kapiler, sehingga air tidak mudah terserap oleh pot organik (Roza, 2009).



Gambar 3. Hasil Uji Daya Serap Air Pot Organik

Pot organik merupakan suatu bahan yang memiliki sifat menyerap air dan uap. Sebaliknya, apabila udara disekitar pot organik menjadi kering, pot organik akan kehilangan air sampai kembali mencapai keseimbangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya penyerapan air pot organik adalah adanya saluran kapiler yang menghubungkan antara ruang kosong, volume ruang kosong diantar pot, luas permukaan pot yang tidak ditutupi perekat (Roza, 2009).

Tingginya daya serap air pot organik terdapat pada P5 yang menggunakan 100% perekat gambir terjadi karena ketahanan perekat gambir terhadap air yang kurang baik. Pot organik yang daya serap airnya tinggi memiliki ketahanan yang rendah, sedangkan pot organik yang daya serap airnya rendah memiliki ketahanan yang cukup baik, sehingga dapat diaplikasikan diluar maupun di dalam ruangan.

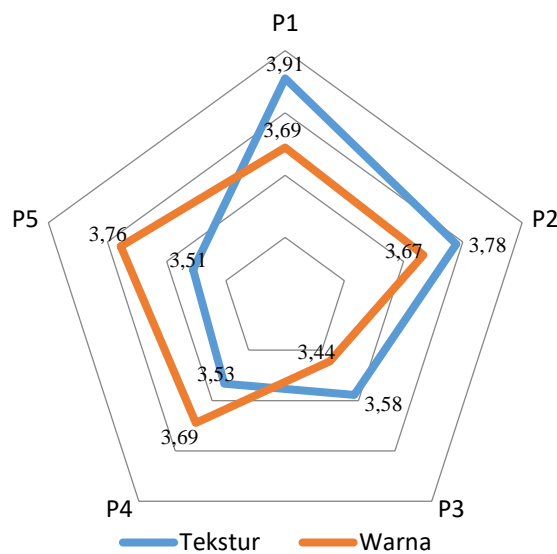
3.3 Uji Organoleptik (Uji Hedonik dan Uji Mutu Hedonik)

Berdasarkan hasil uji hedonik warna pot organik dari serabut (*fiber*) kelapa sawit tingkat kesukaan tertinggi diperoleh pada pot dengan perlakuan menggunakan perbandingan gambir 50 gram : kanji 0 gram (P5) sebesar 3,76. Warna dominan pot organik pada P5 dipengaruhi oleh penambahan gambir yang tidak hanya berfungsi sebagai perekat tapi juga berfungsi sebagai zat pewarna (Kasim, 2011). Berdasarkan uji hedonik tekstur pot organik diketahui bahwa perlakuan P1 menggunakan perbandingan kanji 50 gram : gambir 0 gram mendapatkan nilai tingkat kesukaan tertinggi yaitu 3,91. Tekstur pot menjadi lebih padat dan menarik disebabkan karena tepung tapioka memiliki kandungan amilopektin yang tinggi, sehingga mempunyai sifat mudah menggumpal, mempunyai daya lekat yang tinggi, tidak mudah pecah atau rusak dengan suhu gelatinisasi relatif rendah (52-64

°C) (Haryanti, *et al.*, 2014). Secara lengkap nilai uji hedonik rata-rata dari tiga ulangan pot yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Hasil Uji Hedonik Pot Organik

Parameter	P1	P2	P3	P4	P5
Tekstur	3,91	3,78	3,58	3,53	3,51
Warna	3,69	3,67	3,44	3,69	3,76



Gambar 4. Spiderweb chart uji hedonik tekstur dan warna pot organik

Berdasarkan hasil uji mutu hedonik pot organik dari serabut (*fiber*) kelapa sawit penilaian tertinggi warna pot organik terdapat pada P1 yaitu “Cokelat Tua”, disebabkan serabut (*fiber*) kelapa sawit memiliki warna khas coklat dan mengandung protein kasar sekitar 4% dan serat kasar 36% (lignin 26%) serta mempunyai kalor 2637kkal/kg-3998kkal/kg (Kamal, 2014). Berdasarkan analisis Anova yang dilakukan diketahui bahwa nilai F hitung lebih kecil dari F tabel 5%, sehingga disimpulkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh sangat nyata terhadap warna pot organik (Tabel 4).

Uji mutu hedonik tekstur pot organik bahwa nilai tertinggi diperoleh oleh pot dengan perlakuan P1 yaitu “Keras”. Tekstur keras pot organik disebabkan karena tepung tapioka yang digunakan sebagai perekat mengandung amilopektin yang tinggi, sehingga mempunyai sifat mudah menggumpal, mempunyai daya lekat yang tinggi, tidak mudah pecah atau rusak dan suhu gelatinisasinya relatif rendah (52-64 °C) (Saraswati, 2009). Berdasarkan analisis Anova diketahui bahwa nilai yang F hitung lebih besar dari F tabel 5% yang artinya perlakuan berpengaruh nyata terhadap tekstur pot organik (Tabel 5). Berdasarkan hasil tersebut dilakukan uji lanjut dengan uji *Duncan's Multiple*

Range Test (DMRT) untuk mengetahui pengaruh tiap perlakuan. Hasil uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menunjukkan bahwa P1 berbeda nyata dengan P2, P3, P4, dan P5. P2 berbeda nyata dengan P1, P4, P5. P3 berbeda nyata dengan P1. P4 berbeda nyata dengan P1 dan P2. P5 berbeda nyata dengan P1 dan P2. Berdasarkan uji DMRT (Tabel 6) tekstur terbaik pada perlakuan P1 (perekat kanji 100 %) dengan nilai rata-rata 4.

Tabel 4. Uji Anova mutu hedonik warna pot organik

<i>Sumber</i> <i>Varian/Ragam</i>	<i>SS/Jumlah</i> <i>Kuadrat</i>	<i>df/Kuadrat</i> <i>Bebas</i>	<i>MS/Kuadrat</i> <i>Tengah</i>	<i>F Hitung</i>	<i>F Tabel 5%</i>
Perlakuan	1,026963	4	0,256741	1,196823	3,47805
Galat	2,145185	10	0,214519		
Total	3,172148	14			

Keterangan: Tidak Berpengaruh Nyata ($F_{hitung} < F_{tabel 5\%}$)

Tabel 5. Uji Anova mutu hedonik tekstur pot organik

<i>Sumber</i> <i>Varian/Ragam</i>	<i>SS/Jumlah</i> <i>Kuadrat</i>	<i>Df/Kuadrat</i> <i>Bebas</i>	<i>MS/Kuadrat</i> <i>Tengah</i>	<i>F Hitung</i>	<i>F Tabel 5%</i>
Perlakuan	0,558815	4	0,139704	9,822917**	3,47805
Galat	0,142222	10	0,014222		
Total	0,701037	14			

Keterangan**: Berpengaruh Nyata ($F_{hitung} > F_{tabel 5\%}$)

Tabel 6. Uji DMRT tekstur pot organik

Perlakuan	Rata-rata Tekstur (0,05 %)
P5	3,44 ^a
P4	3,55 ^a
P3	3,71 ^{ac}
P2	3,8b ^{cd}
P1	4 ^e

Keterangan: angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata ($\alpha = 5\%$)

4. KESIMPULAN

Pot organik berbahan baku limbah serabut (*fiber*) kelapa sawit selain dapat mengurangi potensi limbah sawit juga dapat meningkatkan nilai ekonomi limbah. Pada penelitian ini dilakukan optimasi komposisi penambahan perekat alami pada pembuatan pot organik berbahan baku limbah serabut (*fiber*) kelapa sawit, serta melakukan mengkarakterisasi fisik dan tingkat kesukaan terhadap pot organik. Hasil penelitian menunjukkan, kadar air pot organik berkisar antara 10,11-10,59%. Sedangkan daya serap air pot organik berkisar antara 129,25-155,48%. Pot dengan kadar air dan

daya serap air paling rendah diperoleh dari perlakuan P2. Uji hedonik pot organik menunjukkan bahwa tingkat penerimaan pot tertinggi dari segi warna adalah pot dari perlakuan P5 dan segi tekstur adalah pot dari perlakuan P1.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Tanah Laut yang telah memberikan fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshehrei, F., (2017), Biodegradation of synthetic and natural plastic by microorganisms, *Journal of Applied & Environmental Microbiology*, 5(1), 8-19.
- Dani, A. L., (2016), *Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Perekat Gambir (Uncaria gambir, Roxb) Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Dari Sabut Buah Pinang*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas Padang
- Haryanti, P., Setyawati, R., & Wicaksono, R., (2014), Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan Suspensi Pati serta Konsentrasi Butanol terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa dari Tapioka, *Agritech*, 34(3), 308-315.
- Herawati, H., (2008), Penentuan umur simpan pada produk pangan, *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(1974).
- Kamal, N., (2014), *Karakterisasi dan Potensi Pemanfaatan Limbah Sawit*, ITENAS, Bandung.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y., (2017), Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu Dan Ubikayu Di Indonesia, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67-76.
- Kasim, A., (2011), *Proses Produksi dan Industri Hilir Gambir*, Andalas University Press. Padang.
- Kasim, A., Yumarni, Y., & Fuadi, A., (2018), Pengaruh Suhu dan Lama Pengempaan pada Pembuatan Papan Partikel dari Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Perekat Gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) terhadap Sifat Papan, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 5(1), 17-21.
- Murdhiani & Rosmaiti, (2017), Pembuatan Polybag Organik sebagai Tempat Media Pembibitan dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*). Seminar N.M.I. doi.org/10.31227/osf.io/jkuy7.
- Nursyamsi, N., (2015), Biopot Sebagai Pot Media Semai Pengganti *Polybag* yang Ramah Lingkungan, *Buletin Eboni*, 12(2), 121-129.
- Paramita, P., Shovitri, M., & Kuswytasari, N. D. (2012). Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), E23-E26.

- Roza, I., (2009), Pengaruh Perbedaan Proses Penyediaan Serat dengan Cara Mekanis Limbah Tandan Kosong Sawit terhadap Papan Serat, *Sainstek*, 12(1), 9-17.
- Saraswati, (2009), Pembuatan Filet Ikan. Kumpulan Hasil-hasil Penelitian Pasca Panen Perikanan, Pusat Penelitian Perikanan, Jakarta.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., & Sari, M. P., (2010), Analisis sensori untuk industri pangan dan agro, Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.
- Susilawati & Supijatno, (2015), Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau, *Bul. Agrohorti.*, 3(2), 203–212.
- Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S., (2016), Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review, *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>.
- Widarti, B. N., Wardhini, W. K., & Sarwono, E., (2015), Pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang, *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2).

SEKTOR BARU PENGELOLAAN SAMPAH DI INDONESIA (STUDI KASUS DI KOTA YOGYAKARTA, KABUPATEN SLEMAN DAN BANTUL)

Hijrah Purnama Putra¹⁾, Enri Damanhuri²⁾, Emenda Sembiring²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia
Mahasiswa Program Doktor, Program Studi Teknik Lingkungan, FTSL,
Institut Teknologi Bandung, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Lingkungan, FTSL, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Abstrak

Laju timbulan sampah kota meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, infrastruktur dan aktivitas pendukung didalamnya. Namun di negara berkembang, jumlah sampah ini tidak sebanding dengan kinerja pemerintah dalam menanganinya. Peran pemerintah dalam pengelolaan sampah, dalam penelitian ini disebut sebagai sektor formal. Berbagai keterbatasan muncul dalam sektor formal ini, seperti pendanaan yang minim, sumber daya manusia dan ketersediaan sarana prasarana. Selain sektor formal, terdapat juga kegiatan informal yang berperan, namun motif kegiatannya bukan pengelolaan lingkungan, melainkan motif ekonomi terhadap individu maupun kelompoknya, sehingga perannya yang besar tidak menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengelolaan sampah di perkotaan. Pemerintah Indonesia menghadirkan sektor lain dalam program Bank Sampah dan TPS 3R, sektor ini disebut sebagai sektor semi formal, karena adanya keterlibatan pemerintah namun dioperasionalkan oleh masyarakat. Motifnya juga dipadukan antara lingkungan dan ekonomi sebagai langkah pemberdayaannya. Penelitian ini bertujuan menghadirkan sektor semi formal tersebut, bertugas untuk membantu penanganan dan pengurangan sampah baik di sumber maupun skala kawasan, sebagai sektor baru dalam sistem pengelolaan sampah di Indonesia.

Kata Kunci : Bank Sampah, Pengelolaan Sampah, Sektor Semi Formal, TPS3R

Abstract

The rate of municipal waste generation increases along with the increase in population, infrastructure and supporting activities in it. But in developing countries, the amount of waste is not comparable with the government's performance in handling it. The role of the government in waste management, in this study is referred to as the formal sector. Various limitations arise in this formal sector, such as minimal funding, human resources and the availability of infrastructure. In addition to the formal sector, there are also informal activities that play a role, but the motives for their activities are not environmental issue, but economic motives for individuals and groups, so that their large role is not considered in municipal solidwaste management and planning. The Indonesian government presents other sectors in the Solidwaste Bank and TPS 3R programs, this sector is referred to as the semi-formal sector, because of the government's involvement but operated by the community. The motive is also integrated between environment and economy as a step of empowerment. This study aims to present the semi-formal sector, whose task is to assist in the handling and reduction of waste at both at the source and the larger scale (comunal), as a new sector in the solidwaste management system in Indonesia.

Keywords : Semi-formal sector, Solidwaste Bank, Solidwaste management, TPS3R

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan sebuah kota selalu diikuti oleh beban yang harus diterima oleh kota tersebut, salah satunya adalah beban sampah yang ditimbulkan oleh masyarakat perkotaan secara kolektif. Meningkatnya infrastruktur pembangunan dan berbagai fasilitas umum akan berdampak pada meningkatnya laju

Dikirim/submitted: 27 November 2018

Diterima/accepted: 24 Desember 2018

timbulan sampah. Begitu pula yang terjadi di Indonesia, peningkatan populasi dan aktivitas wilayah perkotaan akan meningkatkan pula potensi sampah yang dihasilkan.

Walaupun sejak 2008, pemerintah telah mengesahkan UU No 18 tentang Pengelolaan Sampah, namun belum semua kota dapat menerapkannya dengan baik (Raharjo dkk, 2015). Arahannya dari UU 18/2008 tersebut adalah menitikberatkan pada kegiatan pengurangan dan penanganan sampah sehingga didapatkan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Perubahan konsep dari sebelumnya Kumpul-Angkut-Buang menjadi Kumpul-Angkut-Kelola menjadi point utama dari regulasi ini, yaitu bagaimana mengenalkan konsep 3R (*reduce, reuse dan recycle*) dalam sistem yang berjalan (Asisten Deputi Pengolahan Sampah, 2012; Agamuthu dan Hotta, 2014; Raharjo dkk, 2015; Putra dkk, 2018).

Target tahun 2025 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, dengan potensi sampah mencapai ± 71 juta ton/tahun, dapat memberikan akses pelayanan penuh (100%), yaitu 30% melalui kegiatan pengurangan dan sisanya 70% melalui penanganan. Tantangan bersama yaitu masih banyak pekerjaan rumah yang harus dilakukan, bagaimana meningkatkan 12% tingkat pengurangan pada tahun 2017, menjadi 30% pada 2025. Begitu pula dengan 17% sampah yang belum tertangani, dibuang oleh masyarakat dengan cara yang tidak ramah lingkungan, melalui penimbunan, pembakaran terbuka, pembuangan ke sungai, bahkan berakhir di laut. Jambeck et al. (2015), mengestimasi 4,8-12,7 juta ton sampah plastik berakhir di laut, dan Indonesia menempati posisi kedua setelah China. Sementara sisanya 71% ditangani dengan kegiatan pengumpulan, pengangkutan dan berakhir di TPA (Putra dkk, 2017; Damanhuri, 2008).

Sistem pengelolaan sampah terkait dalam berbagai aktivitas, pelaku, proses dan regulasi. Secara umum terdapat 6 (enam) tahapan dalam sistem pengelolaan sampah perkotaan, dari sampah dihasilkan hingga menuju ke TPA (Aleluia dan Ferrão, 2016). Namun, jumlah sampah yang dihasilkan tidak sebanding dengan kinerja pemerintah untuk menanganinya, berbagai faktor yang menyebabkan diantaranya adalah alokasi pendanaan yang minim, jumlah pekerja yang banyak namun tidak memadai secara profesional, sarana prasarana yang terbatas dan sulitnya akses menjadi kendala utama, disamping rendah prioritas dalam penanganan sampah menyebabkan produktifitas sektor formal cenderung rendah (Ahmed dan Ali, 2004; Damanhuri, 2008; Dirjen Cipta Karya, 2010)

Sektor lain yang juga berperan adalah sektor informal, memang sektor ini telah dikenal dengan baik dan banyak peneliti yang telah membahasnya, yaitu pemulung, pengepul, *bandar, lapak* yang berperan dalam

pengumpulan sampah di masyarakat (Medina, 2000; Wilson, 2006; Wilson 2009; Sembiring dan Nitivattananon, 2010; Damanhuri, 2011; Damanhuri dan Padmi, 2012, Sasaki dan Araki, 2013; Sasaki, dkk. 2014; Fei, dkk. 2016). Perannya sebesar 13% dalam pengurangan sampah di seluruh komponen sektor informal di Kota Bandung, Indonesia (Sembiring dan Nitivattananon, 2010). Sedangkan pemulung yang beroperasi di TPA Piyungan, Yogyakarta, Indonesia dapat mereduksi sampah sebesar 5,03% sehingga berpotensi menambah masa pakai TPA hingga 3 tahun 3 bulan (Muli, 2016).

Meskipun peran sektor informal yang besar, namun belum menjadi pertimbangan dalam perencanaan sistem pengelolaan sampah perkotaan (Medina, 2000; Velis, dkk. 2012; Fei, dkk. 2016). Dalam sistem pengelolaan sampah di Indonesia, pemerintah memunculkan suatu gerakan kelompok masyarakat yang memiliki fungsi untuk melakukan pengelolaan sampah di wilayahnya masing-masing. Melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (PerMen PU) No 03/2013 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (PerMen LH) No 13/2012, masing-masing berisikan petunjuk teknis mengenai keterlibatan masyarakat dalam kegiatan pengelolaan sampah berbasis Tempat Pengolahan Sampah berbasis *Reduce, Reuse, dan Recycle* (TPS 3R) dan Bank Sampah.

Khususnya di wilayah Propinsi Yogyakarta, bank sampah berkembang cukup pesat. Bambang Suwerda adalah pelopor program Bank Sampah, sebagai warga Yogyakarta, ia memulai kegiatannya sejak 2006 hingga akhirnya diadopsi menjadi program nasional pada tahun 2012 dengan disahkannya PerMen LH No 13/2012. Februari 2012, Indonesia memiliki 471 bank sampah dengan 47.125 nasabah dan jumlah sampah terkelola 755.600 kg/bulan, jumlah uang yang dapat dikelola lebih dari 1,5 milyar/bulan. Jumlah ini terus meningkat, misal dalam waktu 3 bulan kemudian jumlah bank sampah mencapai 886 unit, dengan 84.623 nasabah dan 2.001.788 kg sampah/bulan dan berpotensi menghasilkan 3 milyar/bulan (Asisten Deputi Pengelolaan Sampah, 2012: Raharjo, dkk. 2015). Saat ini, Indonesia telah memiliki 4.820 unit bank sampah yang tersebar di 30 provinsi dan 206 kabupaten/kota (Ditjen Pengelolaan Sampah dan B3, 2017).

Sejak 2003 hingga 2011 di Propinsi Yogyakarta telah terbentuk 117 kelompok pengelola sampah mandiri dalam berbagai bentuk program Lestari, 2011), data ini terus meningkat menjadi 155 kelompok di tahun 2015, berbagai kelompok ini diperkirakan mampu mereduksi sampah hingga 70% di sumber (Faizah, 2008). Selain itu, keterlibatan masyarakat juga dalam bentuk TPS 3R. Sejak 2008 hingga 2015, Propinsi Yogyakarta telah memiliki 37 unit TPS 3R dengan kapasitas masing-masing mencapai 800 KK (Kepala

Keluarga), direncanakan dapat menangani sampah dari 4 (empat) kabupaten di Yogyakarta hingga 26,9% (Putra, 2016).

Kehadiran dua jenis pengelolaan sampah berbasis masyarakat ini, yaitu TPS3R dan Bank Sampah diharapkan dapat berkontribusi positif terhadap sistem pengelolaan sampah di Indonesia. Dalam penelitian ini, kegiatan tersebut disebut sebagai sektor semi formal, dianggap menjadi sektor baru selain sektor formal dan informal yang selama ini telah berjalan. Perkembangannya yang signifikan, menandakan sektor ini mudah diterima oleh masyarakat. Namun belum banyak studi yang membahasnya kuantitas, kinerja, dan kontribusinya terhadap sistem pengelolaan sampah suatu wilayah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif, yaitu penelitian kuantitatif non eksperimen yang menggambarkan data kuantitatif yang diperoleh menyangkut keadaan sektor semi formal. Penjelasan diikuti dengan gambaran jumlah dan kinerja dari berbagai sektor yang terlibat dalam sistem pengelolaan sampah di wilayah studi (Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Bantul). Penelitian dimulai dengan beberapa identifikasi sebagai berikut :

- 2.1. Kegiatan berbasis institusi dalam pengelolaan sampah perkotaan, dalam penelitian ini kegiatan yang dimaksud selanjutnya disebut sebagai “sektor formal”, yaitu sejak sampah dihasilkan dimulai dari sumber, dilanjutkan pengumpulan ke *transfer station*/depo/kontainer, Tempat Penampungan Sementara (TPS), pengangkutan hingga Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).
- 2.2. Potensi pengelolaan sampah yang dilakukan oleh kelompok masyarakat secara mandiri namun atas inisiasi dan pendanaan awal yang berasal dari pemerintah, baik pusat maupun daerah. Dalam penelitian ini disebut sebagai sektor “semi formal”. Berhasil diidentifikasi berbagai kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat yang memungkinkan untuk masuk dalam kategori kegiatan semi formal, diantaranya adalah Bank Sampah, TPS 3R, Kampung Pro Iklim dan kegiatan lainnya berupa komunitas masyarakat yang peduli terhadap lingkungan maupun pengelolaan sampah yang terdapat di wilayah studi. Namun untuk penelitian ini akan difokuskan pada sistem pengelolaan sampah berbasis masyarakat dengan bentuk bank sampah dan TPS 3R.

Pengumpulan data menggunakan metode observasi dan wawancara ke instansi terkait, seperti Dinas Lingkungan Hidup di ketiga wilayah studi, Satuan Kerja PPSLP, Balai PISAMP, UPT TPA Piyungan,

dan UPT KPP Kabupaten Bantul terkait dengan data kinerja sektor formal (dimulai dari sumber sampah hingga TPA) dan data kuantitas sektor semi formal (bank sampah dan TPS3R) yang telah terdata di wilayah studi. Dilanjutkan dengan pengolahan data secara deskriptif untuk menampilkan kondisi pengelolaan yang telah dilakukan di ketiga wilayah studi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu dari 34 provinsi yang dimiliki oleh Indonesia, secara geografis terletak antara $70^{\circ}33'LS$ - $8^{\circ}12'LS$ dan $110^{\circ}00'BT$ - $110^{\circ}50'BT$, berada di bagian selatan tengah Pulau Jawa yang dibatasi oleh Samudera Hindia di bagian selatan dan Propinsi Jawa Tengah di bagian lainnya. Memiliki luas wilayah $3.185,8\text{km}^2$, terdiri dari 4 kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Sleman, Bantul, Gunungkidul, Kulonprogo, dan Kota Yogyakarta serta terbagi dalam 78 kecamatan dan 438 kelurahan/desa (BPS DIY, 2017).

Jumlah penduduk wilayah Yogyakarta pada tahun 2015 mencapai 3.691.196 jiwa, dengan penyebaran penduduk masih didominasi di wilayah Kabupaten Sleman sebesar 31,78%, Kabupaten Bantul 26,58% dan sisanya tersebar merata di tiga wilayah lainnya. Tingkat kepadatan penduduk tertinggi dimiliki oleh Kota Yogyakarta, yaitu mencapai 12.699 jiwa/km^2 , dan yang terendah adalah Kabupaten Gunungkidul 482 jiwa/km^2 . Data lebih detail terkait jumlah dan kepadatan penduduk dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan kepadatan penduduk Provinsi Yogyakarta

No	Kota/Kabupaten	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas Wilayah (km^2)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km^2)
1	Kota Yogyakarta	412.331	32,5	12.699
2	Sleman	1.167.481	574,82	2.031
3	Bantul	971.511	506,85	1.917
4	Kulonprogo	412.198	586,27	703
5	Gunungkidul	715.282	1.485,36	482

Sumber: BPS DIY, 2017

Hasil dan pembahasan berikutnya akan dijelaskan sesuai dengan sektor yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu sektor formal dan sektor semi formal dengan pembahasan sebagai berikut:

3.1. Sektor Formal

Sektor formal merupakan bagian dari kemampuan pemerintah dalam memberikan pelayanan terhadap sistem pengelolaan sampah. Dalam hal ini pemerintah melalui instansi terkait, khususnya dalam

pengumpulan sejak dari sumber, penanganan di TPS/Transfer Depo/Komunal, pengangkutan dan pemrosesan akhir di TPA (Meidiana dan Gamse, 2010; Mulasari, dkk. 2014; Aleluia dan Ferrão, 2016). Secara umum, di Indonesia sekitar 60-70% sampah yang dihasilkan di wilayah perkotaan di angkut menuju TPA, sistem pengangkutan dikelola berbasis institusi (Damanhuri, 2008).

Ketiga lokasi studi memiliki potensi sampah yang berbeda, salah satu faktor yang menentukan adalah jumlah penduduknya. Kota Yogyakarta memiliki timbulan sampah total sebesar 1.023,73 m³/hari atau setara dengan 2,49 liter/orang/ hari. Kabupaten Sleman sebesar 2.335 m³/hari atau setara dengan 2 liter/orang/hari, sedangkan Kabupaten Bantul sebesar 1.937,26 m³/hari. Ketiga wilayah tersebut, memiliki tingkat pelayanan pengangkutan sampah yang berbeda-beda, tertinggi dimiliki oleh Kota Yogyakarta (95%), diikuti oleh Sleman 35,8% dan Bantul 12,55% (DLH Kota Yogyakarta, 2017; DLH Kabupaten Sleman, 2017; UPT KPP Kabupaten Bantul, 2017). Selebihnya belum terlayani, keterbatasan akses, pembiayaan dan SDM menjadi kendala utama.

Skema pola pengumpulan sampah di wilayah studi terdiri dari 4 (empat) pola, yaitu (1) pola pengumpulan individual langsung, (2) individual tidak langsung dan (3) komunal langsung dan (4) pola pengumpulan komunal tidak langsung. Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi data dan sarana prasarana pengumpulan serta pengangkutan di wilayah studi.

Tabel 2. Rekapitulasi kondisi sektor formal dalam sistem pengelolaan sampah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Bantul

No	Rincian	Satuan	Kota Yogyakarta	Kab. Sleman	Kab. Bantul
1	Potensi timbulan sampah	m ³ /hari	1.023,73	2.335	1.937,26
2	Jalur pengangkutan	jalur	5 sektor	30	-
3	TPS	unit	64	-	203
4	Transfer depo	unit	13	13	-
5	Dump truck	unit	33	29	13
6	<i>Amroll truck</i>	unit	7	2	6
7	Motor roda 3	unit	13	1	2
8	Mobil pick up	unit	2	-	2
9	<i>Backhoe loader</i>	unit	1	-	1
10	Sampah terangkut	m ³ /hari	622	400,46	243,15
11	Persentase layanan	%	66,8	35,8	12,55

Keterangan: - tidak tersedia data

Sampah dari ketiga wilayah akan berakhir di TPA Piyungan sebagai TPA Regional yang terletak di Kabupaten Bantul. Dengan area 12,5Ha, menggunakan sistem *controlled landfill* direncanakan memiliki kapasitas tampungan sebesar 2,7 juta m³ sampah. Hingga tahun 2015, tercatat persentase sampah terbesar berasal dari Kota Yogyakarta (53%), dilanjutkan oleh Kabupaten Sleman (34%) dan porsi terkecil berasal dari Kabupaten Bantul (13%) (Putra dan Damanhuri, 2016). Komposisi sampah yang masuk ke TPA Piyungan didominasi oleh sampah organik berupa sampah makanan, taman dan kebun sebesar 68,52%, sisanya plastik, kaca dan logam (11,19%), kain (3,94%), kayu (6,11%), dan kertas (10,24%). Hasil yang hampir serupa juga didapatkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Adidarma, dkk (2014) terkait komposisi sampah masuk di TPA Piyungan, yaitu 64,41% sampah organik, kayu (3,24%), kertas (2,08%), kain (12,72%), karet/kulit (4,67%), plastik (5,14%), logam (0,56%), kaca (1,84) dan lain-lain (5,34%).

Area 12,5 Ha terdiri dari 3 zona pengurugan yang dioperasikan secara bertahap, dimulai dari Zona 1 (4 Ha, masa operasi 1995-2000), Zona 2 (4,5 Ha, masa operasi 2000-2006); serta Zona 3 (4 Ha, masa operasi 2006-2014). Sesuai dengan perencanaan, TPA Piyungan hanya mampu menampung sampah hingga akhir tahun 2014, namun dengan terjadinya *settlement* akibat dari porsi organik yang tinggi, pemadatan dan waktu pengurugan, serta aktivitas pemulung menyebabkan hingga akhir 2015 TPA Piyungan masih dapat digunakan. Pemulung di area TPA mampu mereduksi sampah hingga 5,03% (Muli, 2016). Sejak 2015, operasional TPA Piyungan kembali menggunakan Zona 1 yang sebelumnya telah menjadi zona tidak aktif. Diprediksikan kegiatan operasional ini dapat menampung sampah 1 hingga 2 tahun.

Jumlah sampah yang terus meningkat akibat dari penambahan penduduk dan aktivitasnya, menuntut pemerintah memberikan pelayanan yang lebih tinggi dari waktu ke waktu. Metode pengumpulan, pengangkutan dan pengolahan akhir harus direncanakan keberlanjutannya dengan baik. Mengingat TPA Piyungan yang hampir habis masa pakainya, maka harus segera dicarikan solusi yang tepat agar sampah yang dihasilkan dapat dikelola lebih baik.

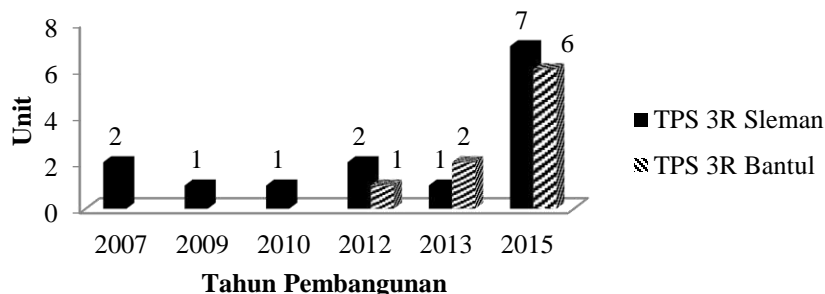
3.2 Sektor Semi Formal

Keterlibatan masyarakat sebagai salah satu penghasil sampah dalam sistem pengelolaan sampah menjadi penting. Dalam penelitian ini diangkat suatu istilah lain yaitu sektor semi formal. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa kegiatan yang berjalan dengan konsep pengelolaan sampah berbasis masyarakat

merupakan hasil kolaborasi dari sektor formal dan informal, karena kolaborasi keduanya, disebutlah sebagai sektor semi formal.

Sektor formal melalui berbagai instansi terkait, melakukan beberapa kegiatan antara lain, inisiasi program, pembiayaan pembangunan sarana prasarana, pendampingan hingga monitoring kegiatan. Sedangkan sektor informal melalui masyarakat membentuk kelompok yang disahkan oleh pemerintah setempat, sehingga menjadi kelompok yang legal di masyarakat. Melakukan pengelolaan terhadap sampah yang dihasilkan di sekitar lokasi, dengan harapan dapat menciptakan lapangan pekerjaan dan mengurangi potensi pencemaran lingkungan oleh sampah. Sektor semi formal yang dimaksud merupakan kegiatan masyarakat dalam pengelolaan sampah berbasis TPS 3R dan Bank Sampah yang tersebar di 3 (tiga) wilayah studi.

Berdasarkan data sekunder dan observasi lapangan, masing-masing wilayah studi memiliki TPS 3R, yaitu 1 unit di Kota Yogyakarta, 14 unit di Kabupaten Sleman dan 9 unit Kabupaten Bantul. Salah satu faktor yang membuat Kota Yogyakarta hanya memiliki 1 unit TPS 3R adalah keterbatasan lahan untuk pengadaan dan pembangunan TPS 3R, 1 unit yang ada saat ini merupakan milik dan dibawah pengelolaan Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, menempati tanah milik Kota Yogyakarta. Kondisi yang berbeda untuk TPS 3R lainnya yang berada di Kabupaten Sleman dan Bantul. Gambar 1 menunjukkan perkembangan kegiatan pembangunan TPS3R di wilayah Kabupaten Sleman dan Bantul sejak tahun 2007 hingga 2015.



Gambar 1. Tahun pembangunan TPS 3R di Kabupaten Sleman dan Bantul

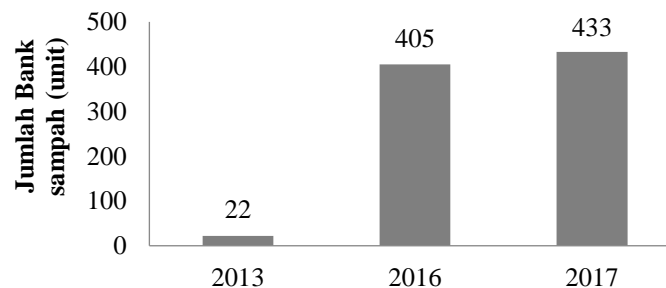
TPS 3R melalui Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) melakukan pengumpulan sampah dari sumber yang telah terdaftar menjadi pelanggan TPS 3R. Mayoritas sampah yang diangkut masih dalam keadaan tercampur, kemudian petugas TPS 3R akan melakukan pemilahan dalam rangka meningkatkan nilai jual dari sampah. Berbagai fasilitas yang dimiliki oleh TPS 3R diantaranya adalah gedung pengolahan

sampah dengan ventilasi yang memadai, area pemilahan sampah, area pengomposan menggunakan metode *open windrow*, area penyimpanan sampah layak jual, kantor, listrik lengkap dengan air air bersih.

Selain TPS 3R, sektor semi formal juga menggunakan konsep bank sampah, sistem pengelolaannya makin diminati oleh masyarakat Indonesia. Prinsip dasar pengelolaannya yang mudah, menjadikan model ini semakin berkembang. Bagaimana sampah dapat terkumpul dari sumber, telah terpilah berbagai jenis, disertai dengan dorongan ekonomi masyarakat menjadikan bank sampah mudah dalam pembangunannya.

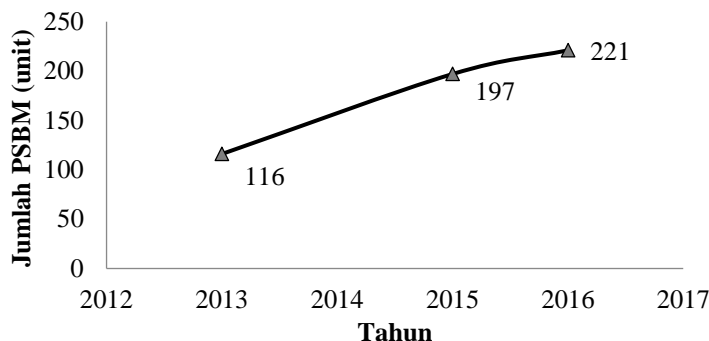
Hingga Maret 2017, telah terdata sebanyak 4.280 bank sampah yang tersebar di 30 provinsi di Indonesia dengan kontribusi pengurangan sampah secara nasional baru mencapai 0,014% (Mintarsih, 2017). Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Bantul hingga tahun 2017 telah memiliki 495 unit bank sampah, perkembangannya juga cukup signifikan meningkat dalam 2 tahun terakhir.

Kota Yogyakarta, sebagai ibukota provinsi mengalami peningkatan jumlah bank sampah yang cukup signifikan. Sejak terdata pada tahun 2013, hanya memiliki 22 lokasi pengelolaan sampah berbasis masyarakat meningkat menjadi 433 lokasi pada tahun 2017 (Gambar 2). Penyebaran lokasi bank sampah di setiap kecamatannya juga cukup merata, dengan jumlah terbanyak bank sampah berada di Kecamatan Umbulharjo. Rata-rata jumlah bank sampah sebanyak 31 lokasi di setiap kecamatannya (Gambar 3).



Gambar 2. Perkembangan lokasi pengelolaan sampah berbasis masyarakat di Kota Yogyakarta (Sumber: Data diolah dari BLH Propinsi Yogyakarta, 2013; DLH Kota Yogyakarta, 2017 dan Survey Lapangan, 2017)

Kabupaten Sleman melalui Dinas Lingkungan Hidup melakukan pendataan terhadap jumlah aktivitas masyarakat dalam kegiatan Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat (PSBM). Terdapat 221 lokasi PSBM pada tahun 2016, setelah sebelumnya pada tahun 2015 sebanyak 197 lokasi. Peningkatan jumlah lokasi PSBM sejak tahun 2013 hingga 2016, terlihat pada Gambar 3.



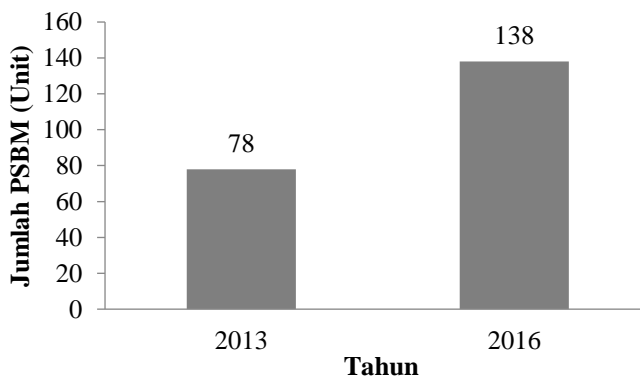
Gambar 3. Pertumbuhan PSBM di Kabupaten Sleman

(Sumber: Data diolah dari BLH Propinsi Yogyakarta, 2013; DLH Kab. Sleman, 2017 dan Survey Lapangan, 2017)

Rata-rata peningkatan sebesar 13% per tahun terhadap jumlah PSBM yang terdapat di Kabupaten Sleman. Seluruh kecamatan mempunyai aktivitas masyarakat yang diklaim sebagai kelompok PSBM, kecuali Kecamatan Prambanan yang paling sedikit dibandingkan kecamatan lainnya, yaitu hanya memiliki 2 lokasi PSBM. Sedangkan terbanyak dimiliki oleh Kecamatan Tempel sebanyak 24 lokasi. Berikut adalah pertumbuhan PSBM sejak tahun 2013 hingga 2016 di masing-masing kecamatan di wilayah Kabupaten Sleman.

Berbeda dengan Kota Yogyakarta yang mengklaim 433 lokasi PSBM berperan sebagai bank sampah, Kabupaten Sleman mendata hanya memiliki 38 unit bank sampah dari 221 lokasi PSBM.

Kabupaten Bantul hingga tahun 2016 memiliki 138 lokasi PSBM yang tersebar hampir merata di seluruh kecamatannya. Data tahun 2013 menunjukkan terjadi peningkatan sebesar 76,92% keseluruhan lokasi PSBM, semula hanya 78 lokasi pada tahun 2013 meningkat menjadi 138 lokasi pada tahun 2016 (Gambar 4).



Gambar 4. Perkembangan PSBM di Kabupaten Bantul

(Sumber: Data diolah dari BLH Propinsi Yogyakarta, 2013; DLH Kab. Bantul, 2017 dan Survey Lapangan, 2017)

PSBM yang terdapat di Kabupaten Bantul tidak semua berbentuk bank sampah, sama seperti di wilayah Kabupaten Sleman. Dari 138 lokasi PSBM, hanya 24 lokasi yang berstatus sebagai bank sampah dan tidak semua kecamatan memiliki bank sampah, seperti Kecamatan Pleret, Bambanglipuro, Srandakan, Pundong dan Dlingo.

4. KESIMPULAN

1. Sektor Formal: Tingkat pelayanan yang bervariasi, Kota Yogyakarta memiliki persentase yang paling tinggi dibandingkan kedua wilayah lainnya. Keterbatasan akses di lokasi menjadi kendala untuk meningkatkan persentase layanan. Jika layanan ditingkatkan maka dibutuhkan biaya investasi, operasional dan perawatan yang juga meningkat. Belum ada standar yang digunakan untuk menilai kinerja sektor formal, selain dari jumlah sampah yang berhasil diangkut menuju TPA;
2. Sektor Semi Formal: Memiliki perkembangan yang cukup signifikan dibandingkan kedua sektor sebelumnya, secara kuantitas terus meningkat dalam 2 tahun terakhir. Terdapat 23 unit TPS 3R dan 495 unit Bank Sampah yang tersebar di 3 wilayah studi. Dari segi jumlah terus meningkat, terdapat indikasi sektor ini dapat diterima oleh masyarakat. Namun diperlukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kinerjanya yang berkontribusi terhadap pengelolaan sampah di suatu wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agamuthu, P., and Hotta, Y., (2014), Editorial : Indicators as a tool to evaluate waste management efficiency, *Waste Management & Research* Vol 32 (12), p.1147-1148.
- Ahmed, S. A., Ali, M., (2004), Partnerships for solid waste management in developing countries: linking theories to realities, *Habitat International*, 28, 467–479.
- Aleluia, J., Ferrão, P., (2016), Characterization of urban waste management practices in developing Asian countries: A new analytical framework based on waste characteristics and urban dimension, *Waste Management* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.008>
- Asisten Deputi Pengelolaan Sampah, (2012), *Profil Bank Sampah Indonesia 2012*, disampaikan pada Rapat Kerja Nasional Bank Sampah 2-4 November 2012, Deputi Pengelolaan B3, Limbah B3 dan Sampah, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.

- BPS DIY, (2017), *Data Jumlah Penduduk Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta* diakses melalui <http://diy.bps.go.id> pada 2 Maret 2017.
- Damanhuri, E., (2008), *A future prospect of municipal solid waste management in Indonesia*, Keynote Lecture 5th Asian-Pacific Landfill Symposium di Sapporo, Jepang, 22-24 Oktober 2008.
- Damanhuri, E., (2011), *Typology of informal recycling: waste management-waste recycling activity in Indonesia*, disampaikan pada 5th Workshop of Asia Circulation Policy Research, Singapore.
- Damanhuri, E., Padmi, T., (2012), The role of informal collectors of recyclable waste and used goods in Indonesia, in *Post-consumer waste recycling and optimal production*, InTech, Kroasia.
- Dirjen Cipta Karya, (2010), *Rencana Strategis Sektor Persampahan 2010-2014*, Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia
- Ditjen Pengelolaan Sampah dan B3, (2017), *Kebijakan Nasional tentang Bank Sampah Induk*. Disampaikan di Rakornas Pengelolaan Sampah dan Raker Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Palembang
- DLH Kabupaten Sleman, (2017), *Data pengelolaan sampah di Kabupaten Sleman*, Sleman, Yogyakarta
- DLH Kota Yogyakarta, (2017), *Data pengelolaan sampah Kota Yogyakarta*, Yogyakarta
- Faizah, (2008), *Pengelolaan sampah rumah tangga berbasis masyarakat : studi kasus di Kota Yogyakarta*, Tesis Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang
- Fei, F., Qu, L., Wen, Z., Xue, Y., Zhang, H., (2016), How to integrate the informal recycling system into municipal solid waste management in developing countries: Based on a China's case in Suzhou urban area, *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 74-86
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., (2015), Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 768-771
- Lestari, M. B., (2011), *Profil jejaring pengelola sampah mandiri Provinsi DIY*, Badan Lingkungan Hidup Propinsi DIY, Yogyakarta
- Medina, M., (2000), Scavenger cooperatives in Asia and Latin America, *Resources, Conservation and Recycling*, 31, 51-69
- Meidiana, C., Gamse T., (2010), Development of Waste Management Practices in Indonesia, *European Journal of Scientific Research*, Vol.40 No.2, 199-210
- Mintarsih, T.H., (2017), *Arahan Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3*, dalam kegiatan Rapat Koordinasi Nasional Pengelolaan Sampah dan Rapat Kerja Pengelolaan

Sampah, Limbah dan B3 di Palembang 15 Maret 2017, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

- Mulasari, S.A., Husodo, A.H., Muhadjir, N., (2014), Kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sampah domestik, *Kesmas Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, Vol. 8 No 8, 404-410
- Muli, N., (2016), *Peran serta pemulung dalam pengurangan sampah di TPA Piyungan Daerah Istimewa Yogyakarta*, Tesis Program Studi Magister Teknik Sistem, Yogyakarta
- Putra, H.P., (2016), *Butik Daur Ulang, Presentasi final kompetisi nasional Wirausaha Muda Mandiri*, Yogyakarta
- Putra, H. P., & Damanhuri, E., (2016), *Performance and Operational of Landfill Piyungan as The Regional Landfill in Yogyakarta Special Region, Indonesia*. Proceeding of The 9th Asia-Pacific Landfill Symposium. University of Hongkong. Hongkong
- Putra, H. P., Damanhuri, E., & Marzuko, A., (2017), *Landfill Mining Prospect in Indonesia*. Proceeding of 3rd Symposium of the Asian Regional Branch of International Waste Working Group. Seoul National University. Seoul
- Putra, H.P., Damanhuri, E., Sembiring, E., (2018), Integration of formal and informal sector (waste bank) in waste management system in Yogyakarta, Indonesia. *Matec Web of Conferences* 154: 02007
- Raharjo, S., Matsumoto, T., Ihsan, T., Rachman, I., (2015), Community-based solid waste bank program for municipal solid waste management improvement in Indonesia: a case study of Padang city, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, DOI 10.1007/s10163-015-0401-z
- Sasaki, S., Araki, T., (2013), Employeremployee and buyerreseller relationships among waste pickers at final disposal site in informal recycling: The case of Bantar Gebang in Indonesia, *Habitat International*, 40, 51-57
- Sasaki, S., Araki, T., Tambunan, A.H., Prasadja, H., (2014), Household income, living and working conditions of dumpsite wastepickers in Bantar Gebang: Toward integrated waste management in Indonesia, *Resources, Conservation and Recycling*, 89, 11-21
- Sembiring, E., Nitivattananon, V., (2010), Sustainable solid waste management toward an inclusive society: Integration of the informal sector, *Resources, Conservation and Recycling Journal*, 54, 802–809
- UPT KPP Kabupaten Bantul, (2017), *Data jumlah sampah di Kabupaten Bantul*, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bantul

- Velis, C.A., Wilson, D.C., Rocca, O., Smith, S.R., Mavropoulos, A., Cheeseman, C.R., (2012), An analytical framework and tool ('InteRa') for integrating the informal recycling sector in waste and resource management systems in developing countries, *Waste Management and Research*, 30, 43-66
- Wilson, D.C., Araba, A.O., Chinwah, K., Cheeseman, C., (2009), Building recycling rates through the informal sector, *Waste Management*, 29, 629–635
- Wilson, D.C., Velis, C., Cheeseman, C., (2006), Role of informal sector recycling in waste management in developing countries, *Habitat International*, 30, p.797–808

PEMANFAATAN MIKROALGA *Chlorella sp.* UNTUK PRODUKSI LIPID DALAM MEDIA LIMBAH CAIR HOTEL DENGAN VARIASI RASIO C:N DAN PANJANG GELOMBANG CAHAYA

Shinta Elystia¹⁾, Sri Rezeki Muria²⁾, Sri Indira Puspa Pertiwi¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau

Email: Shintaelystia@yahoo.com

Abstrak

Mikroalga memiliki kandungan lemak (lipid) dan asam lemak (fatty acid) yang dapat dikonversi menjadi salah satu energi alternatif biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang tidak beracun dan dapat terurai secara alami. Kelimpahan dan pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp.* yang sangat cepat dinilai ideal dan potensial untuk dijadikan sebagai bahan baku produksi bioenergi. Disisi lain mikroalga membutuhkan nutrisi seperti karbon dan nitrogen untuk pertumbuhannya. Sumber nutrisi dapat diperoleh dari limbah cair, seperti limbah cair hotel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi terbaik untuk *Chlorella sp.* memproduksi kandungan lipid dengan memvariasikan rasio C: N 100: 7, 100: 13, 100: 32 dan panjang gelombang cahaya menggunakan lampu cahaya putih (380-750 nm), lampu biru (450-495 nm), lampu hijau (495-570 nm), dan lampu merah (620-750 nm) juga mengamati kemampuan *Chlorella sp.* untuk mengurangi nutrisi dalam media limbah cair. Percobaan dilakukan pada suhu kamar di bawah pencahayaan 2000 lux selama 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Chlorella sp.* menghasilkan konten lipid tertinggi (36,84%) pada rasio C: N 100: 7. Selain itu, Ketika alga dikultivasi dengan panjang gelombang cahaya berbeda menunjukkan bahwa *Chlorella sp.* tumbuh lebih baik dan menghasilkan kandungan lipid sebesar 40,91% di bawah cahaya biru (450-495 nm) bila dibandingkan dengan jenis cahaya lainnya.

Kata Kunci: *Chlorella sp.*, rasio C:N, limbah cair hotel, lipid, panjang gelombang cahaya

Abstract

Microalgae contains fat (lipids) and fatty acids that can be converted into biodiesel. Biodiesel is a non toxic and biodegradable alternative fuel. Abundance and growth of microalgae *Chlorella sp.*, which is very fast and considered ideal, has the potency to be used as raw material for bioenergy production. Microalgae needs nutrients such as carbon, nitrogen, and light for their growth. Nutrient source can be obtained from wastewater, such as wastewater from hotel. The objective of this study is to determine the best condition for *Chlorella sp.* producing high lipid content by varying the C:N ratio 100:7, 100:13, 100:32 and light wavelength using a white light lamp (380-750 nm), blue lamp (450-495 nm), green lamp (495-570 nm), and red lamp (620-750 nm), as well as observe *Chlorella sp.*'s ability to reduce nutrients in the medium. The experiment was conducted at room temperature under 2000 lux illumination for 15 days. The results showed that *Chlorella sp.* produced the highest lipid content (36,84%) under C:N ratio 100:7. Moreover, when algae was cultivated under different light, the wavelength showed that *Chlorella sp.* grew better and produced more lipid content (40,91%) under blue light (450-495 nm) when compared to the other types of light.

Keywords: *Chlorella sp.*, C:N ratio, hotel waste water, light wavelength, lipid

1. PENDAHULUAN

Tingginya tingkat pencemaran lingkungan akibat pembakaran bahan bakar fosil dan emisi CO₂ telah mendorong sejumlah peneliti untuk menemukan bahan bakar ramah lingkungan yang berasal dari bahan baku minyak nabati (Irhamny dkk, 2014; Ho dkk, 2017). Salah satu bahan bakar alternatif adalah biodiesel, yang merupakan bahan bakar bersifat non toksik dan *biodegradable*, yang diperoleh dengan cara transesterifikasi minyak *triglyceride* dengan *monohydric alcohol*.

Dikirim/submitted: 13 Juni 2019

Diterima/accepted: 5 Juli 2019

Biodiesel biasanya diproduksi dari minyak tanaman seperti minyak *canola*, minyak bunga matahari, minyak kedelai, minyak sawit, minyak kelapa, minyak jagung, minyak ikan, dan lemak ayam. Namun, penggunaan bahan baku yang berasal dari tanaman sering menimbulkan masalah terhadap pangan, efisiensi, dan masalah lingkungan sehingga diperlukan sumber bahan baku lainnya untuk produksi biodiesel (Liang dkk, 2012; Spolaore dkk, 2006; Chisti, 2008; Braunwald dkk, 2013).

Pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biodiesel menjadi pilihan alternatif karena kandungan lipid mikroalga dapat mencapai 80% dari berat kering dan memiliki karakteristik mirip dengan minyak nabati. Mikroalga memiliki kelebihan lain yaitu kemampuan tumbuh dengan cepat, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, tidak memerlukan area yang luas serta dapat tumbuh di air laut, air tawar maupun air limbah (Widjaja dkk, 2009). Faktor utama yang dibutuhkan mikroalga untuk hidup adalah cahaya, air, CO₂, dan nutrisi. Air dan nutrisi untuk kultivasi mikroalga dapat diperoleh dari limbah cair; oleh karena itu, selain sebagai lingkungan hidup mikroalga hal ini juga dapat dijadikan sebagai pengolahan air limbah (Irhamny dkk, 2014; Chiu dkk, 2015; Acevedo dkk, 2017). Limbah domestik merupakan limbah yang dihasilkan paling banyak tiap hari oleh berbagai aktivitas rumah tangga akibat peningkatan urbanisasi dan pertumbuhan penduduk (Romayanto dkk, 2006; Yang dkk, 2017). Limbah cair domestik yang dihasilkan mengandung nutrisi dengan konsentrasi tinggi dan apabila dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan eutrofikasi dan mempengaruhi ekosistem sehingga perlu dilakukan pengolahan (Sriram dan Seenivasan, 2012).

Nutrisi seperti karbon (C) merupakan komponen penyusun utama mikroalga, karena berfungsi sebagai pembentuk struktur dan metabolisme protein, karbohidrat, lipid, dan asam nukleat sehingga ketersediaan karbon penting bagi pertumbuhan mikroalga sedangkan nitrogen (N) berperan dalam mengontrol biosintesis protein dalam sel (Lari dkk, 2016; Converti dkk, 2009). Rasio C:N telah dilaporkan sebagai faktor utama dalam metabolisme mikroalga, dengan meningkatnya rasio C:N kandungan lipid mikroalga dapat ditingkatkan (Lari dkk, 2016). Salah satu faktor penting dalam pertumbuhan mikroalga adalah cahaya. Cahaya merupakan sumber energi yang menjalankan proses fotosintesis, sehingga intensitas dan panjang gelombang cahaya sangat penting bagi pertumbuhan mikroalga (Pertamawati, 2010). Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio C:N terbaik panjang gelombang cahaya terbaik dalam peningkatan kandungan lipid *Chlorella sp.* dan mempelajari kemampuan *Chlorella sp.* dalam menyisihkan nutrisi karbon dan nitrogen dalam medium limbah.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *chamber* berukuran 80x40x30 cm, erlenmeyer 250 ml, *aquarium pump*, cawan penguap, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, pipet tetes, spatula, neraca analitik, gelas beker 250 ml, *tube lamp* putih, *tube lamp* biru, *tube lamp* hijau, *tube lamp* merah, lux meter, *hand counter*, mikroskop cahaya, dan *haemocytometer*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga *Chlorella sp.* dari Pusat Penelitian Alga Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, limbah cair hotel X Kota Pekanbaru, alkohol 70%, glukosa sebagai tambahan sumber karbon, urea sebagai tambahan sumber nitrogen, ekstraksi lipid menggunakan bahan methanol, kloroform dan NaCl 5%.

2.2. Variabel Penelitian

2.2.1. Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut: temperatur ruangan (Putri, 2012), intensitas cahaya lampu 2000 lux (Mostafa dkk, 2012), pH 7 (Lari dkk, 2016), fotoperiod 12:12 (Perez-Pazos dan Pablo, 2011).

2.2.2. Variabel Bebas

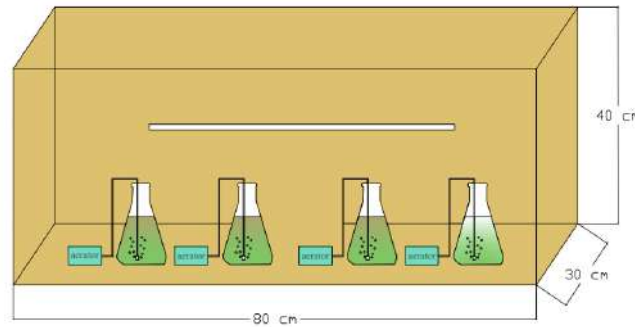
Rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32 dengan penambahan glukosa dan urea. Kontrol menggunakan aquades yang ditambahkan glukosa dan urea dengan rasio C:N yang sama. Pada variasi ini digunakan lampu putih sebagai sumber pencahayaan, setelah didapatkan variasi rasio C:N terbaik kemudian dilanjutkan dengan variasi panjang gelombang menggunakan warna lampu berbeda, yaitu biru (450-495 nm), hijau (495-570 nm), dan merah (620-750 nm). Kontrol dilakukan menggunakan lampu LED putih (380-750 nm).

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Pemasangan Chamber

Desain *chamber* dibuat tertutup dengan dimensi 80 x 30 x 40 cm (p x l x t) dan percobaan dilakukan di dalam erlenmeyer 250 ml dengan volume kerja 200 ml. Sumber cahaya pada *chamber* menggunakan *tube lamp* LED putih dengan intensitas cahaya 2000 lux. Bagian dalam dari *chamber* dilapisi dengan aluminium foil agar intensitas cahaya yang dihasilkan dapat terkuantisasi sehingga mendapatkan penyinaran cahaya yang maksimal (Daniyati dkk, 2012). Pada bagian atas erlenmeyer terdapat saluran yang berfungsi sebagai aerasi dimana pada ujung saluran terdapat batu aerasi.

Aerasi ini berfungsi sebagai pengadukan agar terjadi kontak yang baik antara alga dan media tumbuh serta nutrisi yang diberikan. Desain alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Alat Penelitian

2.3.2. Persiapan Limbah Cair Hotel

Medium yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair hotel yang diambil dari bak pengumpul kedua instalasi pengolahan limbah cair hotel. Limbah cair diendapkan dan disaring untuk memisahkan padatan yang tidak terlarut dalam air (Yang dkk, 2017) kemudian disterilisasi (Mostafa dkk, 2012). Karakteristik limbah cair hotel yang digunakan dalam penelitian ini terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Hotel X Kota Pekanbaru

Parameter	Nilai	Baku Mutu*	Keterangan
pH	7,17	6-9	Memenuhi
COD (mg/L)	205	100	Tidak memenuhi
BOD (mg/L)	55,37	30	Tidak memenuhi
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1	-	-
NH ₃ (mg/L)	6,650	10	Memenuhi
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<0,017	-	-
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0,845	-	-

*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

2.3.3. Percobaan Utama

Chlorella sp. pada fase eksponensial diinokulasikan (10%, v/v) ke dalam erlenmeyer 250 ml, yang berisi medium limbah cair domestik dengan perbandingan rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32 (Putri, 2012). Perbandingan rasio dilakukan dengan menambahkan glukosa sebagai sumber karbon dan urea sebagai sumber nitrogen. Sedangkan kontrol menggunakan medium aquades yang ditambahkan glukosa dan urea dengan rasio C:N yang sama. Setelah didapatkan rasio C:N terbaik, kemudian dilakukan variasi panjang gelombang cahaya. *Chlorella sp.* pada fase eksponensial diinokulasikan (10%, v/v) ke dalam erlenmeyer 250 ml yang berisi limbah cair dengan rasio C:N

terbaik. Variasi panjang gelombang cahaya dilakukan dengan menggunakan lampu LED berwarna biru (450-495 nm), hijau (495-570 nm), merah (620-750 nm), dan putih (380-750 nm) sebagai kontrol.

2.3.4. Analisis Data

2.3.4.1. Pengujian pH

pH diuji menggunakan pH meter berdasarkan SNI 06-6989.11-2004.

2.3.4.2. Jumlah sel

Jumlah sel dihitung untuk mengetahui kepadatan sel dengan menggunakan mikroskop dan *haemocytometer*. Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah sel *Chlorella sp.* adalah :

$$K = n \times 10^4$$

Keterangan:

K = jumlah sel (sel/mL)

n = jumlah total sel dalam kamar hitung sel

2.3.4.3. Specific Growth Rate

Specific growth rate dihitung untuk mengetahui tingkat laju pertumbuhan sel mikroalga per hari. *Specific growth rate* dapat dihitung dengan rumus (Asuthkar dkk, 2016):

$$\mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{\Delta t}$$

Keterangan:

X₂ = jumlah sel pada fase eksponensial (sel/mL)

X₁ = jumlah sel awal (sel/mL)

Δt = waktu yang dibutuhkan untuk meningkatkan konsentrasi dari X₁ hingga X₂ (hari)

2.3.4.4. Ekstraksi lipid

Ekstraksi lipid dilakukan dengan menggunakan metode Bligh-Dyer. Sebanyak 1 ml sampel dikeringkan hingga beratnya konstan. Kemudian lipid diekstraksi dengan larutan kloroform-metanol (2:1, v/v) sehingga terpisah menjadi lapisan kloroform dan metanol. Tambahkan metanol dan air untuk menghasilkan rasio pelarut akhir dari kloroform methanol:air sebesar 1:1:0,9. Lapisan kloroform dicuci dengan 20 ml larutan NaCl 5% dan diuapkan hingga kering. Total lipid ditentukan secara gravimetri (Yoo dkk., 2010). Perhitungan total lipid dapat dihitung dengan persamaan berikut (Putri, 2012):

$$Y (\%) = \frac{W_L}{W_{DA}} \times 100\%$$

Keterangan:

Y = Total lipid (%)

W_L = Berat lipid (g)

W_{DA} = Berat biomassa kering (g)

2.3.4.5 Berat kering

Untuk menentukan berat kering, mikroalga disentrifus pada 5000 rpm selama 5 menit, kemudian dicuci dengan aquades sebanyak 2 kali dan dikeringkan pada suhu 105°C hingga mencapai berat konstan (Leesing dkk, 2014; Cho dkk, 2011). Nilai berat kering dapat dihitung menggunakan rumus (Ogbonna, 2018):

$$\text{Berat kering} = W_2 - W_1$$

Keterangan:

W₂ = berat kertas saring dan biomassa kering (g)

W₁ = berat kertas saring (g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

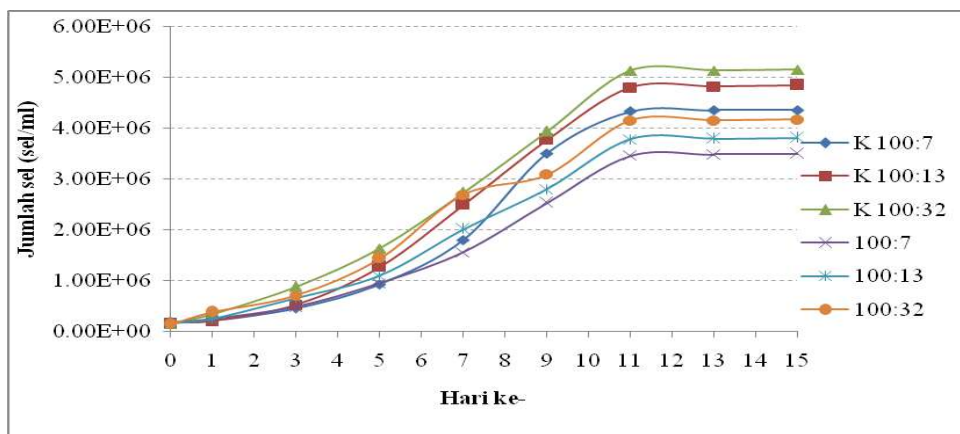
3.1. Pengaruh Rasio C:N dan Panjang Gelombang Cahaya terhadap Jumlah Sel dan *Specific Growth Rate*

Pada variasi rasio C:N perbedaan jumlah sel dapat terlihat pada warna kultur. Setelah dikultivasi selama 15 hari, warna kultur yang ditambahkan limbah pada rasio C:N 100:32 lebih pekat dibandingkan 100:13 dan 100:7. Begitu juga pada kontrol yang tidak ditambahkan limbah, warna terlihat lebih pekat pada rasio C:N 100:32 diikuti oleh 100:13 dan 100:7 yang dapat dilihat pada Gambar 2.

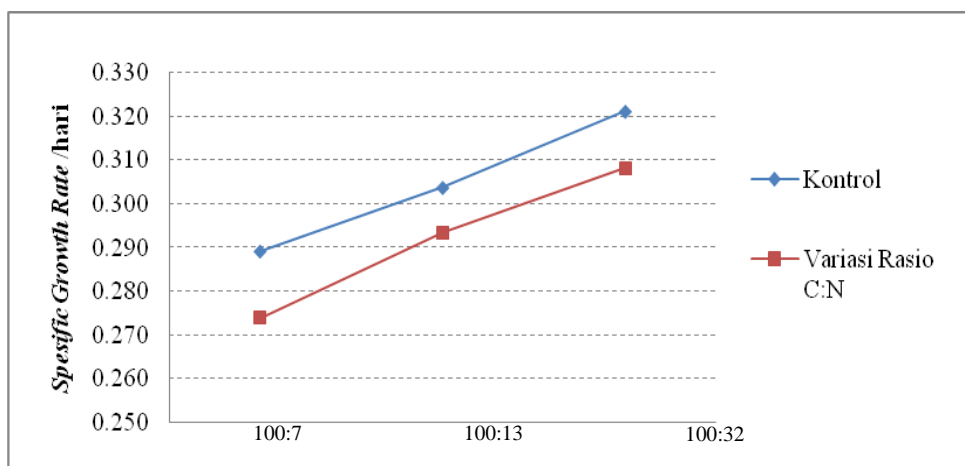
Pada Gambar 3 dan 4, jumlah sel *Chlorella sp.* pada variasi rasio C:N yang dikultur pada medium limbah mengalami fase *lag* pada hari ke-0 hingga hari ke-1. Begitu pula dengan kontrol tanpa menggunakan limbah, *Chlorella sp.* mengalami fase *lag* pada hari ke-0 hingga hari ke-1. Wang dkk (2009) mengatakan bahwa *Chlorella sp.* dapat beradaptasi dengan baik pada limbah domestik, bahkan tanpa mengalami fase *lag*. Menurut Hadiyanto dan Azim (2012) fase *lag* adalah fase adaptasi mikroalga dalam medium baru. Pada tahap ini mikroalga membutuhkan waktu untuk menyesuaikan diri karena lingkungan media cenderung berbeda dari lingkungan sebelumnya. Selama masa adaptasi sel alga lebih sensitif terhadap nutrien, temperatur, dan kondisi yang berbeda dari kondisi aslinya.



Gambar 2. Perubahan Warna Sebelum dan Sesudah Kultivasi Variasi Rasio C:N



Gambar 3. Pengaruh Rasio C:N terhadap Jumlah Sel *Chlorella sp*



Gambar 4. Specific Growth Rate pada Variasi Rasio C:N

Fase eksponensial atau fase *log* terjadi pada hari ke-3 hingga hari ke-9 baik pada medium yang dicampur limbah dan kontrol. Fase ini ditandai dengan terjadinya pertumbuhan sel yang cepat, sel membelah dengan laju konstan, dan keadaan pertumbuhan seimbang antara *supply* makanan dan kenaikan jumlah sel. Pada hari ke-11 mikroalga mengalami fase *declining relative growth* dimana pada fase tersebut mikroalga telah mencapai tahap populasi maksimum, karenaketersediaan makanan pada medium menjadi berkurang. Selain itu, fase *declining relative growth* juga dapat dipengaruhi oleh jumlah sel yang semakin banyak sehingga dapat menghalangi cahaya masuk ke medium. Pada hari ke-13 hingga hari ke-15 mikroalga mengalami fase stasioner. Fase stasioner adalah fase dimana jumlah sel pada pertumbuhan mikroalga relatif konstan dan jumlah nutrisi pada medium berkurang (Price dan Farag, 2013).

Pada akhir masa kultivasi, jumlah sel tertinggi dalam medium yang dicampur dengan limbah dicapai pada C:N 100:32, yaitu $4,17 \times 10^6$ sel/ml dengan *specific growth rate* 0,308/hari dan jumlah sel terendah pada C:N 100:7, yaitu $3,49 \times 10^6$ sel/ml dengan *specific growth rate* 0,274/hari. Sedangkan pada medium kontrol yang tidak ditambahkan limbah, jumlah sel tertinggi adalah pada C:N 100:32, yaitu $5,15 \times 10^6$ sel/ml dengan *specific growth rate* 0,321/hari dan jumlah sel terendah adalah pada C:N 100:7, yaitu $4,17 \times 10^6$ sel/ml dengan *specific growth rate* 0,289/hari. Jumlah sel pada kontrol lebih besar karena kontrol hanya menggunakan sumber nutrisi sederhana sehingga dapat langsung digunakan dalam metabolisme (Sharma dkk, 2015). Sementara pada medium yang dicampur limbah terdapat bermacam zat organik dan anorganik (seperti Fe, Mg, P, Ca, K) dimana dibutuhkan konsentrasi tertentu agar mikroalga dapat tumbuh baik (Lam dan Lee, 2011).

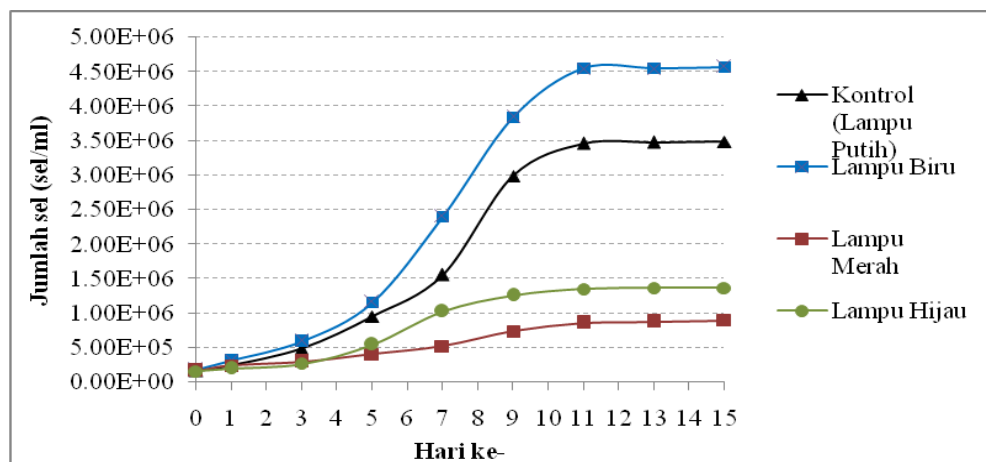
Jumlah sel pada C:N 100:32 lebih tinggi dibandingkan dengan C:N 100:13 dan 100:7, karena menurut Irhamny dkk (2014) semakin tinggi penambahan nitrogen maka jumlah sel akan semakin tinggi. Hal ini juga didukung oleh Nigam dkk (2011) yang mengatakan bahwa mikroalga tidak dapat tumbuh tanpa nitrogen dan pertumbuhannya berbanding lurus dengan konsentrasi nitrogen dalam medium.

Setelah didapatkan rasio C:N terbaik, maka dilakukan upaya peningkatan lipid dengan variasi panjang gelombang dengan menggunakan warna lampu berbeda. Warna lampu yang digunakan adalah putih (380-750 nm) sebagai kontrol, biru (450-495 nm), hijau (495-570 nm), dan merah (620-750 nm). Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa *Chlorella sp.* mengalami fase *lag* pada hari ke-0 hingga hari ke-1. Pada hari ke-3 hingga hari ke-9 sel mengalami fase eksponensial yang ditandai dengan meningkatnya jumlah sel secara cepat. Pada hari ke-11 jumlah sel tidak

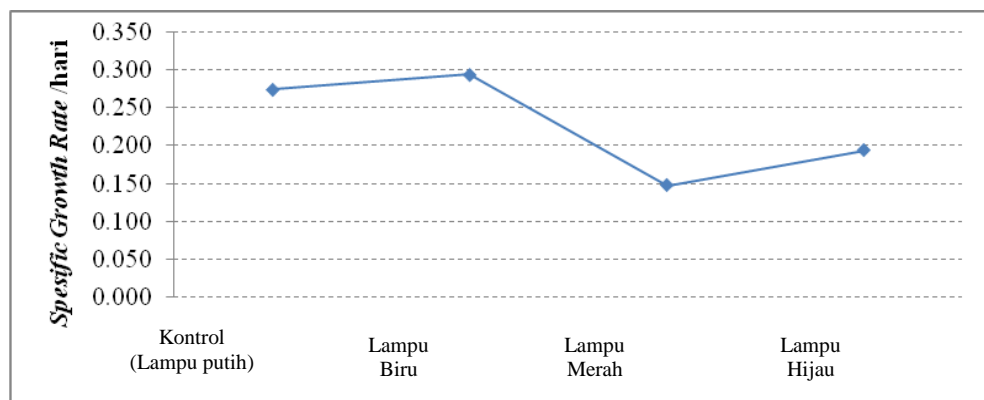
Dikirim/submitted: 13 Juni 2019

Diterima/accepted: 5 Juli 2019

bertambah secara signifikan yang berarti *Chlorella sp.* telah mencapai pertumbuhan maksimum atau berada pada fase *declining relative growth* (Price dan Farag, 2013). Kemudian pada hari ke-13 hingga hari ke-15 sel mengalami fase stasioner. Pada Gambar 6, Jumlah sel mikroalga *Chlorella sp.* tertinggi adalah pada kultivasi yang menggunakan lampu biru (450-495 nm) mencapai $4,57 \times 10^6$ sel/ml dengan *specific growth rate* 0,294/hari. *Chlorella sp.* yang dikultivasi menggunakan lampu merah (620-750 nm) mengalami pertumbuhan sel yang paling rendah jika dibandingkan dengan lampu hijau dan biru, dengan jumlah sel $9,00 \times 10^5$ sel/ml dan *specific growth rate* 0,194/hari.



Gambar 5. Pengaruh Panjang Gelombang terhadap Jumlah Sel

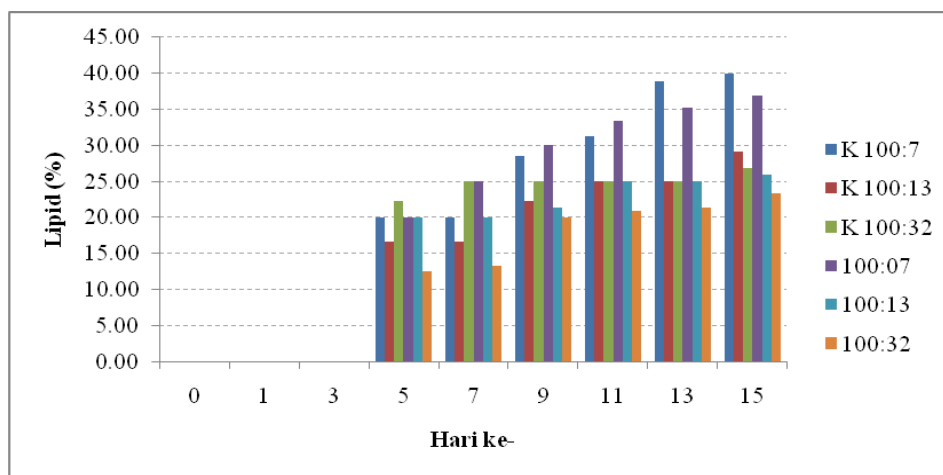


Gambar 6. Spesific Growth Rate pada Variasi Panjang Gelombang

Asuthkar dkk (2016) mengatakan bahwa lampu biru memiliki panjang gelombang terpendek dibandingkan warna lampu lainnya, yaitu 450-495 nm. Panjang gelombang yang pendek menghasilkan energi yang besar. Besarnya energi mempengaruhi pembelahan sel sehingga jumlah sel mikroalga dapat meningkat dengan cepat. Perez-Pazos dan Pablo (2011) mengatakan bahwa warna lampu biru dapat memberikan penetrasi cahaya lebih dalam sehingga meningkatkan jumlah sel dan densitas sel mikroalga.

3.2. Pengaruh Rasio C:N terhadap Produksi Lipid

Pada akhir kultivasi, *Chlorella sp.* yang dikultivasi menggunakan limbah mengalami peningkatan lipid. Kandungan lipid tertinggi dihasilkan pada rasio C:N 100:7 diikuti oleh 100:13 dan 100:32, yaitu 36,84%, 25,93%, dan 23,33% (Gambar 7). Pada penelitian ini peningkatan kandungan lipid berbanding terbalik dengan jumlah sel. Kandungan lipid tertinggi dihasilkan pada rasio C:N 100:7 dimana pada rasio tersebut jumlah sel yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan rasio 100:13 dan 100:32. Peningkatan lipid pada kondisi kekurangan nitrogen sesuai dengan penelitian Putri (2012), yang melaporkan bahwa kandungan lipid tertinggi *Chlorella sorokiniana* juga dihasilkan pada rasio C:N 100:7. Pada penelitian Fakhry dkk (2015) juga menghasilkan lipid tertinggi pada kondisi mikroalga *Nannochloropsis salina* kekurangan nitrogen.



Gambar 7. Pengaruh Rasio C:N terhadap Produksi Lipid

Nitrogen merupakan makronutrien penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme lipid (Fakhry dkk, 2015). Meningkatnya kandungan lipid pada kondisi kekurangan nutrisi disebabkan oleh laju produksi komponen sel yang rendah, tetapi produksi minyak tetap tinggi. Lingkungan stres seperti kurangnya nitrogen menyebabkan pembelahan sel terhambat, tetapi tidak memperlambat produksi minyak (Irhamny dkk, 2014).

Pada kondisi kekurangan nitrogen, sel mikroalga menjadi lebih sensitif terhadap kondisi lingkungannya, sehingga sel mikroalga memodifikasi *biosynthetic pathway* untuk memproduksi dan mengakumulasi lipid netral, umumnya dalam bentuk *triacylglycerol* atau TAG (Binnal dan Babu, 2017; Fakhry dkk, 2015). Hu dkk (2008) dan Taggar dkk (2015) menjelaskan ketika pertumbuhan alga terhambat, alga tidak mensintesis nutrisi untuk pertumbuhan selnya melainkan sel mengalihkan dan menyimpan asam lemak untuk diubah menjadi TAG. Pada kondisi pertumbuhan normal, ATP dan NADPH yang diproduksi dari fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan

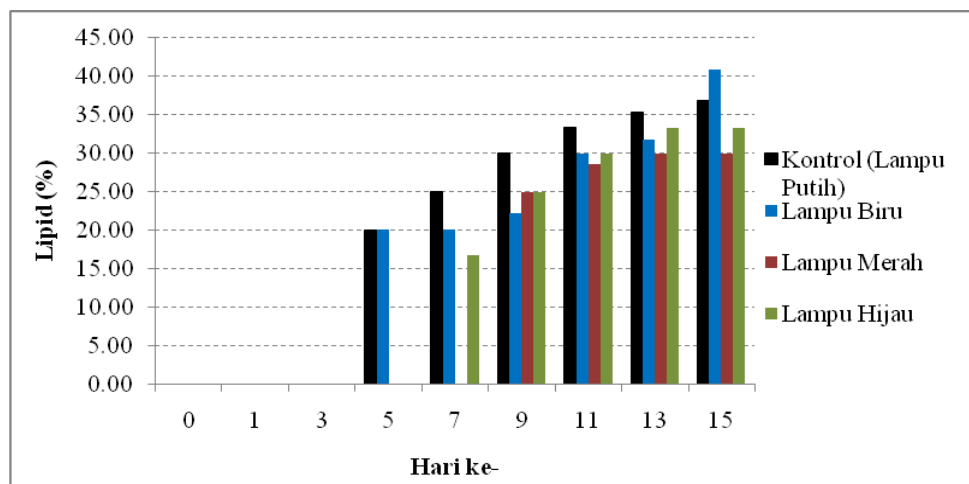
biomassa. Dalam siklus fotosintesis ADP dan NADP^+ yang diubah menjadi ATP dan NADPH dapat terbentuk kembali. Pada keadaan pertumbuhan yang terganggu karena kekurangan nutrisi, aseptor elektron utama untuk fotosintesis, yaitu NADP^+ dapat menjadi habis. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan sel mikroalga. Dengan demikian NADPH dikonsumsi dalam biosintesis asam lemak sehingga terjadi peningkatan produksi asam lemak yang kemudian digunakan untuk membentuk TAG, sehingga NADP^+ dapat terbentuk kembali.

Selain itu Lari dkk (2012) dan Yodsuwan dkk (2017) menjelaskan bahwa pada kondisi konsentrasi nitrogen yang kecil mikroalga akan mensintesis karbon terlebih dahulu melalui proses glikolisis. Hasil dari glikolisis akan membentuk *glyceraldehid-3-phosphate* (G3P) yang selanjutnya diubah menjadi piruvat dan *acetyl co-A*. Selain itu pada kondisi mikroalga kekurangan nitrogen, kandungan pada membran tilakoid menurun sehingga enzim *acyl hydrolase* teraktivasi dan terjadi hidrolisis fosfolipid yang meningkatkan asam lemak *acetyl co-A*. Kemudian enzim *diacylglycerol acyltransferase*, yaitu enzim untuk mengubah *acetyl co-A* menjadi lipid juga teraktivasi sehingga kandungan lipid menjadi meningkat.

3.3. Pengaruh Panjang Gelombang Cahaya terhadap Produksi Lipid

Pada variasi panjang gelombang cahaya, produksi lipid *Chlorella sp.* semakin meningkat setelah dikultivasi selama 15 hari. Kandungan lipid tertinggi dicapai pada kultivasi menggunakan lampu biru, yaitu 40,91% (Gambar 8). Penelitian yang dilakukan oleh Asuthkar dkk (2016) juga menghasilkan lipid tertinggi pada kultivasi *Chlorella pyrenoidosa* menggunakan lampu biru. Kandungan lipid yang didapatkan 1,07 mg/g berat kering. Penelitian Wong dkk (2016) yang menggunakan mikroalga *Chlorella vulgaris* mendapatkan hasil peningkatan lipid tertinggi pada kultivasi menggunakan lampu biru sebesar 34,06%. Meningkatnya kandungan lipid pada kondisi kekurangan nutrisi disebabkan oleh laju produksi komponen sel yang rendah, tetapi produksi minyak tetap tinggi. Lingkungan stress seperti kurangnya nitrogen menyebabkan pembelahan sel terhambat, tetapi tidak memperlambat produksi minyak (Irhamny dkk, 2014). Pada variasi panjang gelombang cahaya berbeda, kandungan lipid yang dikultivasi menggunakan lampu biru lebih tinggi, hal ini dijelaskan dalam penelitian Perez-Pazos dan Pablo (2011) serta Asuthkar dkk (2016) lampu berwarna biru memiliki panjang gelombang terpendek (450-495 nm) dibandingkan lampu putih (380-750 nm), lampu merah (620-750 nm), dan lampu hijau (495-570 nm). Energi yang besar dapat meningkatkan penetrasi cahaya yang masuk ke dalam sel dan mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Selain itu, Wong dkk (2016) menjelaskan bahwa lampu berwarna biru mempengaruhi

aktivitas enzim (*ribulose biphosphate, carboxylase/oxygenase* dan *carbonic anhydrase*) sehingga memicu akumulasi lipid.



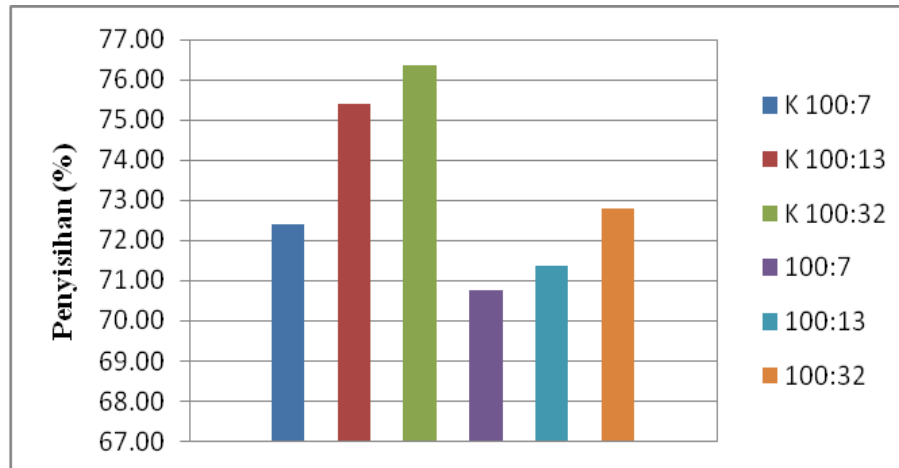
Gambar 8. Pengaruh Panjang Gelombang terhadap Produksi Lipid

3.4. Penyisihan Nutrien dalam Medium

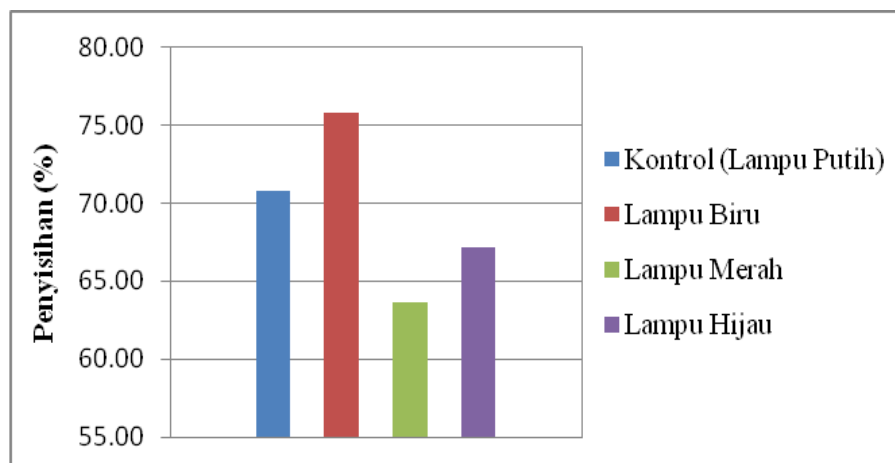
Pada akhir kultivasi, konsentrasi karbon pada medium yang ditambahkan mengalami penurunan menjadi 50,28 mg/l, 45,82 mg/l, dan 42,20 mg/l pada rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32 dari konsentrasi awal 172 mg/l, 160 mg/l, dan 155 mg/l. Sedangkan pada medium yang tidak ditambahkan limbah atau kontrol mengalami penurunan konsentrasi karbon menjadi 29 mg/l, 27,05 mg/l, dan 25,53 mg/l pada rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32 dari konsentrasi awal 105 mg/l, 110 mg/l, dan 108 mg/l. Efisiensi penyisihan konsentrasi karbon (Gambar 9) tertinggi adalah pada medium yang tidak ditambahkan limbah atau kontrol, yaitu 72,38%, 75,41%, dan 76,36% pada rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32. Pada medium yang ditambahkan limbah efisiensi penyisihan hanya 70,77%, 71,36%, dan 72,77% pada rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32. Hasil ini juga didapatkan pada penelitian Putri (2012), pada penelitiannya dijelaskan bahwa tidak semua sumber karbon dapat di metabolisme oleh alga, melainkan sumber karbon sederhana seperti glukosa lebih mudah untuk dimanfaatkan mikroalga dibandingkan dengan sumber karbon kompleks yang berasal dari limbah.

Pada variasi panjang gelombang (Gambar 10), konsentrasi karbon dalam medium berkurang menjadi 50,28 mg/l, 38,23 mg/l, 56,40 mg/l, dan 52,56 mg/l pada kultivasi menggunakan lampu putih (kontrol), biru, merah, dan hijau. Hal ini menunjukkan bahwa mikroalga dapat menggunakan karbon organik sebagai sumber nutrisi (Li dkk, 2011). Pada penelitian ini penurunan konsentrasi karbon terbesar yaitu pada variasi yang menghasilkan densitas sel tinggi, yaitu rasio C:N 100:32 dan variasi panjang gelombang menggunakan lampu biru (450-495 nm). Namun jika dibandingkan

pada penelitian Putri (2012) penyisihan karbon tertinggi adalah pada variasi rasio C:N 100:7 sebesar 58,5%. Hal ini sesuai dengan penelitian Malla dkk (2015) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah kepadatan sel alga atau densitas alga maka penurunan konsentrasi parameter semakin baik.



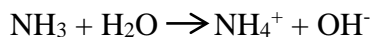
Gambar 9. Efisiensi Penyisihan Karbon pada Variasi Rasio C:N



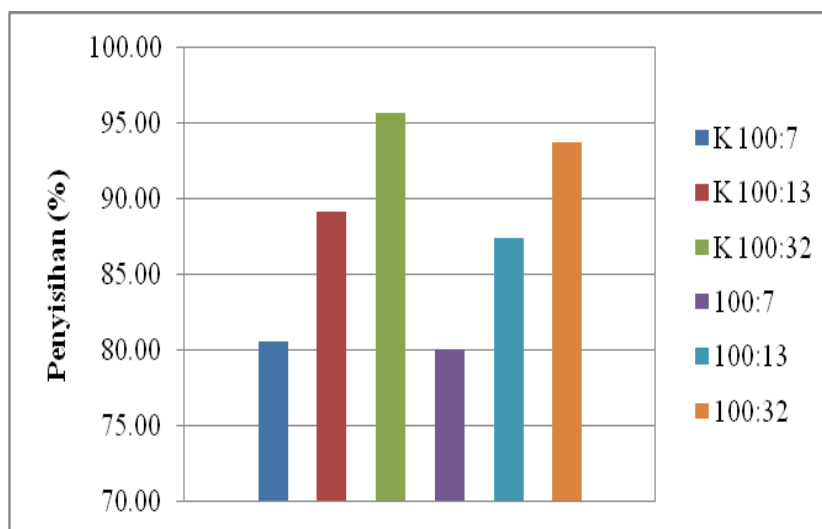
Gambar 10. Efisiensi Penyisihan Karbon pada Variasi Panjang Gelombang

Nitrogen adalah salah satu unsur pembentuk komponen intraseluler alga. Kandungan nitrogen pada medium menjadi penting, apabila nitrogen tidak tersedia maka sintesis protein tidak dapat dilakukan. Selain itu, unsur makronutrien ini memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan metabolisme mikroalga (Lari dkk, 2016). Pada alga, nitrogen yang digunakan dapat berasal dari nitrat, nitrit, dan ammonium. Namun sumber nitrogen yang dapat langsung digunakan dalam proses pembentukan protein dari asam amino adalah ammonium sehingga nitrat dan nitrit harus dikonversi

terlebih dahulu menjadi ammonium, sesuai dengan reaksi berikut (Said dan Sya'bani, 2014; Whitton dkk, 2015):



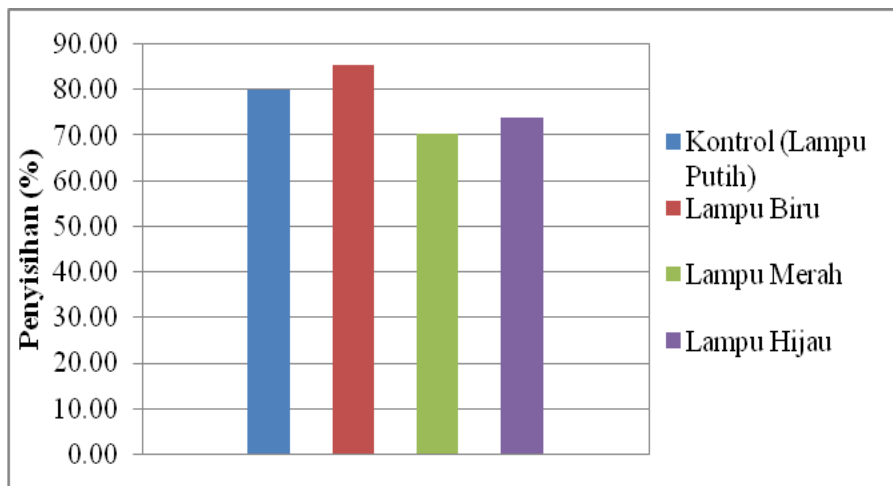
Konsentrasi nitrogen akhir pada medium yang ditambahkan limbah adalah 3 mg/l, 2,66 mg/l, dan 2,50 mg/l pada rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32 dengan efisiensi penyisihan (Gambar 11) sebesar 80,04%, 87,45%, dan 43,75%. Pada medium yang tidak ditambahkan limbah, konsentrasi nitrogen juga mengalami penurunan menjadi 1,68 mg/l, 1,57 mg/l, dan 1,43 mg/l pada rasio C:N 100:7, 100:13, dan 100:32 dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,56%, 89,18%, dan 95,67%. Penyisihan nitrogen pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Wang dkk (2009) yang mengatakan bahwa kultivasi *Chlorella vulgaris* pada limbah domestik mampu menyisihkan nitrogen hingga 100%. Pada penelitian Putri (2012), rasio C:N 100:32 juga memberikan efisiensi tertinggi dalam penyisihan nitrogen.



Gambar 11. Efisiensi Penyisihan Nitrogen pada Variasi Rasio C:N

Pada variasi panjang gelombang konsentrasi nitrogen pada kultivasi menggunakan lampu putih (kontrol), biru, merah, dan hijau mengalami penurunan menjadi 3 mg/l, 2,12 mg/l, 4,98 mg/l, dan 4,20 mg/l dengan efisiensi penyisihan 80,04%, 85,58%, 70,37%, dan 73,82% ditunjukkan pada Gambar 12. Penyisihan nitrogen tertinggi adalah pada kultivasi yang menghasilkan jumlah sel terbesar, yaitu kultivasi menggunakan lampu biru. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Zhang dkk (2008) bahwa semakin tinggi jumlah sel maka efisiensi penyisihan bahan organik akan semakin

tinggi. Penyisihan nutrien dalam medium berkaitan dengan peningkatan jumlah sel dalam medium. Pada saat jumlah sel mikroalga meningkat maka kandungan nutrien dalam medium turut berkurang karena mikroalga dapat memanfaatkan nutrien untuk pertumbuhannya (Mostafa dkk, 2012).



Gambar 12. Efisiensi Penyisihan Nitrogen pada Variasi Panjang Gelombang

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah rasio C:N terbaik dalam meningkatkan kandungan lipid *Chlorella sp.* adalah 100:7 dengan kandungan lipid sebesar 36,84% pada rasio C: N 100: 7 dan kandungan lipid meningkat menjadi 40,91% pada kultivasi menggunakan lampu biru (450-495 nm). Mikroalga *Chlorella sp.* mampu menyisihkan karbon dan nitrogen di dalam medium dengan efisiensi tertinggi 72,77% dan 75,80% pada rasio 100:32 serta 93,75% dan 85,58% pada kultivasi menggunakan lampu biru (450-495 nm).

DAFTAR PUSTAKA

- Acevedo, S., Pino, N.J dan Penuela, G.A. (2017). Biomass Production of *Scenedesmus sp* and Removal of Nitrogen and Phosphorus in Domestic Wastewater. *Ingenieria Y Competitividad*, 19(1), 177-185.
- Al-Kayyis, H.K dan Susanti, H. (2016). Perbandingan metode Somogyi-Nelson dan Anthrone-Sulfat pada Penetapan Kadar Gula Pereduksi dalam Umbi Cilembu. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 13(2), 81-89.
- Asuthkar, M., Gunti, Y., Rao S.G., Rao, C.S.dan Yadavalli, R. (2016). Effect of Different Wavelengths of Light on the Growth of *Chlorella pyrenoidosa*, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(2), 847-851.

- Braunwald, T., Schwemmlin, L., Graeff-Honninger, S., French, WT, Hernandez, R., Holmes, W.E dan Claupein, W. (2013). Effect of different C/N-ratios on carotenoid and lipid production by *Rhodotorula glutinis*. *Appl Microbial Biotechnol*, 97, 6581-6588.
- Binnal, P dan Babu, P. N. (2017). Statistical Optimization of Parameters Affecting Lipid Productivity of Microalgae *Chlorella protothecoides* Cultivated in Photobioreactor Under Nitrogen Starvation. *South African Journal of Chemical Engineering*, 23, 26-37.
- Chiu, S.Y., Kao, C., dan Chen, T. (2015). Cultivation of Microalgal *Chlorella* for Biomass and Lipid Production Using Wastewater as Nutrient Resource. *Bioresource Technology*, 184, 179-189.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from Microalgae. *Biotechnol Adv*, 25, 294-306.
- Cho, SC., Choi, WY, Oh, SH., Lee, CG., Seo, YC., Kim, JS., Song, CH., Kim, GV., Lee, SY., Kang, DH., dan Lee., HY. (2011). Enhancement of Lipid Extraction from Marine Microalgae Associated with high-pressure homogenization process, *J Biomed Biotechnol*.
- Converti, A., Alessandro, A., Cassaza, E.Y.O., Patrizia, P., Marco, D.B. (2009). *Chemical Engineering and Processing: Process*.
- Daniyati, R., Yudoyono, G., Rubiyanto, A. (2012). Desain *Closed Photobioreaktor Chlorella Vulgaris* Sebagai Mitigasi CO₂, 1, 1-5. *Jurnal Sains dan Seni*.
- Fakhry, E.M. dan El Maghraby, D.M. (2015). Lipid Accumulation in Response to Nitrogen Limitation and Variation of Temperature in *Nannochloropsis salina*. *Botanical Studies*, 56(6), 1-8.
- Hadiyanto dan Maulana, A. (2012). *Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan*. Semarang: UPT UNDIP Press.
- Ho, SH., Chen, YD., Chang, CY., Lai, YY., Chen, CY., Kondo, A., Ren, NQ., Chang, JS. (2017). Feasibility of CO₂ Mitigation and Carbohydrate Production by Microalga *Scenedesmus obliquus* CNW-N used for Bioethanol Fermentation Under Outdoor Conditions: Effects of Seasonal Changes. *Biotechnology for Biofuels*, 10(27), 1-13.
- Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., dan Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: Perspectives and advances. *Plant Journal*, 54, 621-639.
- Irhamny, E dan Viena, V. (2014). Kultivasi Mikroalga Hijau Pada Sumber Nitrogen Berbeda Untuk Ekstraksi Lipida. *Jurnal Purifikasi*, 14(2), 99-105.

- Lam, M. K., dan Lee, K. T. (2011). Renewable and Sustainable Bioenergies Production from Palm Oil Mill Effluent (POME): Win-Win Strategies Toward Better Environmental Protection. *Biotechnol Adv*, 29, 124-141.
- Lari, Z., Moradi-Kheibari, N., dan Ahmadzadeh, H., Abrishamchi, P., Moheimani, N.R., Murry, M.A. (2016). Bioprocess Engineering of Microalgae to Optimize Lipid Production Through Nutrient Management. *Journal of Applied Phycology*, 26(6), 3235-3250.
- Leesing, R., Thidarat P, dan Mutiyaporn P. (2014). Effect of Nitrogen and Carbon Source on Growth and Lipid Production from Mixotrophic Growth of *Chlorella sp.* *International Journal of Biotechnology and Bioengineering*, KKU-S2, 8(4).
- Liang, H.M., Wu, N., Lan, C.Q., dan Dubois-Calero, N. (2012). Biofuels from Microalgae. *Biotechnology Progress*, 24 (4), 815–820.
- Malla, F.A., Khan, S.A., Rashmi., Sharma, G.K., Gupta, N., dan Abraham, G. (2015). Phycoremediation potential of *Chlorella minutissima* on primary and tertiary treated wastewater for nutrient removal and biodiesel production. *Ecological Engineering*, 75, 343–349.
- Martin-Juarez, J., Markou, G., Muylaert, K., Lorenzo-Hernando, A., dan Balado, S. (2017). Breakthroughs in Bioalcohol Production from Microalgae: Solving the Hurdles. *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts*, 183-207.
- Martono, H., Besmanto, N., Anwar, A dan Sukar. (2006). Tingkat Efektivitas Instalasi Pengolahan Limbah Cair Hotel-hotel di Yogyakarta. *Bul. Penel.Kesehatan*, 34(1), 37-45.
- Mostafa, Soha., Emad, S dan Mahmoud, G.I. (2012). Cultivating Microalgae in Domestik Wastewater for Biodiesel Production. *Notulae Scientia Biologicae*, 4(1), 56-65.
- Nigam, P. S. dan Singh, A. (2011). Production of Liquid Biofuels from Renewable Resources. *Progress in Energy and Combustion Science*, 37, 52-68.
- Ogbonna, I.O., dan Ogbonna, J.C (2018). Effects of Carbon Source on Growth Characteristics and Lipid Accumulation by Microalga *Dictyosphaerium sp.* with Potential for Biodiesel Production. *Energy and Power Engineering*, 10, 29-42.
- Perez-Pazos, JV dan Fernandez-Izquierdo, P. (2011). Synthesis of Neutral Lipids in *Chlorella sp* Under Different Light and Carbonate Conditions). *Ciencia, Tecnologia y Futuro*, 4(4), 47-58.
- Pertamawati. (2010). Pengaruh Fotosintesis terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) dalam Lingkungan Fotoautotrof secara *Invitro*. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12(1), 31-37.

- Price, K dan Ihab, H. F. (2013). Resources Conservation in Microalgae Biodiesel Production. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 1(8), 49-56.
- Putri, E.V. (2012). Cultivation of Microalgae Using Palm Oil Mill Effluent for Lipid Production, Thesis, Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia.
- Romayanto, M.E.W., Wiryanto, dan Sajidan. (2006). Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri *Pseudomonas putida*. *Bioteknologi*, 3(2), 42-49.
- Said, N.I dan Sya'bani, M.R. (2014). Penghilangan Amoniak di Dalam Air Limbah Domestik dengan Proses *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). *JAI*, 7(1), 44-65.
- Sharma, A.K., Sahoo, P.K dan Singhal, S. (2015). Influence of Different Nitrogen and Organic Carbon Sources on Microalgae Growth and Lipid Production. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 10(1), 48-53.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., dan Isambet, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101 (2), 87–96.
- Sriram, S dan Seenivasan, R. (2012). Microalgae Cultivation in Wastewater for Nutrient Removal. *J Algal Biomass Utiln*, 3(2), 9-13.
- Taggar, M.S., Singh, I dan Sooch, S.S. (2015). Lipid Accumulation in Microalgae and its Induction Under Different Stress Conditions for Biodiesel Production. *Impending Power Demand and Innovative Energy Paths*, 222-228.
- Wang, L., Min, M., Li, Y., Chen, P., Chen, Y., Liu, Y., Wang, Y., dan Ruan, R. (2009). Cultivation of Green Algae *Chlorella sp* in Different Wastewaters from Municipal Wastewater Treatment Plant. *Appl Biochem Biotechnol*, 162(4), 1174-1186.
- Whitton, R., Ometto, F., Pidou, M., Jarvis, P., Villa, R., dan Jefferson, B. (2015). Microalgae for Municipal Wastewater Nutrient Remediation: Mechanism, Reactors, and Outlook for Tertiary Treatment. *Journal of Environmental Technology Review*, 4(1), 133-148.
- Widjaja, A., Chien, CC dan Ju, YS. (2009). Study of Increasing Lipid Production from Fresh Water Microalgae *Chlorella vulgaris*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 40, 13-20.
- Wong, Y.K., Ho, Y.H., Ho, K.C., Leung, H.M., Chow, K.P., dan Yung, K.K.L. (2016). Effect of Different Light Sources on Algal Biomass and Lipid Production in Internal Leds-Illuminated Photobioreactor, 2(2), 1-8. Leds-Illuminated Photobioreactor. *Journal of Marine Biology and Aquaculture*, 2(2), 1-8.
- Yang, YC., Jian, JF, Kuo, CM., Zhang, WX., dan Lin, CS. (2017). Biomass and Lipid Production of *Chlorella sp.* using Municipal Wastewater under Semi-continuous Cultivation.

International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering, 101 (3).

Yodsuwan, N., Sawayama, S dan Sirisansaneeyakul, S. (2017). Effect of Nitrogen Concentration on Growth, Lipid Production, and Fatty Acid Profiles of the Marine Diatom *Phaeodactylum tricorutum*. *Agriculture and Natural Resources*, 51, 190-197.

Yoo, Chan., Jun, SY., Lee, JY., Ahn, CY., dan Oh, HM. (2010). Selection of Microalgae for Lipid Production Under High Levels Carbon Dioxide. *Bioresource Technology*, 101, 571-574.

Zhang, E., Wang, B., Wang, Q., Zhang, S., dan Oh, HM. (2008). Ammonia-Nitrogen and Orthophosphate Removal by Immobilized Isolated from Municipal Wastewater for Potential Use in Tertiary Treatment. *Bioresource Technology*, 99, 3787-3793.

PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI LIMBAH BUAH DENGAN PENAMBAHAN BIOAKTIVATOR EM4

Bangun Wahyu Ramadhan Ika Hariyanto Putra¹ dan Rhenny Ratnawati²

^{1&2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas PGRI Adi Buana
Surabaya, Jalan Dukuh Menanggal XII, Surabaya, 60234, Indonesia
Email: *ratnawati@unipasby.ac.id

Abstrak

Proses fermentasi limbah buah menjadi pupuk organik cair merupakan salah satu alternatif pengolahan sampah organik yang efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kualitas produk pupuk organik cair (konsentrasi C-organik, N, P, dan K) menggunakan limbah buah pepaya dan pisang, serta membandingkannya dengan baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah. Proses fermentasi dilakukan selama 24 hari dengan variasi bahan baku limbah buah yang digunakan yaitu limbah buah pepaya dan pisang. Biostarter yang digunakan berupa EM4 dengan variasi penambahan sebanyak 30 mL dan 50 mL. Penelitian ini dilakukan secara duplo, sehingga dibutuhkan 8 reaktor berupa drum plastik tertutup berkapasitas 2,5 liter untuk setiap reaktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk organik cair yang dihasilkan dari buah pepaya dan pisang memiliki konsentrasi C-organik: 3,96-7,34%, N: 1,37-3,21%, P: 2,22-3,81%, dan K: 2,48-4,24%. Produk pupuk organik cair dengan bahan baku limbah buah pisang dan penambahan EM4 sebesar 50 mL merupakan pencampuran optimal dibandingkan dengan lainnya. Pada variasi tersebut, konsentrasi N, P, dan K pupuk organik cair dengan limbah buah pisang dan EM4 50 mL memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019, tetapi konsentrasi C-organik belum memenuhi baku mutu.

Kata Kunci: Efektif Mikroorganisme 4, Fermentasi, Pepaya, Pisang, Pupuk Organik Cair

Abstract

The process of fermentation of fruit waste into liquid organic fertilizer is one of the alternative organic waste processing which is effective. The purpose of this research is to assess the quality of liquid organic fertilizer products (C-organic concentration, N, P, and K) using the waste of fruit papaya and banana, and comparing it with the quality of liquid organic fertilizer according to regulation of the Minister of Agriculture number 261 years 2019 about the minimum technical requirements of organic fertilizer, biological fertilizer, and soil improvement. The fermentation process is done for 24 days with variations of raw material waste fruit that is used i.e. waste papaya and banana fruit. Biostarter used in the form of EM4 with a variation of addition as much as 30 mL and 50 mL. This research is done by duplo, so it takes 8 reactors in the form of closed plastic drums with a capacity of 2.5 liters for each reactor. The results showed that the liquid organic fertilizer produced from papaya and banana fruit has a C-organic concentration: 3.96-7.34%, N: 1.37-3.21%, P: 2.22-3.81%, and K: 2.48-4.24%. Products of liquid organic fertilizer with raw material of banana fruit waste and the addition of the EM4 50 mL is optimal mixing compared with other. In such variations the concentration of N, P, and K of liquid organic fertilizer with the waste of banana fruit and EM4 50 mL meet the quality standards based on the regulation of the Minister of Agriculture number 261 year 2019, but C-organic concentrations have not fulfilled the quality standards.

Keywords: effective microorganisms 4, fermentation, papaya, banana, liquid organic fertilizer

1. PENDAHULUAN

Timbulan sampah akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Disisi lain, kondisi eksisting pengolahan limbah padat saat ini belum sepenuhnya tertangani. Ratnawati dkk. (2018) menyatakan bahwa limbah padat yang tidak diolah dengan baik dapat mengandung berbagai kuman penyakit yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan terganggunya estetika. Timbulan limbah padat yang tidak diimbangi dengan pengolahan menyebabkan terjadinya pencemaran air, air tanah, tanah, dan udara (Safirul dkk., 2012; Ratnawati dkk., 2018). Persentase jumlah sampah organik dan anorganik di Kabupaten Sidoarjo masing-masing adalah 61,54% dan 38,19% (Gaol dan Warmadewanthi, 2017). Pengolahan sampah yang ada di Kabupaten Sidoarjo diantaranya adalah dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (41,28%), dibakar (35,59%), dibuang ke sungai (14,01%), dikubur (7,97%), dan diolah menjadi kompos (1,15%) (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo, 2013). Alternatif pengolahan sampah organik yang efektif adalah mengolahnya menjadi pupuk organik cair karena dapat menyehatkan dan dapat membantu menyuburkan lahan pertanian dan perkebunan (Kusumaningtyas dkk., 2015).

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari berbagai bahan pembuat pupuk alami seperti kotoran hewan, bagian tubuh hewan, tumbuhan, yang kaya akan mineral serta baik untuk pemanfaatan penyuburan tanah (Leovini, 2012; Roidah, 2013). Berdasarkan bentuknya, pupuk organik dibedakan menjadi dua, yaitu cair dan padat (Hadisuwito, 2012). Pupuk cair adalah larutan yang mengandung satu atau lebih pembawa unsur yang dibutuhkan tanaman yang mudah larut. Kelebihan pupuk cair adalah pada kemampuannya untuk memberikan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pupuk organik cair mempunyai beberapa manfaat diantaranya dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara, dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, merangsang pertumbuhan cabang produksi, meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah, mengurangi gugurnya dan, bunga, dan bakal buah (Huda, 2013; Febrianna dkk., 2018). Pemberian pupuk cair juga dapat dilakukan dengan lebih merata dan kepekatannya dapat diatur dengan mudah sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pupuk organik cair dapat berasal baik dari sisa-sisa tanaman maupun kotoran hewan, sedangkan pupuk organik padat adalah pupuk yang sebagian besar atau keseluruhannya terisi atas bahan organik yang berasal dari sisa tanaman

atau kotoran hewan yang berbentuk padat (Febrianna dkk., 2018). Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan pengikat sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung dimanfaatkan oleh tanaman (Hadisuwito, 2012). Pupuk cair akan dapat mengatasi defisiensi unsur hara dengan lebih cepat, bila dibandingkan dengan pupuk padat. Hal ini didukung oleh bentuknya yang cair sehingga mudah diserap tanah dan tanaman (Roidah, 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Susi dkk. (2018), yaitu membuat pupuk organik cair yang berasal dari limbah kulit nanas dengan proses fermentasi selama 1 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk organik cair limbah kulit nanas mengandung fosfor (P) 23,63 ppm, kalium (K) 08,25 ppm, nitrogen (N) 01,27 %, kalsium (Ca) 27,55 ppm, magnesium (Mg) 137,25 ppm, natrium (Na) 79,52 ppm, besi (Fe) 1,27 ppm, mangan (Mn) 28,75 ppm, tembaga (Cu) 0,17 ppm, seng (Zn) 0,53 ppm dan karbon (C) organik 3,10 %. Pemilihan bahan baku limbah buah pepaya dan pisang dikarenakan ketersediaan yang melimpah di pasar tradisional dan menurut penelitian terdahulu kedua jenis limbah buah tersebut dapat digunakan untuk membuat pupuk organik cair.

Jalaluddin dkk. (2016) melakukan pengolahan sampah organik buah-buahan menjadi pupuk dengan menggunakan tambahan bioaktivator efektif mikroorganisme (EM4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin banyak volume EM4 yang digunakan maka semakin tinggi nilai N, P dan K yang didapat. Nilai pH yang terbaik diperoleh pada waktu fermentasi 9 hari dengan volume EM4 sebanyak 40 mL yaitu 6,89. Konsentrasi N yang terbaik 2,80% pada volume EM4 sebanyak 70 mL dengan waktu fermentasi 15 hari. Konsentrasi K sebesar 0,64% pada volume EM4 sebanyak 70 mL dengan waktu fermentasi 15 hari. Konsentrasi P sebesar 1,16% pada volume EM4 70 mL dengan waktu fermentasi 18 hari.

Machrodania dkk. (2015) melakukan penelitian yaitu pemanfaatan pupuk organik cair berbahan baku kulit pisang, kulit telur, dan *Gracillaria gigas* terhadap pertumbuhan tanaman kedelai var Anjasmoro. Konsentrasi unsur hara N, P, K dari pupuk organik cair berbahan baku kulit pisang, kulit telur, dan *G. gigas* tergolong dalam kriteria sangat tinggi, dimana konsentrasi N sebesar 0,89%; P sebesar 0,04%; K sebesar 1,82%, dan rasio C/N 25 termasuk kriteria tinggi. Pemberian pupuk organik cair berbahan baku kulit pisang, kulit telur, dan *G. gigas* berbagai dosis berpengaruh secara signifikan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun, namun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap biomassa tanaman kedelai var Anjasmoro. Dosis pemberian pupuk organik cair berbahan baku kulit pisang, kulit telur dan *G. gigas* yang paling

optimal terhadap pertumbuhan var Anjasmoro yaitu dosis 16,86 mL/L/polybag dan 22,48 mL/L/polybag.

Marjenah dkk. (2017) memanfaatkan limbah kulit buah-buahan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair. Penelitian menggunakan 2 campuran bahan baku kompos yaitu limbah kulit buah nanas dan naga, limbah kulit buah nanas dan jeruk dengan waktu pengambilan air lindi pada minggu ke-2, ke-4, dan ke-6 setelah proses komposting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lindi yang berasal dari campuran kulit buah nanas dan buah naga menghasilkan lindi yang lebih banyak (8.960 mL) dibandingkan lindi yang berasal dari campuran kulit buah nanas dan kulit buah jeruk (6.551 mL). Konsentrasi unsur hara P tersedia pada lindi yang berasal dari campuran kulit buah nanas dan kulit buah jeruk hampir 8-10 kali lipat bila dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik. pH lindi yang dari campuran kulit buah nanas dan naga rata-rata 3,63 dan pH campuran kulit buah nanas dan kulit buah jeruk rata-rata 3,71% kedua-duanya masih di bawah angka standar mutu yaitu 4-9.

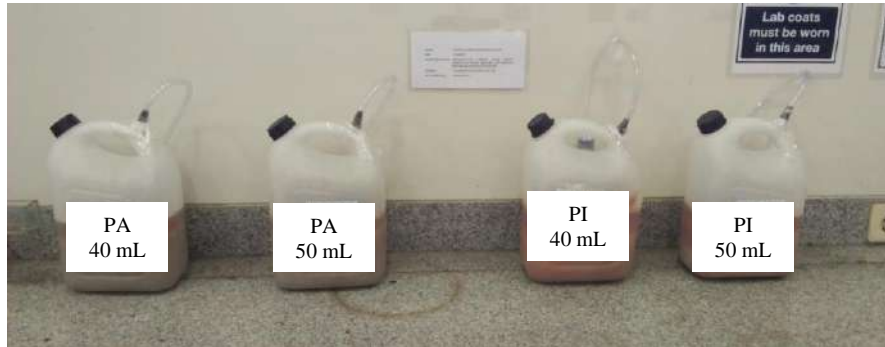
Bioaktivator yang saat ini sering digunakan untuk pembuatan pupuk organik cair adalah EM4. Jalaludin dkk. (2016) menyatakan bahwa EM4 merupakan campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan. Jumlah mikroorganisme fermentasi didalam EM4 berkisar 80 jenis. Mikroorganisme tersebut dipilih yang dapat bekerja secara efektif dalam memfermentasikan bahan organik. Dari sekian banyak mikroorganisme, ada 5 golongan yang pokok yaitu bakteri *fotosintetik*, *Lactobacillus sp.*, *Streptomices sp.*, ragi (*yeast*), dan *Actinomicetes*. Nur dkk. (2014) menyatakan bahwa proses fermentasi berlangsung dalam kondisi anaerob, konsentrasi air sedang (30-40%), konsentrasi gula tinggi, dan suhu sekitar 40-50°C. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji kualitas produk pupuk organik cair (konsentrasi C-organik, N, P, dan K) menggunakan limbah buah pepaya dan pisang, serta membandingkannya dengan baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berupa drum plastik tertutup dengan volume 2,5 L yang dilengkapi selang sebagai gelembung udara yang dihubungkan dengan botol plastik (Gambar 1). Selang berfungsi untuk penstabil suhu bahan. Selang ini disambungkan ke dalam

botol yang berisi air yang dihubungkan ke dalam reaktor. Air di dalam botol berfungsi untuk membuang gas yang dihasilkan untuk menghambat udara dari luar yang akan masuk ke dalam reaktor. Bahan baku yang digunakan adalah limbah buah pepaya dan pisang yang telah membusuk berasal dari pasar tradisional di daerah Kabupaten Sidoarjo. Pencacahan dilakukan bahan baku dengan ukuran 2-3 cm.



Gambar 1. Rancangan Reaktor Pembuatan Pupuk Organik Cair

2.2 Rancangan Penelitian

Proses fermentasi dilakukan dengan proses anaerobik selama 24 hari. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Pada penelitian ini dilakukan fermentasi dengan dengan penambahan gula merah 800 gram dan ragi 22 gram pada setiap reaktor. Ada dua perlakuan yaitu variasi limbah buah yang digunakan (buah pepaya dan pisang dengan masing-masing 3 kg) dan variasi penambahan EM4 (40 mL dan 50 mL). Penelitian dilakukan secara duplo, sehingga total kebutuhan reaktor yang dibutuhkan adalah 8 reaktor (Tabel 1). Parameter yang diuji adalah konsentrasi C-Organik, N, P, K pada hari ke-24.

Tabel 1. Kode Reaktor Penelitian

Kode Reaktor	Limbah Buah	Variasi EM4 (mL)	Pengulangan
PA 40 mL	Pepaya	40	2 kali
PA 50 mL	Pepaya	50	2 kali
PI 40 mL	Pisang	40	2 kali
PI 50 mL	Pisang	50	2 kali

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsentrasi C-Organik Pupuk Organik Cair

Konsentrasi C-organik pada produk pupuk organik cair dengan bahan baku limbah buah pepaya dan pisang berkisar 3,96-7,34% (Tabel 2). Konsentrasi C-organik tertinggi yaitu 7,34% terdapat

pada produk pupuk organik dengan limbah buah pisang dan penambahan EM4 50 mL. Sedangkan konsentrasi C-organik terendah terdapat pada limbah buah pepaya yaitu sebesar 3,96% dengan penambahan EM4 40 mL. Konsentrasi C-organik pada bahan berguna sebagai sumber energi bagi mikroorganisme untuk aktivitas metabolismenya dan terurai dalam bentuk CO₂ ke udara sehingga jumlahnya akan terus berkurang (Amalia dan Widiyaningrum, 2016; Ratnawati dkk., 2016a). Konsentrasi C-organik merupakan unsur hara makro dalam pupuk yang dimana dapat memberikan rangsangan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman (Budiyani dkk., 2016). Konsentrasi C juga merupakan sumber makanan mikroorganisme tanah, sehingga keberadaa konsentrasi C-organik dalam tanah akan memacu kegiatan mikroorganisme dan meningkatkan proses dekomposisi pupuk organik cair di dalam tanah (Afandi dkk., 2015; Rini dkk., 2015). Konsentrasi C-organik dari pembuatan pupuk organik cair dengan variasi limbah buah pepaya dan pisang dengan variasi penambahan EM4 belum memenuhi baku mutu pupuk organik cair yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah dengan nilai minimal 10%.

Tabel 2. Rata-rata konsentrasi C-Organik pupuk organik cair

No	Kode Sampel	C-organik (%)	Keterangan
1	Rata-rata PA 40 mL	3,96	TM
2	Rata-rata PA 50 mL	5,47	TM
3	Rata-rata PI 40 mL	5,06	TM
4	Rata-rata PI 50 mL	7,34	TM
Baku Mutu*		Minimum 10%	

Keterangan:

PA: Pepaya

PI: Pisang

TM: Tidak Memenuhi

M: Memenuhi

*Baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah

3.2 Konsentrasi N Pupuk Organik Cair

Konsentrasi N produk pupuk organik berkisar 1,37-3,21% (Tabel 3). Konsentrasi N rata-rata tertinggi sebesar 3,21% terdapat pada reaktor yang berasal dari limbah buah pisang dan penambahan EM4 sebesar 50 mL. Konsentrasi N terendah terdapat pada limbah buah pepaya dengan rata-rata sebesar 1,37% dengan penambahan EM4 40 mL. Unsur N merupakan salah satu unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan vegetatif dan pembentukan

protein. Kurangnya unsur N pada tanaman akan menyebabkan tanaman tersebut menjadi kerdil, pertumbuhan akar terbatas, serta daun menjadi kuning dan gugur (Ratnawati dkk., 2016b). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Meriatna dkk. (2018) yang melakukan pembuatan pupuk organik cair dengan waktu fermentasi 16 hari dan bahan baku limbah buah-buahan dengan penambahan EM4 40 mL konsentrasi N yang didapat sebesar 4,8%. Sementara itu dengan penambahan EM4 50 mL didapatkan konsentrasi N yang sebesar 6,7%. Reaktor dengan bahan baku limbah pisang dan penambahan EM4 sebanyak 50 mL merupakan reaktor dengan konsentrasi N produk pupuk organik cair yang memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah.

Tabel 3. Rata-rata konsentrasi N pupuk organik cair

No	Kode Sampel	N (%)	Keterangan
1	Rata-rata PA 40 mL	1,37	TM
2	Rata-rata PA 50 mL	1,87	TM
3	Rata-rata PI 40 mL	1,72	TM
4	Rata-rata PI 50 mL	3,21	M
Baku Mutu*		2-6%	

Keterangan:

PA: Pepaya

PI: Pisang

TM: Tidak Memenuhi

M: Memenuhi

*Baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah

3.3 Konsentrasi P Pupuk Organik Cair

Konsentrasi P pada produk pupuk organik cair berkisar antara 2,22-3,81% (Tabel 4). Konsentrasi paling tinggi terdapat pada limbah buah pisang sebesar 3,81% dengan penambahan EM4 50 mL sedangkan konsentrasi paling rendah terdapat pada limbah buah pepaya sebesar 2,22% dengan penambahan EM4 40 mL. Fermentasi menentukan tinggi rendahnya konsentrasi P namun semakin lama waktu fermentasi bukan berarti konsentrasi P juga semakin bertambah. Hal ini dikarenakan proses fermentasi berhubungan langsung dengan mikroorganisme yang memiliki fase stationer. Pada fase ini mikroorganisme mengalami pertumbuhan yang signifikan dan apabila fermentasi dilanjutkan, mikroorganisme akan mengalami kematian dan didapatkan hasil

hara phosphor yang lebih sedikit dari pada sebelumnya (Hadisuwito, 2012; Ratnawati dan Trihadiningrum, 2014). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Meriatna dkk. (2018), pembuatan pupuk organik cair menggunakan bahan baku limbah buah-buahan dengan penambahan EM4 40 mL dan 50 mL dalam 16 hari waktu fermentasi, akan dihasilkan konsentrasi P sebesar 5,22% dan 5,46% secara berurutan. Parameter konsentrasi P produk pupuk organik pada semua reaktor memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah, dengan nilai 2-6%.

Tabel 4. Rata-rata konsentrasi P pupuk organik cair

No	Kode Sampel	P (%)	Keterangan
1	Rata-rata PA 40 mL	2,22	M
2	Rata-rata PA 50 mL	3,13	M
3	Rata-rata PI 40 mL	2,47	M
4	Rata-rata PI 50 mL	3,81	M
Baku Mutu*		2-6%	

Keterangan:

PA: Pepaya

PI: Pisang

TM: Tidak Memenuhi

M: Memenuhi

*Baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah

3.4 Konsentrasi K Pupuk Organik Cair

Rata-rata konsentrasi K pada pupuk organik cair adalah 2,48-4,24% (Tabel 5). Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap pupuk organik cair menunjukkan bahwa konsentrasi kalium tertinggi dua variasi limbah buah pepaya dan pisang dengan penambahan EM4 40 mL dan 50 mL yaitu terdapat pada limbah buah pisang dengan penambahan EM4 50 mL yaitu sebesar 4,24%. Sementara itu, konsentrasi kalium yang terendah terdapat pada limbah buah pepaya dengan penambahan EM4 40 mL yaitu sebesar 2,48%. Konsentrasi kalium yang sudah memenuhi standard yang di tetapkan pemerintah yaitu variasi limbah buah pepaya dengan penambahan EM4 50 mL sebesar 3,30% dan limbah buah pisang dengan penambahan EM4 50 mL sebesar 4,26%. Konsentrasi kalium pupuk organik cair yang belum memenuhi standart pemerintah terdapat pada limbah buah pepaya dan pisang dengan masing-masing penambahan EM4 40 mL. Menurut Makiyah (2013), kalium terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman

yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidak mengandung kalium. Apabila tanaman tidak mendapat kalium maka asimilasi akan terhenti serta menyebabkan daun berwarna kuning, tidak tahan terhadap kering dan mudah terserang penyakit. Kurangnya unsur kalium pada tanaman buah-buahan dapat mempengaruhi rasa manis pada buah yang dihasilkan (Cesaria dkk., 2014). Pada penelitian yang dilakukan Meriatna dkk. (2018) pembuatan pupuk organik cair menggunakan bahan baku limbah buah-buahan dengan penambahan EM4 40 mL dan 50 mL dalam 16 hari waktu fermentasi, akan dihasilkan konsentrasi K sebesar 3,09% dan 3,39% secara berurutan. Parameter konsentrasi K produk pupuk organik pada semua reaktor memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah.

Tabel 5. Rata-rata konsentrasi K pupuk organik cair

No	Kode Sampel	K (%)	Keterangan
1	Rata-rata PA 40 mL	2,48	M
2	Rata-rata PA 50 mL	3,28	M
3	Rata-rata PI 40 mL	2,80	M
4	Rata-rata PI 50 mL	4,24	M
Baku Mutu*		2-6%	

Keterangan:

PA: Pepaya

PI: Pisang

TM: Tidak Memenuhi

M: Memenuhi

*Baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah

3.5 Konsentrasi C Organik, N, P dan K Pada Produk Pupuk Organik Cair

Data konsentrasi C-organik, N, P dan K yang terkandung dalam produk pupuk organik cair, variasi limbah buah pepaya dan pisang dengan penambahan EM4 40 mL dan 50 mL dapat dilihat pada Tabel 6. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa variasi yang menghasilkan pupuk organik cair paling optimal yaitu limbah buah pisang dengan EM4 50 mL karena menghasilkan konsentrasi C-organik, N, P, K tertinggi dibandingkan dengan variasi lain. Pada variasi optimal, konsentrasi parameter C-organik, N, P, dan K, yaitu sebesar 7,34%, 3,21%, 3,81%, dan 4,24% secara berurutan. Konsentrasi N, P, dan K pupuk organik cair dengan limbah buah pisang dan penambahan EM4 sebesar 50 mL memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan

Pembenah Tanah, namun konsentrasi C-organik belum memenuhi baku mutu. Produk akhir pupuk organik cair disajikan pada Gambar 2.

Tabel 6. Hasil Produk Pupuk Organik Cair

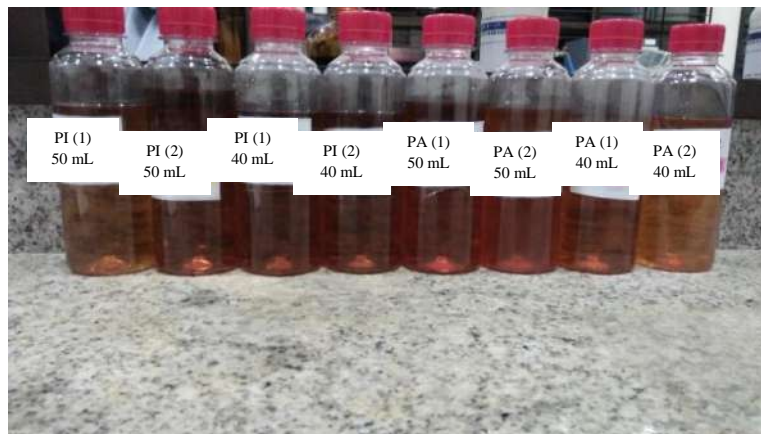
Kode Sampel	C-organik (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Rata-rata PA 40 mL	3,96	1,37	2,22	2,48
Rata-rata PA 50 mL	5,47	1,87	3,13	3,28
Rata-rata PI 40 mL	5,06	1,72	2,47	2,80
Rata-rata PI 50 mL	7,34	3,21	3,81	4,24
Persyaratan teknis minimal pupuk organik cair*	Minimum 10 %	2-6	2-6	2-6

Keterangan:

PA: Pepaya

PI: Pisang

*Baku mutu pupuk organik cair menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah



Gambar 2. Produk Pupuk Organik Cair

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pupuk organik cair yang dihasilkan dari buah pepaya dan pisang memiliki konsentrasi C-organik: 3,96-7,34%, N: 1,37-3,21%, P: 2,22-3,81%, dan K: 2,48-4,24%. Produk pupuk organik cair dengan bahan baku limbah buah pisang dan penambahan EM4 sebesar 50 mL merupakan pencampuran optimal dibandingkan dengan lainnya, dimana konsentrasi N, P, dan K pupuk organik cair dengan limbah buah pisang dan EM4 50 mL memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019, tetapi konsentrasi C-organik belum memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F.N., Siswanto, B. dan Nuraini, Y. (2015). Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2): 237-244.
- Amalia, D. dan Widiyaningrum, P. (2016). Penggunaan EM4 dan Mol Limbah Tomat sebagai Bioaktivator pada Pembuatan Kompos. *Life Science*, 5 (1): 18-24.
- Budiyani, N.K., Sonari, N.N dan Sutari, N.W.S. (2016). Analisis Kualitas Mikroorganisme Lokal (MOL) Bongol Pisang. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*, 5 (1): 63-72.
- Cesaria, R.Y., Wirosodarmo, R., Suharto, B. (2014). Pengaruh penggunaan starter terhadap kualitas fermentasi limbah tapioca sebagai alternatif pupuk cair. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, hal. 8-14.
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo. (2013). Materi Pengelolaan Sampah DKP Sidoarjo. DKP Kabupaten Sidoarjo.
- Febrianna, M., Prijono, S., Kusumarini, N. (2018). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Serapan Nitrogen serta Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5 (2): 1009-1018.
- Gaol, L.M. dan Wamadewanthi, IDAA., (2017). Prediksi Dampak Lingkungan Pengelolaan Sampah di TPA Jabon, Kabupaten Sidoarjo, *Jurnal Teknik ITS*, 6 (2): 2337-3539.
- Hadisuwito, S. (2012). Membuat Pupuk Kompos Cair. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Huda, M.K. (2013). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dai Urin Sapi Dengan Aditif Tetes (Molasse) Metode Fermentasi. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Jalaludin, Nasrul Z.A., dan Rizki, S. (2016). Pengolahan Sampah Organik Buah-buahan menjadi Pupuk dengan Menggunakan Efektif Mikroorganisme. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5-(1): 17-29.
- Kusumaningtyas, R.D., Erfan, M.S., Hartanto, D., (2015). Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Industri Bioetanol (Vinasse) Melalui Proses Fermentasi Berbantuan Promoting Microbes. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*, 1: 82-88.
- Leovini, H. (2012). *Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Pada Budidaya Tanaman Tomat (Solanum lycopersicum L.)*. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.

- Machrodania, Yuliani, dan Ratnasari, A. (2015). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Kulit Pisang, Kulit Telur dan *Gracillaria gigas* terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai var Anjasromo. *Lentera Bio*, 4 (3): 168–173.
- Makiyah, M. (2013). Analisis Kadar N, P dan K pada Pupuk Cair Limbah Tahu Dengan Penambahan Tanaman Matahari Meksiko (*Thitonia diversivolia*). Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang.
- Marjenah, W.K. (2017). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah-buahan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair. *Jurnal Hutan Tropis*, 1 (2): 120-127.
- Meriatna, Suryati, dan Aulia, F. (2018). Pengaruh Waktu Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganism) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7 (1): 13-29.
- Nur, T. Rizali, A., dan Muthia E. (2016). Pembuatan Pupuk Organik Cair dan Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Bioaktivator EM4 (Effective Microorganisms). *Universitas Lambung Mangkurat Kalimantan Selatan, Konversi*, 5 (2): 5-12.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah.
- Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y. (2014). Slaughterhouse Solid Waste Management in Indonesia. *Journal of Biological Researches*, 19: 69-73.
- Ratnawati, R., Trihadiningrum, Y., Juliastuti, S.R. (2016a). Composting of Rumen Content Waste Using Anaerobic-Anoxic-Oxic (A²O) Methods. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 42 (2): 98-106.
- Ratnawati, R., Wulandari, R.A., Matin, N. (2016b). Pengolahan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Metode Pengomposan Aerobik dan Anaerobik. *Prosiding Seminar Tahunan Lingkungan Hidup, Universitas Brawijaya Malang*, 277-287.
- Ratnawati, R., Sugito, Permatasari, N., dan Arrijal M.F. (2018). Pemanfaatan Rumen Sapi dan Jerami sebagai Pupuk Organik, Seminar Hasil Riset dan Pengabdian-1. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Rini, IDWS., Ratnawati, R., dan Trihadiningrum, Y. (2015). Pola Perubahan Kadar N-anorganik pada Proses Pengomposan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Sistem Aerobik. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, hal. A-49-1 s/d A-49-8.

- Roidah, I.S. (2013). Manfaat Penggunaan Pupuk Organik untuk Kesuburan Tanah. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*, 1 (1): 30-42.
- Safirul, B. I., Fauzi, M., dan Ismail, T. (2012). Desain Proses Pengelolaan Limbah Vinasse dengan Metode Pemekatan dan Pembakaran Pada Pabrik Gula – Alkohol Terintegrasi. *Jurnal Teknik POMITS*, 1 (1): 1-6.
- Susi, N., Surtinah, dan Rizal, M. (2018). Pengujian Kandungan Unsur Hara Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Kulit Nenas. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 14 (2): 47-51.

Implementation of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 in Coal and Heavy Metal Mining Sector: Study Case on Developed and Developing Country

Gilbert Givano¹⁾, Hiqmatu Sholichah²⁾, Filson M. Sidjabat³⁾

¹⁾²⁾³⁾President University, Environmental Engineering

Jababeka Education Park Jalan Ki Hajar Dewantara, Kota Jababeka, Mekarmukti,
Cikarang Utara, Bekasi, Jawa Barat 17550

gilbertgivano@gmail.com¹⁾, sholichahhiqmatu@gmail.com²⁾, fmsidjabat@president.ac.id³⁾

Abstract

Many industries are currently racing in the world to achieve ISO certification. ISO gives world-class products and services to all businesses and organizations around the world. The 2 main standards that will be discussed are ISO 9001:2015 about Quality Management and ISO 14001:2015 about Environmental Management. Different companies may have different strategies in implementing these standards. Analysis of strategic comparison between developed country and developing country will be done, and also giving information for other standard ISO that is related to mining company. It is found out that the different kind of strategies in implementing ISO is the result of different needs of the company. Knowing this shows how coal and heavy metal mining industries are aware of the importance of these standards.

Keywords: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, Mining Industry, Strategy.

Abstrak

Banyak industri saat ini berlomba di dunia untuk mencapai sertifikasi ISO. ISO memberikan produk dan layanan kelas dunia untuk semua bisnis dan organisasi di seluruh dunia. 2 standar utama yang akan dibahas adalah ISO 9001: 2015 tentang Manajemen Mutu dan ISO 14001: 2015 tentang Manajemen Lingkungan. Perusahaan yang berbeda mungkin memiliki strategi yang berbeda dalam menerapkan standar ini. Analisis perbandingan strategis antara negara maju dan negara berkembang akan dilakukan, dan juga memberikan informasi untuk standar ISO lainnya yang terkait dengan perusahaan pertambangan. Ditemukan bahwa berbagai jenis strategi dalam menerapkan ISO adalah hasil dari berbagai kebutuhan perusahaan. Dan mengetahui bahwa ini menunjukkan bagaimana industri pertambangan batubara dan logam berat menyadari pentingnya standar ini.

Kata Kunci: Industri Pertambangan, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, Strategi.

1. INTRODUCTION

In the world, nowadays, many industries race to achieve the ISO certification. ISO stands for 'International Organization for Standardization'. These standards give a world-class products and services to all businesses and organizations around the world. ISO has already published 22528 International Standards and related documents, covering almost every industry, from technology, and food safety, to agriculture and healthcare (Okwiri et al., 2014).

In this paper, we will specifically discuss about ISO 9001:2015 about Quality Management and ISO 14001:2015 about Environmental Management. Both of these standards are very important

for industries as they will add brand value to their industries. Moreover, the certification itself acts as a proof for an industry to show that its products or services are of world-class quality. With all of these benefits, trust will be obtained from customers and clients thus they feel thus making more sales for the industry (Alhaddad, 2015).

This paper will discuss mining industries in Indonesia, other developing and developed countries. Mining industry involves a lot of engineering procedures such as drilling, activities related to explosion and exploration, that are often considered to have a negative impact on the environment and cause social disruption (Caron et al., 2016). Which is why a mining industry really needs ISO certification to make clients and consumers believe that what they do is in accordance to the international standards.

Therefore, it is important to know about the specification of ISO for mining industries. For the ISO 9001:2015, which talks about Quality Management, the standards are quite clear as they are relevant to all type of sectors. This standard is an upgrade from the previous ISO 9001:2008 which comes with several changes such as: Customer-focused; Leadership; Involvement of people; Process approach; Organizational context; continual improvement; Fact-based decision making; Risk-based thinking.

Certification in accordance with ISO 9001 helps organizations develop and improve performance and demonstrate high quality of service when they are bidding contracts. Certification follows the successful completion of an audit in accordance with ISO 9001 and enables organizations to (Tari et al, 2012) : Operate more efficiently; Meet statutory and regulatory requirements; Reach new markets; Identify and address risks.

ISO 14001:2015 sets out the environmental management system criteria and is certifiable. It establishes a framework that a company or an organization can follow in order to establish an effective environmental management system. Any organization can use it regardless of its activity or industry. Using ISO 14001:2015, companies and employees as well as external stakeholders can be assured that the impact on the environment is measured and improved (Riaz et al., 2019).

This standard is also an upgrade from ISO 14001:2004. The upgrades include (Fonseca, 2015): Increased emphasis on environmental management in the strategic planning processes of the

organization; Focus on leadership; Addition of proactive environmental protection initiatives, such as sustainable use of resources and mitigation of climate change; improving environmental performance added; Lifecycle thinking when considering environmental aspects; Addition of a communications strategy.

It is also reported by ISO that the users of ISO 14001:2015 claim that it benefited the company in some way or the other. This benefits includes demonstrating compliance with existing and future legal and regulatory requirements; increasing the participation of employees in leadership and engagement; improving the company's reputation and stakeholder's confidence through strategic communication; achieving strategic business objectives by incorporating environmental issues into the management of business; providing a competitive and financial benefit by improving efficiencies and reducing costs; and promoting better suppliers' environmental performance by integrating them into the business systems of the organization.

The mining companies that will be discussed in this paper are KGHM from Poland, Coal India Limited from India, Bukit Asam and Latinusa from Indonesia. KGHM from Poland was chosen to represent a heavy metal mining industry in European countries with the title of the 49th largest mining industry in the world (Els, 2018). Coal India Limited was chosen to represent a coal mining industry in a developing country that holds the title of the world's 5th largest coal reserves (Akanksha, 2018). The two mining industries from Indonesia were chosen so that there will be a far comparison for both heavy metal mining industry and coal mining industry.

2. METHODOLOGY

This paper uses a qualitative research method by analyzing secondary data from the annual reports published by the companies or the websites of companies to find out the strategies that companies applied to achieve certification of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 and also analyzing secondary data from journal and books that are related to environmental quality management system especially about the implementation of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 in mining industries. A systematic approach to find related sources was done by doing the initial observation by using google scholar to find related sources by typing related keywords, such as current certification for environmental quality management system especially in ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015, current mining industries that applied ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015. Lastly, collect the required data needed about the strategies of the companies in

implementing ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 and compare the data about the strategies of the companies as well as analyze the result.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Mining Industry in Indonesia

3.1.1. PT Bukit Asam, Tbk

PT Bukit Asam is a national company owned by BUMN (*Badan Usaha Milik Negara*) located in *Tanjung Enim*, South Sumatera, running in the coal mining sector since 1919, when Indonesia was still colonized by the Netherlands. It was first called *Tambang Air Laya*. After the colonization, in 1950, the name changed into PN TABA (*Perusahaan Negara Tambang Arang Bukit Asam*). Then in 1981, its name again changed into *PT Bukit Asam* which is shorten into PTBA. And it has never changed name since then. *PT Bukit Asam* had achieved gold PROPER 5 years in a row from 2013 until 2017. It has a total of 11 subsidiary companies. It has also achieved ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007 on 2017. This shows that this company has really given their best effort to comply with the international standards (*PT Bukit Asam*, 2017).

3.1.1.1. ISO 9001:2015 Implementation

PT Bukit Asam has implemented risk-based thinking and also strived for continual improvement. This is shown from the annual report of *PT Bukit Asam* in 2017, which is also the year when they achieved their ISO certification. *PT Bukit Asam* has stated that they applied prudent principles or also known as risk-based thinking. This is proved by them establishing Risk Management Unit, Internal Audit Unit and Corporate Management System. Also, they have strived to improve continuously. This is proven by their rise in sales and revenue from 2016 to 2017 (see Table 1 and Table 2).

Table 1. PT Bukit Asam Coal Sales in Thousand Tons

Coal Sales (Thousand Tons)		
Market	2017	2016
Domestic	14,386,772	12,251,107
Export	9,241,103	8,502,059
Total Sales	23,627,875	20,753,167

Source: PT Bukit Asam Annual Report 2017

Table 2. PT Bukit Asam Coal Sales in Million Rupiah

Coal Sales (Million Rupiah)		
Description	2017	2016
Revenue	19,471,030	14,058,869
Cost of Revenue	[10,964,524]	[9,657,400]
Total Comprehensive Income for the Year	3,859,402	1,875,631
Profit Attributable to:		
Owner of the Parent	4,476,444	2,006,188
Non-Controlling Interests	70,788	18,217

Source: PT Bukit Asam Annual Report 2017

3.1.1.2. ISO 14001:2015 Implementation

PT Bukit Asam has also implemented ISO 14001:2015 in their environmental management system. This is seen from their annual report where they stated that they have implemented their own environmental management system called SMBA (*Sistem Manajemen Bukit Asam*). Also, they have kept their commitment in following the national standards of emission, also striving in giving social incentives (See Table 3).

Table 3. PT Bukit Asam Environmental Management and Monitoring

Conclusion of Environmental Management and Monitoring Result	
Monitoring Area	2017
Environmental Quality Standards	All indicators of contamination measures were complied with Environmental Quality Standards.
Maintaining Biodiversity	Biodiversity (Plankton, Benthos, and Nekton) in water around the location of Tanjung Enim Mining Unit in South Sumatera by the third party (PPLH Unsri), indicated improvement in overall and able to support the life of aquatic biota. The land sites of the former landfills have been rehabilitated and re-vegetated and are able to support wildlife. In some locations, rare species of birds which were protected by legislation such as Elang Alap Besra, Eagle Bats, King Prawns, Meninting and Cekakak were found. In addition, there were also some animal species of mammals, such as Lutung, Simpai and deer, and a protected species of cobra were also found.
Re-vegetation	Overall, planting activities are already well underway, with a success growth rate of re-vegetation plants above 80%, while the treatment activities need to be improved.
Social Culture	Economic Public perception of the Company's activities is very good, and they fully support the mining activities.

Source: PT Bukit Asam Annual Report 2017

PT Bukit Asam also strives for sustainability in energy and resources. They reuse and recycle waste as a substitute for coal and thus minimizing coal usage. Also, they started using their own electricity from the PLTU (*Pembangkit Listrik Tenaga Uap*) in order to decrease electricity usage from PLN (See Table 4).

Table 4. PT Bukit Asam Energy Consumption and Production

PTBA Energy Consumption and Production						
Source	Unit	2017	2016	2015	2014	2013
Solar Fuel	Joule (thousand)	4,232,918,138.49	4,939,549,656.04	3,401,186,455.74	3,071,168,810.07	2,766,329,767.85
Electricity from PTBA Power Plant	Joule (thousand)	416,168,106.70	482,781,328.43	157,095,265.99	136,910,660.56	82,369,135.29
Electricity from PLN	Joule (thousand)	1,499,530.51	454,868.66	37,095,155.80	52,271,976.78	73,321,841.34
Solar Power	Joule (thousand)	8,798.88	8,798.88	8,978.88	8,978.88	8,978.88
Total	Joule (thousand)	4,650,594,574.57	5,422,794,652.00	3,595,385,676.41	3,260,360,246.29	2,922,029,543.36

Source: *PT Bukit Asam* Annual Report 2017

3.1.2. PT Plat Timah Nusantara Indonesia, Tbk

PT Pelat Timah Nusantara Tbk (better recognized as Latinusa) is an Indonesian tinplate manufacturer. In accordance with ASTM, JIS, ISO and Euronorm standards, the agency produces all sorts of tinplates. Latinusa always works to promote its recognition and competitiveness as a predominant dealer of high - quality tinplate packaging to maintain dominance and leadership in the countrywide tinplate market nowadays for massive industrial consumers. PT Pelat Timah Nusantara Tbk has been implemented the certification of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 and it was implemented in 2016. Several strategies have been applied by PT Latinusa Tbk to achieve the certification of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 which are describe below (Coal India Limited, 2017).

PT Pelat Timah Nusantara Tbk has been implemented the certification of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 and it was implemented in 2016. Several strategies have been applied by PT Latinusa Tbk to achieve the certification of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 which are described below.

3.1.2.1. ISO 9001:2015 Implementation

A. Corporate Strategy and Strategic Policy

The focus of the service is to emphasize the advantages of quality cost delivery, where Latinusa offers customers the best solution by offering the best quality products with tightly controlled costs and reliable delivery to ensure smooth routine production and business processes of customers. Latinusa also offers technical support that allows customers to plan their future business development (Coal India Limited, 2017).

B. Human Resource Development Performance

In line with the demands of business growth, Latinusa develops human resource skills and capabilities, with Manpower Planning 2020 as a reference for human resources aspects. The training system is designed to focus on internal processes by adapting the mentoring process to their respective staff for application by the supervisors (Coal India Limited, 2017).

C. Production Facilities, Production Process, and Production Standard

For a period of two years until the end of 2011, Latinusa completed the refurbishment project as a strategic initiative to modernize machine technology in order to improve production capacity in accordance with the operational standards of the leading international manufacturers of tinplate. Refurbishment is also aimed at expanding installed production capacity, so that Latinusa is able to support the overall growth of the national tinplate industry, both in terms of volume growth and improvement in the quality of specifications and more extensive uses.

For the production process, Latinusa switched to the insoluble anode technology for the Electrolytic Tinning Line ETL process, resulting in better tin coating quality compared to tinplate products processed using the previously used soluble technology.

Latinusa has equipped its operational activities at national and international levels with guidelines for certification and standardization of production. All these certifications ensure that all Latinusa operational processes and facilities comply with the required production standards (Coal India Limited, 2017).

D. Continuous Improvement of Production Technology

Some improvements in production processes have been designed to apply best environmental

protection practices, including replacement of boilers, installation of wastewater cooling and implementation of pest control programs (Coal India Limited, 2017).

3.1.2.2. ISO 14001:2015 Implementation

A. Environmental Pollution Risk Mitigation

Latinusa's production facility is equipped with a comprehensive waste management system for liquid and solid waste as part of the control of pollution in the surrounding communities. The facility includes a waste water treatment plant for the disposal of liquid waste from the manufacturing process. The management of the disposal of solid waste from the production site is based on a cooperation/contractual agreement with a licensed waste management company to neutralize waste (Coal India Limited, 2017).

B. Environmental Awareness

These efforts include upgrading to superior production technology and using more efficient and environment friendly machinery, equipment and fuel alternatives. These measures for improvement include the implementation of energy conversion in boiler and tin particles, thereby facilitating the use of liquid natural gas as the primary source of fuel and reducing the use of electricity and pollutants in exhaust emissions. The company has also installed a water recycle project to ensure the sustainable use of wastewater during the production cycle (Coal India Limited, 2017).

3.2. Mining Industry in Other Developing Country - India

3.2.1. Coal India Limited

Coal India Limited (CIL) is a company with headquarters in Kolkata, West Bengal under the Ministry of Coal, India. CIL operates in 82 mining areas in eight Indian provincial states. The Indian Coal Management Institute (ICM) is an excellent training center operating under CIL and provides executives with multidisciplinary management developmental programs.

Coal India was accredited on 27 October 2016 with the certification of IS / ISO 9001:2015 (Quality Management System) and IS / ISO 50001:2011 (Energy Management System). The implementation of ISO 14001: 2015 (Environmental Management System) is now underway (KGHM Corporate, 2019).

3.2.1.1. ISO 9001:2015 Implementation

A. Consumer Satisfaction

Special emphasis on quality management is placed on improved customer satisfaction. It was decided that 2017-18 would be declared as a 'Quality Year' in line with this objective. CIL has designed a portal to capture the entire life cycle of the sample to monitor the quality of coal internally. Complaints have been lodged online and remedied. The percentage of complaints resolved by consumers in 2016-17 is 99.42 percent (KGHM Corporate, 2019).

3.2.1.2. ISO 14001:2015 Implementation

A. Pollution Control Measures and their Efficacy

By practicing and following sustainable mining, Coal India has maintained the utmost importance in protecting the environment in order to ensure that mining operations have the least impact on the environment. Different measures and initiatives to control pollution are taken at the same time as mining operations in order to maintain acceptable/ permissible limits on the main physical and chemical attributes of the environment, namely air, water, hydrogeology, ground vibrations, noise, land and the nearby population (KGHM Corporate, 2019).

3.2.1.2.1. Air Pollution Control Measures:

Coal India Ltd has taken various initiatives based on the Environmental Management Plans (EMP) to control and reduce the generation of dust during drilling, blasting, loading and transport of coal, which have already been prepared before the start / improvement of coal mines production. Appropriate water spraying systems are being installed to arrest fugitive dust in roads, washrooms, CHPs, feeder breakers, crushers, coal transfer points and coal stock areas (KGHM Corporate, 2019).

3.2.1.2.2. Mine Water Management:

Water from underground and open cast mines is contaminated with suspended particles. During washing and cleaning, a small amount of water is contaminated. By treating this water, CIL also takes the initiative. After mine consumption, the treated water is supplied to the local villages. Final effluent quality is monitored in accordance with the relevant Indian standards (KGHM Corporate Website, 2019).

3.2.1.2.3. Noise Pollution Control Measure:

In order to control noise pollution, the following measures are adopted, such as proper maintenance of equipment to minimize vibration, the green belt provided around the mine, as well as the residential area, controlled blasting and blasting in a single day, case of the surface miner, continuous mining of miners and high walls, which extract coal without blasting, ear muff or ear plugs supplied to workers in highly noisy areas (KGHM Corporate, 2019).

3.2.1.2.4. Land Reclamation:

The recovery of mined areas and external OB dumps is one of Coal India's major environmental mitigation activities. Concurrent reclamation and rehabilitation of mined out areas (subject to technical feasibility as per geo-mining conditions) are taken for gainful land use. Opencast mines are filled with overburden extracted during the coal extraction process and planting, which is referred to as biological recovery, is carried out after technical recovery (KGHM Corporate, 2019).

3.3. Mining Industry in Other Developed Country – Poland**3.3.1. KGHM (Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi) Polska Miedź S.A.**

KGHM extracts and processes valuable natural resources with the largest European deposits of copper ore in the south - western part of Poland in the heart of its catchment area. Due to its extensive experience, openness and constant skills improvement, the company has built a unique teamwork culture that ranks high on the international stage. KGHM's international position is systematically strengthened by the implementation of the development strategy. The company currently has a geographically diversified mining project portfolio. On three continents-Europe, North and South America-KGHM has located its facilities. KGHM has risen to the well-deserved position of a global leader in the mining industry with its control of over 22.7 million tons of copper ore resources worldwide. The company's portfolio also includes new metals such as molybdenum, palladium or nickel that help KGHM join the multi-resource international community (KGHM Polska Miedz, 2018).

3.3.1.1. ISO 9001:2015 Implementation

KGHM has implemented risk-based assessment in their policy based on their annual report in 2017 (Mkhaimer et al, 2017). Also, they have striven for continual improvement. They have a

mindset of continuous improvement until there are ‘zero harm’. (See Figure 1.)

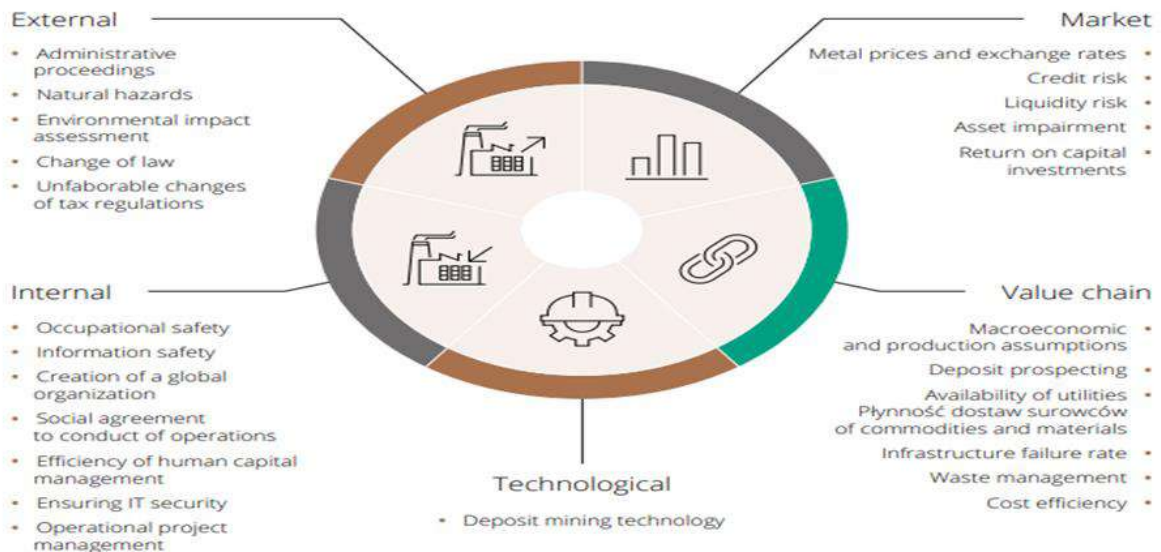


Figure 1. KGHM Risk Assessment Strategy

Source: KGHM Annual Report, 2017

3.3.1.2. ISO 14001:2015 Implementation

KGHM has implemented environmental policy based on their annual report in 2017 (Mkhaimer et al., 2017). This includes natural environment and climate change, waste management and availability of materials and utilities. (See Table 5)

Table 5. KGHM Environmental Policy

Policy	Risk	Mitigation
Natural Environment and Climate Changes	(KGHM Group) The extraction of copper ore and its subsequent processing at all levels of production is inextricably linked to certain components of the natural environment. Risk associated with prices and the CO2 emission limit granted.	The systematic modernization of environmental protection facilities, both those built in the past and new investments in this field, enables compliance with stringent environmental standards as a result of the law. A CO2 Emissions Management System and environmental management standards of ISO 14001 were implemented in the parent company.
	(Parent Company) Risk associated with air quality assessment in the	Performance of the duties resulting from Air Protection Programs.

Policy	Risk	Mitigation
	Dolnośląskie Voivodship (exceeding the average annual target for arsenic in PM10 particulate matter).	
Waste Management	(Parent Company) Risk of inability to store flotation tailings	Operation, construction and expansion of the storage facility in accordance with the operating manual. Cooperation with the Team of International Experts (Międzynarodowy Zespół Ekspertów – ZEM) and the General Designer, introduction of the Observation Method in the period of expansion recommended by ZEM based on the evaluation of geotechnical parameters obtained through evaluation of monitoring results that offer the ability to request to keep the facility being built/operated. Introduction of the LCA model and circular economy.
Availability of Materials and Utilities	(KGHM Group) Risk related to unavailability of the necessary utilities (electricity, natural gas, water).	Ensure that emergency supply systems are in place for key utilities and conduct ongoing evaluation of security of grid power supply. Conduct several investment projects to strengthen energy security.

Source: KGHM Annual Report 2017

3.4. Comparison

Table 6 shows the comparison of ISO 9001 and 14001 implementations between companies. It is further divided into mining industries in Indonesia, other developing country and developed country.

In comparison between coal and heavy metal industries we have researched about, it is clear that coal and heavy metal industry is very aware of the ISO Standards and strive to pursue them. It is clear that ISO standards became very important to them so that they can build a better relationship with customers.

Table 6. Comparison of ISO 9001 and 14001 implementations between companies

Mining Industries In Indonesia	
Implementation of ISO 9001:2015	
PT. Bukit Asam, Tbk	1. Has implemented risk-based thinking and also strive for continual improvement
	2. Applied prudent principles or also known as risk based thinking
PT Plat Timah Nusantara Indonesia, Tbk	1. Using method of Quality cost delivery (QCDD)
	2. Providing intensive and comprehensive services based on the concept of a total solution provider
	3. Developed an in-house training center
	4. Modernize machine technology
	5. Implements a comprehensive planning system for the procurement and logistics of raw materials
	6. Applies strict and consistent controls as a critical component in a series of management activities
	7. Implementation of a superior quality management system at each stage of production
	8. Continuous Improvement of Production Technology
Implementation of ISO 14001:2015	
PT. Bukit Asam, Tbk	1. Have implemented their own environmental management system called SMBA (<i>Sistem Manajemen Bukit Asam</i>)
	2. Have kept their commitment in following the national standards of emission, also striving in giving social incentives
	3. Re-use and recycle waste as a substitute for coal and thus minimizing coal usage
PT Plat Timah Nusantara Indonesia, Tbk	1. Constantly monitoring waste materials produced in manufacturing facilities
	2. Launched comprehensive and multidimensional improvements to its entire production process
	3. Upgrading to superior production technology and using more efficient and environmentally friendly machinery
Mining Industry In Other Developing Country	
Implementation of ISO 9001:2015	
Coal India Limited	1. Declared a 'Quality Year' in line with improvement customer satisfaction
	2. Has designed a portal to capture the entire life cycle of the sample to monitor the quality of coal internally
Implementation of ISO 14001:2015	
Coal India Limited	1. Conducting Air Pollution Control Measures
	2. Mine Water Management
	3. Noise Pollution Control Measures
	4. Land Reclamation
MINING INDUSTRY IN DEVELOPED COUNTRY	
Implementation of ISO 9001:2015	
KGHM Polska Miedz	1. Continuous Improvement
	2. Risk-Based Assessment
Implementation of ISO 14001:2015	
KGHM Polska Miedz	1. Sustainability
	2. Risk-Based Assessment

3.4.1 Analysis of ISO 9001:2015

Coal industry in Indonesia such as PT Bukit Asam Tbk has implemented the ISO 9001:2015

with several strategies of risk-based thinking and also strive for continual improvement.

However, for coal industry in other developing country such as Coal India Limited, implementation of ISO 9001:2015 has been done by strategies such as declaration of 'Quality Year' in line with improving customer satisfaction. They have also designed a portal to capture the entire life cycle of the sample to monitor the quality of coal internally. Based on these strategies, Indonesia can learn from Coal India's industry to increase the quality management in coal industry since they are both developing countries.

Heavy metal industry in Indonesia such as PT Plat Timah Nusantara Indonesia Tbk has implemented the ISO 9001:2015 with several strategies such as using method of Quality cost delivery (QCDD), providing intensive and comprehensive services based on the concept of a total solution provider, developed an in-house training center, modernize machine technology, implements a comprehensive planning system for the procurement and logistics of raw materials, applies strict and consistent controls as a critical component in a series of management activities, implementation of a superior quality management system at each stage of production as well as continuous improvement of production technology. However, for heavy metal in developed country such as KGHM Polska Miedz has implemented ISO 9001:2015 with strategies such as continuous improvement and risk-based assessment which is same with heavy metal industry in Indonesia.

3.4.2 Analysis of ISO 14001:2015

Coal industry in Indonesia such as PT Bukit Asam Tbk has implemented the ISO 14001:2015 with several strategies such as they have implemented their own environmental management system called SMBA (Sistem Manajemen Bukit Asam), have kept their commitment in following the national standards of emission, also striving in giving social incentives, reuse and recycle waste as a substitute for coal and thus minimizing coal usage. However, for coal industry in other developing country such as Coal India Limited has implemented ISO 14001:2015 with strategies such as conducting air pollution control measures, mine water management, noise pollution control measure as well as land reclamation. Based on these strategies, Indonesia can learn from Coal India's industry to improve the environmental management. By adopting these strategies, monitoring of pollution in Indonesia will be better and it will result to a better environment.

Heavy metal industry in Indonesia such as PT Plat Timah Nusantara Indonesia Tbk has implemented the ISO 14001:2015 with several strategies such as constantly monitoring waste materials produced in manufacturing facilities, launched comprehensive and multidimensional improvements to its entire production process, upgrading to superior production technology and using more efficient and environment friendly machinery. However, for heavy metal in developed country such as KGHM Polska Miedz has implemented ISO 14001:2015 with strategies such as sustainability and risk-based assessment. KGHM Polska Miedz applied three executory strategies (Development of International Assets, Production and Safety, Coherent Organization) and three support strategies (Corporate Social Responsibility, Innovation, and Financial Stability).

3.6. Other ISO-Related Standards

3.6.1. ISO 50001 – Energy Management System

ISO 50001 is based on the continuous improvement management system model, which is also used for other well - known standards such as ISO 9001 or ISO 14001. This facilitates the integration of energy management in organizations overall efforts to improve quality and environmental management.

ISO 50001:2018 provides a framework of requirements for organizations to: Develop a policy for more efficient use of energy; Fix targets and objectives to meet the policy; Use data to better understand and make decisions about energy use; Measure the results; Review how well the policy works, and; Continually improve energy management (Gorny, 2015).

3.6.2. ISO 45001 – Occupational Health And Safety

ISO 45001 applies to all organizations, irrespective of their size, industry or nature. It is designed to be integrated into existing management processes of an organization and follows the same high - level structure as other standards of ISO management systems, such as ISO 9001 (quality management) and ISO 14001 (environmental management).

Key potential benefits from use of the standard include: Reduction of workplace incidents; Reduced absenteeism and staff turnover, leading to increased productivity; Reduced cost of insurance premiums; Creation of a health and safety culture, whereby employees are encouraged to take an active role in their own OH&S; Reinforced leadership commitment to proactively

improve OH&S performance; Ability to meet legal and regulatory requirements; Enhanced reputation; Improved staff morale (Gorny, 2015).

4. CONCLUSION

In conclusion, heavy metal and coal mining industries all over the world are aware of the environmental impacts they might cause. Thus making ISO 14001 very important to build trust with clients. Also, ISO 9001 gives them security for maintaining loyal customers as more trust is established with higher quality service and product. From the results, we can see that difference in strategies depends on each countries need. Therefore, all strategies which has been explained before will give lessons about the common and best practices of ISO implementation.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to give our gratitude towards our lecturer, Mr. Filson Maratur Sidjabat, for guiding us in making this paper. We also would like to say thanks to other lecturers in our study program who has support us in making the paper.

REFERENCES

- Akanksha. (2019). Countries with the biggest coal reserves. *Mining Technology, Mining News and Views Updated Daily*, 04-June-2018. [Online]. <https://www.mining-technology.com/features/feature-the-worlds-biggest-coal-reserves-by-country/>. [Accessed: 29th March 2019].
- Alhaddad, A. (2015) . Perceived Quality, Brand Image and Brand Trust as Determinants of Brand Loyalty. *Journal of Research in Business and Management*, 3(4), pp. 1–8
- Ali, M. (2015). Implementation Analysis of ISO 50001:2011 Energy Management System (EnMS) on a Small/Medium Enterprise. *Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan*, 20 (II)
- Caron, J., Durand, S., and Asselin,H. (2016). Principles and criteria of sustainable development for the mineral exploration industry. *Journal of Cleaner Production*, 119, pp. 215–222
- Coal India Limited. (2017). Producing Quality Coal. Transforming Lives. [online] <https://alankit.com/pdf/Coal%20India%20Annual%20Report%202016-17-%20FINAL%2012.8.2017.pdf> .[Accessed : 23rd February 2019].

- Els, F. (2018). Top 50 biggest mining companies. [Online]. <http://www.mining.com/top-50-biggest-mining-companies/>. [Accessed: 29th March 2019].
- Fonseca, L. (2015). ISO 14001:2015: An Improved Tool for Sustainability. *Journal of Industrial Engineering and Management JIEM*, 8(1): 37-50
- Gorny, A. (2015). Occupational health and safety management in the international condition (consistent with objectives the ISO 45001 standard). *Modern Management Review*, XX (22): pp. 73-88.
- KGHM. (2019). At a glance. *KGHM Corporate Website*. [Online]. <https://kg hm.com/en/about-us/glance>. [Accessed: 23rd February 2019]
- KGHM Polska Miedz.(2018). *Integrated Report for 2017*. [online]. <https://kg hm.com/en/node/4991> .[Accessed : 23rd February 2019]
- Mkhaimer, L., Arafeh, M and Sakhrieh, A. (2017). Effective implementation of ISO 50001 energy management system: Applying Lean Six Sigma approach. *International Journal of Engineering Business Management*, 9: 1–12.
- Okwiri, O and Mbeche, I. (2014). ISO 9001 Certification Status and Organizational Quality Maturity. *International Journal of Business and Social Science*. 5 (10)
- PT Bukit Asam, Tbk. (2017). Achieving EXCELLENCE for SUSTAINABLE GROWTH. [online]. <http://www.ptba.co.id/id/csr/laporan-berkelanjutan> .[Accessed : 22nd February 2019].
- PT Latinusa Tbk. (2017) . Strengthening Quality. [online]. <http://www.latinusa.co.id/laporan-tahunan> .[Accessed : 23rd February 2019].
- Riaz, H., Saeed, A., Baloch, M S., Nasrullah and Khan, Z A. (2019). Valuation of Environmental Management Standard ISO 14001: Evidence from an Emerging Market. *Journal of Risk and Financial Management*, 12 (21).
- Tari, J., Azorin, J and Heras, I. (2012). Benefits of the ISO 9001 and ISO 14001 standards: A literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management JIEM*, 5(2): 297-322

PENGELOLAAN BANK SAMPAH BERKELANJUTAN DI WILAYAH PERDESAAN KABUPATEN BANTUL

Bambang Suwerda¹⁾, Su Rito Hardoyo²⁾, Andri Kurniawan³⁾

¹⁾²⁾³⁾Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Abstrak

Pengelolaan bank sampah di perdesaan Kabupaten Bantul saat ini banyak yang tidak aktif dan hanya sekitar 25% yang masih berjalan. Tujuan penelitian ini untuk meneliti faktor-faktor intensi mengelola bank sampah yang berkelanjutan di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul. Sampel penelitian adalah penabung sampah di bank sampah wilayah perdesaan Kabupaten Bantul. Data dianalisis menggunakan analisis jalur. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara peran Pemerintah dan penggiat sampah yang tergabung dalam Jejaring Pengelola Sampah Mandiri (JPSM) dengan partisipasi masyarakat menabung sampah di bank sampah. Pengetahuan, partisipasi, peran pemerintah dan JPSM memiliki hubungan signifikan dengan intensi perilaku mengelola sampah di bank sampah. Studi ini membantu memahami kekuatan hubungan relatif dari faktor determinan intensi mengelola bank sampah berkelanjutan. Kekuatan hubungan paling besar adalah antara peran pemerintah dan JPSM dengan intensi, diikuti hubungan peran dengan partisipasi, kemudian antara partisipasi dengan intensi, dan yang paling lemah adalah hubungan antara pengetahuan dengan intensi perilaku mengelola sampah di bank sampah.

Kata Kunci: Bank sampah berkelanjutan, faktor determinan, partisipasi masyarakat

Abstract

The management of waste banks in rural areas of Bantul Regency are currently many inactive, and only 25% active. The aim of this research is to research the intention factors of sustainable waste bank management in the rural area of Bantul. The research sample were waste savers in the waste bank of the rural area of Bantul Regency. Data were analyzed using path analysis. The results of the study show that there is a significant relationship between the role of the Government and waste activists who are members of the Independent Waste Manager Network (IWMN) with community participation in waste banks. Knowledge, participation, the role of the government and JPSM have a significant relationship with the intention of sustainable waste banks management behaviour. This study helps understand the strength of the relative relationship of the determinants of intention to manage a sustainable waste bank. The strength of the biggest relationship is between the role of government and JPSM with intentions, followed by role relationships with participation, then between participation and intention, and the weakest is the relationship between knowledge and intention.

Keywords: Determinant factor, management of sustainable waste banks, public participatory

1. PENDAHULUAN

Data dari DLH Kabupaten Bantul tahun 2016, jumlah sampah di Kabupaten Bantul adalah 229.929 m³/hari dengan rata-rata tiap orang menghasilkan 0,0025 m³/hari Timbulan sampah terus bertambah., dengan jumlah penduduk Kabupaten Bantul saat ini 935.000 jiwa, dan rata-rata tiap orang menghasilkan 0,5 kg/hari, maka tiap hari dihasilkan sampah 467,5 ton/hari. Upaya

Dikirim/submitted: 6 November 2018

Diterima/accepted: 26 Desember 2018

pengurangan sampah perlu terus dilakukan dan salah satu caranya adalah dengan membangun bank sampah. Bank sampah adalah sistem pengelolaan sampah rumah tangga dengan cara dipilah dan ditabung di bank sampah yang dibuktikan dengan adanya buku rekening tabungan sampah (Suwerda, 2012)

Kelompok pengelola sampah mandiri dengan sistem bank sampah di wilayah Kabupaten Bantul tahun 2016 sebanyak 127 bank sampah dimana 25 bank sampah berjalan aktif dan 102 bank sampah tidak aktif/ mati suri (Suwerda, 2012). Pengelolaan bank sampah yang berkelanjutan menegaskan perlunya perubahan paradigma dari kumpul- angkut-buang menjadi pengelolaan yang bertumpu pada pengurangan dan penanganan sampah. Pengelolaan sampah dengan bank sampah pada dasarnya merubah perilaku dari membuang dan membakar sampah menjadi memilah dan menabung sampah. Menurut Ajzen (1991) intensi seseorang terhadap perilaku pengelolaan sampah berkelanjutan diukur melalui 3 determinan, yaitu sikap individu, tekanan sosial yang dirasakan untuk menerapkan perilaku, dan persepsi seseorang terhadap kontrol yang dimilikinya terkait perilaku tersebut. Keberadaan bank sampah di perdesaan tidak lepas dari partisipasi masyarakat dan pihak pemerintah setempat. Pembentukan perilaku pengelolaan sampah di bank sampah yang berkelanjutan pada masyarakat berorientasi pada pembangunan berkelanjutan yang dapat menjadi *role of model* bagi perilaku masyarakat dalam mengelola sampah di bank sampah terutama wilayah perdesaan. Hubungan antara pengetahuan, partisipasi, peran dengan intasi mengelola bank sampah berkelanjutan merupakan permasalahan yang ingin diperoleh jawabannya dalam penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk penelitian survei dengan pendekatan *cross sectional* dimana data seluruh variabel penelitian dikumpulkan pada waktu yang sama. Data yang dihasilkan dianalisis secara deskriptif dan analitik menggunakan analisa jalur (*path analysis*).

Sampel penelitian adalah 100 penabung sampah yang diambil dengan teknik *multi stage random sampling*. *Stage* pertama dipilih 9 bank sampah di 9 kecamatan wilayah perdesaan, yaitu Bank Sampah Karang Asri Imogiri, Bank Sampah Sumber Rejeki Jetis, Bank Sampah Muda Harapan Bambanglipuro, Bank Sampah Pringgading Lestari Pajangan, Bank sampah Giat Barokah Pleret, Bank Sampah SJR Blink Sedayu, Bank Sampah Muda Harapan Piyungan, Bank Sampah Berkah

Pundong, dan Bank Sampah Ngabean Berseri Pandak. *Stage* kedua dipilih sampel secara proporsional dari setiap bank sampah. Alat dalam penelitian ini adalah alat tulis, kamera, kuesioner, peta, GPS, komputer, dan *software*.

Data penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yaitu penabung sampah, pengelola bank sampah, sementara data sekunder yaitu kajian referensi, literatur, dan standarisasi yang menyangkut tentang pengelolaan sampah dengan sistem bank sampah. Teknik pengambilan data menggunakan wawancara, dokumentasi, observasi, kuesioner. Variabel penelitian adalah pengetahuan, partisipasi, peran pemerintah, peran JPSM terhadap intensi perilaku mengelola bank sampah berkelanjutan. Skala penelitian yang digunakan adalah skala *likert*. Analisa secara analitik menggunakan analisis jalur (*path analysis*) untuk menemukan faktor determinan yang paling besar dalam pengelolaan bank sampah berkelanjutan di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul.

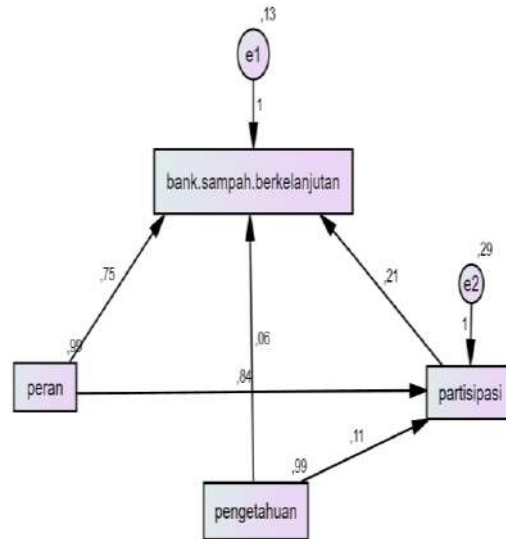
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelola bank sampah di wilayah perdesaan dengan penggerak utama sebagai pengelola adalah ibu-ibu PKK. Rata-rata cakupan pelayanan bank sampah di perdesaan adalah skala dusun dan belum menjadi kegiatan pokok dan bersifat sukarela. Waktu pelayanan rata-rata seminggu sekali dimana hari dan jam sesuai kesepakatan warga. Pembeli sampah sebagai mitra bank sampah rata-rata terdapat satu pembeli sampah di setiap bank sampah. Jenis sampah yang diterima antara lain sampah kertas, kaleng/botol/logam, dan sebagian sampah plastik, terdapat satu *leader* di setiap bank sampah di perdesaan, Bank sampah yang ada saat ini mulai terjalin jejaring komunikasi antar bank sampah di tiap wilayah perdesaan yang ditunjukkan adanya jejaring pengelola sampah mandiri di tiap desa.

Indikator bank sampah berkelanjutan antara lain tingkat pengetahuan masyarakat terhadap bank sampah, partisipasi masyarakat terhadap bank sampah yang ditunjukkan jumlah dan jenis sampah yang mereka tabung, niat/intensi perilaku menabung sampah, peran pemerintah baik teknik maupun non teknis, dan peran jejaring pengelola sampah mandiri (JPSM).

Model analisis jalur bank sampah di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul disajikan pada Gambar 1. Setelah dilakukan uji hipotesis diperoleh hasil nilai chi-square sebesar 0,008 dengan derajat bebas 1 dan p-value sebesar 0,929 lebih dari alpha (0,05) sehingga hipotesis awal

diterima maka dapat kesimpulan bahwa model fit, dalam arti model yang dibangun sudah cocok dengan data dan dapat digunakan.



Gambar 1. Model Jalur untuk Bank Sampah di Wilayah Perdesaan Kabupaten Bantul

Estimasi parameter dan nilai dari model jalur bank sampah di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul disajikan pada Tabel 1. di bawah

Tabel 1. Estimasi Parameter dan Nilai dari Model Jalur Bank Sampah di Wilayah Perdesaan Kabupaten Bantul

Endogen		Eksogen	Estimate	S.E.	C.R.	P
partisipasi	←	Peran	0,836	0,054	15,428	***
partisipasi	←	Pengetahuan	0,114	0,054	2,111	0,035
bank.sampah.berkelanjutan	←	Pengetahuan	0,056	0,037	1,506	0,132
bank.sampah.berkelanjutan	←	Partisipasi	0,205	0,067	3,054	0,002
bank.sampah.berkelanjutan	←	Peran	0,752	0,067	11,268	***

Tabel 1 menunjukkan estimasi parameter beserta nilai *standard error* (S.E.), *construct reliability* (C.R.), dan p-value (P). Kolom *estimate* menunjukkan nilai *loading factor*. Nilai *loading factor* yang semakin besar menunjukkan pengaruh yang semakin besar. Variabel peran memiliki

loading factor 0,752 dibandingkan pengetahuan dan partisipasi dalam mempengaruhi bank sampah berkelanjutan sehingga peran memberikan pengaruh yang paling besar terhadap bank sampah berkelanjutan. Kolom *standard error* menunjukkan nilai error pada suatu variabel eksogen yang mempengaruhi variabel endogen. Kolom *construct reliability* menunjukkan nilai konsistensi. Nilai *construct reliability* yang lebih besar dari 0,7 menunjukkan bahwa variabel tersebut konsisten. Pada kolom tersebut terlihat bahwa semua nilai *construct reliability* > 0,7 sehingga sudah konsisten. Kolom p-value dapat digunakan untuk melihat apakah variabel eksogen mempengaruhi variabel endogen secara signifikan atau tidak. Semakin kecil nilai p-value maka semakin signifikan dalam mempengaruhi. Tanda *** menunjukkan bahwa nilai p-value sangat kecil mendekati nol.

Analisis kelayakan model jalur (*Goodness of Fit*) untuk bank sampah di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul : AGFI (1,000), CFI (1,000), RMSEA (0,000). Kelayakan dan kebaikan dari sebuah model untuk digunakan dapat dinilai dari beberapa kriteria. Kriteria yang digunakan pada penelitian ini adalah AGFI, CFI, dan RMSEA.

Nilai indeks keselarasan yang disesuaikan (*Adjusted Goodness of Fit Index* (AGFI)) dengan ketentuan nilai AGFI sama dengan atau lebih besar dari 0,9. Jika nilai lebih besar dari 0,9 maka model mempunyai kesesuaian model keseluruhan yang baik. Pada model perdesaan memiliki nilai AGFI yang telah lebih besar dari 0,9.

Indeks Kecocokan Komparatif (*Comparative Fit Index* (CFI)) dengan nilai antara 0 – 1 dengan ketentuan jika nilai mendekati angka 1 maka model yang dibuat mempunyai kecocokan yang sangat tinggi sedang jika nilai mendekati 0, maka model tidak mempunyai kecocokan yang baik. Terlihat bahwa nilai CFI untuk model perdesaan memiliki nilai yang mendekati 1, sehingga model tersebut memiliki kecocokan yang baik.

Kesalahan kuadrat rata-rata akar (*Root mean square error of approximation*, RMSEA), disebut juga RMS atau RMSE dan juga perbedaan per derajat kebebasan (*degree of freedom*). Didasarkan pada konvensi, ada kecocokan model yang baik jika RMSEA besarnya lebih kecil atau sama dengan 0,05. ada kecocokan model yang cukup jika besarnya RMSEA kurang dari atau sama dengan 0,08. Penemuan yang terbaru, Hu dan Bentler (1999) menyarankan besarnya

$RMSEA \leq 0,06$ merupakan titik potong untuk sebuah kecocokan model yang baik. Model pedesaan memiliki kecocokan model yang baik karena nilai $RMSEA$ yaitu $0,000 \leq 0,06$.

Dasar pemikiran dari penelitian ini adalah untuk memindai dan mengamati faktor-faktor determinan dari intensi perilaku pengelolaan bank sampah yang berkelanjutan dan juga untuk memastikan kekuatan relatif dari masing-masing faktor determinan yang terdiri atas pengetahuan, partisipasi masyarakat, peran Pemerintah dan JPSM. Penelitian ini juga membahas hubungan pengetahuan masyarakat tentang bank sampah dengan partisipasi menabung sampah di bank sampah, hubungan antara peran Pemerintah dan JPSM dengan partisipasi masyarakat dalam menabung sampah di bank sampah. Hasil yang diperoleh dari model struktural menunjukkan *a good of fit* (kecocokan) berdasarkan *nilai goodness of fit* yang dihasilkan di wilayah pedesaan.

Berdasarkan hasil penelitian pada kolom *estimate* menunjukkan nilai *loading factor*. Nilai *loading factor* yang semakin besar menunjukkan pengaruh yang semakin besar. Variabel peran memiliki *loading factor* yang lebih tinggi dibandingkan pengetahuan dan partisipasi dalam mempengaruhi bank sampah berkelanjutan di wilayah pedesaan sehingga peran pemerintah dan JPSM memberikan pengaruh yang paling besar terhadap keberlanjutan bank sampah di pedesaan kabupaten bantul.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa pengetahuan masyarakat tentang bank sampah berhubungan dan berkontribusi positif dengan partisipasi masyarakat di wilayah pedesaan. Hasil ini sejalan dengan temuan yang diperoleh oleh Gusti dkk (2015) yang menyatakan bahwa pengetahuan tentang pengelolaan sampah berkelanjutan berhubungan dan berkontribusi positif dengan sikap terhadap pengelolaan sampah berkelanjutan. Pengetahuan responden tentang bank sampah menjadi variabel yang penting untuk menjaga keberlangsungan bank sampah. Masyarakat selama ini hanya tahu tentang bank sampah sebagai tempat membuang sampah dengan dicampur, sementara pengetahuan masyarakat tentang bank sampah perlu terus ditingkatkan untuk meningkatkan partisipasi mereka.

Partisipasi masyarakat menjadi hal yang penting dalam mengelola sampah melalui bank sampah. Masyarakat dapat berpartisipasi dalam berbagai bentuk kegiatan. Bentuk partisipasi masyarakat di bank sampah antara lain partisipasi sebagai pengelola bank sampah, yang dapat membuat

keputusan-keputusan strategis bersama pengelola lain, partisipasi dalam pelaksanaan kegiatan di bank sampah mulai dari pelayanan nasabah, administrasi, pemilahan, dan penjualan sampah, atau sebagai penabung sampah, partisipasi dalam pemanfaatan hasil dari bank sampah seperti mendapatkan uang hasil tabungan sampah yang mereka tabung, dan partisipasi dalam monitoring evaluasi bank sampah dengan memberikan masukan yang terkait kemajuan bank sampah.. Bank sampah adalah salah satu kegiatan yang bersifat sosial di masyarakat untuk meningkatkan partisipasi masyarakat mengelola sampah.

Pengetahuan masyarakat tentang bank sampah dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti sosialisasi oleh DLH Bantul dan JPSM Bantul, serta yang diperoleh melalui media cetak, radio dan televisi yang berpengaruh besar dalam pembentukan opini dan kepercayaan tentang bank sampah. Informasi baru tentang sesuatu memberikan landasan kognitif bagi peningkatan pengetahuan (Azwar, 2011 dalam Setyowati dan Mulasari, 2013). Komunikasi dan upaya pendidikan untuk meningkatkan pengetahuan tentang pengelolaan sampah melalui bank sampah telah efektif dalam mendorong partisipasi masyarakat mengelola sampah. Keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan bank sampah memberikan optimisme untuk meningkatkan partisipasi masyarakat mengelola sampah (Hasfarm dkk., 2014). Pengetahuan tentang bank sampah diukur dengan lima indikator yang terdiri dari pengetahuan tentang mengurangi sampah, memilah sampah, memanfaatkan sampah, mendaur ulang sampah, dan menabung sampah.

Temuan penelitian ini menyatakan semakin baik pengetahuan masyarakat tentang bank sampah maka semakin tinggi partisipasi masyarakat terhadap pengelolaan bank sampah yang berkelanjutan. Perlu upaya yang intensif dan berkesinambungan dari pihak Pemerintah dan Pengelola JPSM untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang bank sampah yang berkelanjutan ini dengan memasukkannya sebagai materi pokok dalam sosialisasi pengelolaan sampah yang sering dilakukan oleh DLH Kabupaten Bantul.

Sosialisasi untuk meningkatkan pengetahuan tentang bank sampah dapat dilakukan dengan cara mendatangi kegiatan yang dilakukan masyarakat seperti kegiatan arisan ibu-ibu PKK, pertemuan pemuda pemudi/karang taruna, pengajian, arisan bapak-bapak, ataupun mengundang perwakilan masyarakat untuk menghadiri kegiatan sosialisasi bank sampah yang dilaksanakan oleh pemerintah desa atau kecamatan. Upaya peningkatan pengetahuan dapat juga dilaksanakan

dengan mengoptimalkan peran media cetak maupun elektronik seperti radio televisi, koran, majalah, penyebaran leaflet bank sampah. Kegiatan sosialisasi tidak hanya sekali, akan tetapi secara berkala dilakukan, sehingga masyarakat akan semakin meningkat pengetahuannya tentang bank sampah. Materi yang minimal diketahui oleh masyarakat tentang bank sampah adalah Pengertian bank sampah, konsep dasar bank sampah, komponen bank sampah, instrumen/kelengkapan bank sampah, cara mendirikan bank sampah, manfaat bank sampah, Pengetahuan jenis-jenis sampah, pengetahuan tentang cara mendaur ulang sampah plastik, pengetahuan tentang cara mengelola sampah organik, hambatan dalam pengelolaan bank sampah, cara mengatasi masalah di bank sampah.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa pengetahuan tentang bank sampah berhubungan dan berkontribusi positif dengan intensi perilaku pengelolaan bank sampah berkelanjutan. Temuan ini sejalan dengan asumsi teoritis dalam teori perilaku berencana yang dikembangkan oleh Ajzen, 1991 dalam Gusti dkk., 2015, yang menjelaskan intensi perilaku yang merupakan anteseden terdekat dari perilaku, bahwa intensi/niat perilaku seseorang menjadi penentu apakah seseorang akan melakukan atau tidak melakukan perilaku tertentu. Ada 3 determinan untuk mengukur intensi perilaku seseorang terhadap perilaku pengelolaan sampah berkelanjutan : Sikap individu terhadap perilaku pengelolaan sampah berkelanjutan, Seberapa besar tekanan social yang dirasakan untuk menerapkan perilaku tersebut (norma subyektif), dan persepsi terhadap kontrol yang dimilikinya sehubungan dengan perilaku tersebut yang disebut sebagai *perceived behavioral control* (PBC).

Bank sampah adalah media untuk belajar memilah sampah. Hal ini sebagai suatu media untuk membiasakan masyarakat memilah sampah, karena mereka mencampur sampah yang mereka hasilkan di dalam bak sampah, dan hal ini sejalan dengan penelitian Kumar (2012) dimana dengan alasan masyarakat sehari-hari sibuk, mereka menyampur sampah untuk dibuang di bak sampah. Selain adanya upaya membiasakan memilah dan menabung sampah, bank sampah juga memiliki nilai ekonomi terutama dari hasil tabungan sampah, dan ini sejalan dengan pendapat dari UNEP (2005), dimana dalam pengelolaan sampah perlu ditekankan pentingnya *circulair economi* untuk menjaga nilai tambah dalam proses produksi.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa peran Pemerintah dan JPSM berhubungan dan berkontribusi positif dengan partisipasi masyarakat di bank sampah. Upaya DLH Kabupaten Bantul terhadap peningkatan pengetahuan yang berpengaruh terhadap partisipasi masyarakat di bank sampah, dengan melakukan sosialisasi di tiap desa di wilayah Kabupaten Bantul. Hal ini terus dilakukan untuk membangun kesadaran pentingnya mengelola sampah, karena kesadaran masyarakat adalah sebagai faktor kunci di bank sampah. Selain melakukan sosialisasi, pemerintah dalam hal ini DLH Bantul maupun Pemerintah desa wajib menyediakan sarana prasarana pengelolaan sampah, dan perlu melakukan sinkronisasi APBDES dengan APBD dimana terdapat butir yang mencantumkan pengelolaan sampah. Perlu ditekankan bahwa sampah menjadi tanggung jawab setiap orang. Pendekatan dapat dilakukan melalui organisasi sosial, tokoh masyarakat dan tokoh agama. Program groyok sampah di TPS Liar yang dilakukan oleh DLH Bantul yang bekerjasama dengan Pemerintah Desa, dan JPSM AMOR Kabupaten Bantul dimaksudkan untuk membangun kesadaran masyarakat agar tidak membuang sampah secara sembarangan, mewujudkan lingkungan yang bersih dan bebas sampah, dan setelah digroyok pemantauan lokasi menjadi tanggung jawab desa setempat untuk pengelolaan TPS liar tersebut.

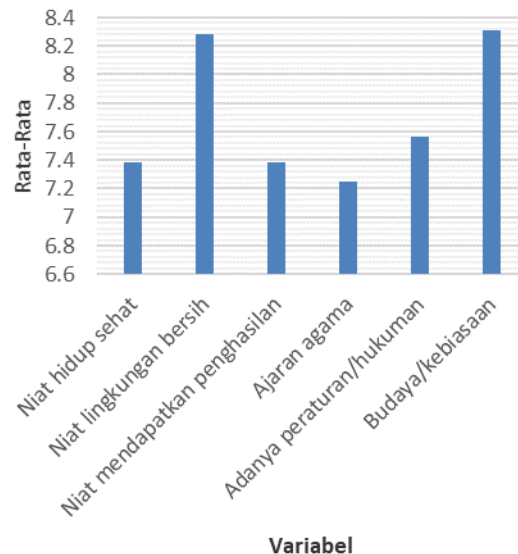
Hasil penelitian ini selaras dengan temuan peneliti sebelumnya dari Jesicca Mc Allister (2015) yang menyatakan bahwa diperlukan upaya kesadaran bagi masyarakat dalam pengelolaan sampah berkelanjutan di negara berkembang. Hasil penelitian di India yang dilakukan oleh Arif dkk (2012) menyatakan bahwa terjadi peningkatan kesadaran dalam pengelolaan sampah. Secara keseluruhan model yang menggunakan kerangka teori perilaku berencana mampu menjelaskan intensi perilaku pengelolaan sampah berkelanjutan dengan pendekatan yang baik dengan cara sederhana dan memadai. Hal ini sejalan dengan penelitian Saxena dkk (2010) terdapat beberapa pendekatan yang mempengaruhi keberlanjutan pengelolaan sampah, yaitu pendekatan teknologi, pendekatan institusi, dan pendekatan keuangan/anggaran, dimana salah satu upaya untuk meminimalkan anggaran dalam pengelolaan sampah yang berkelanjutan adalah dengan mendorong partisipasi masyarakat dalam mengelola sampah.

Faktor intensi perilaku atau niat mengelola bank sampah berkelanjutan memiliki 6 variabel yaitu niat hidup sehat, niat lingkungan bersih, niat untuk mendapatkan penghasilan, ajaran agama,

adanya peraturan/hukuman, dan budaya/kebiasaan.. Pendekatan yang paling cocok untuk pengembangan bank sampah adalah yang memiliki skor pada variabel terbesar atau dengan kata lain memiliki nilai rata-rata variabel yang paling besar. Intensi pengelolaan bank sampah berkelanjutan di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul disajikan pada Tabel 2 dan Gamba 2.

Tabel 2. Intensi Pengelolaan Bank Sampah Berkelanjutan Wilayah Perdesaan Kabupaten Bantul

Variabel	Rata-Rata
Niat hidup sehat	7.38
Niat lingkungan bersih	8.28
Niat untuk mendapatkan penghasilan	7.38
Ajaran agama	7.25
Adanya peraturan/hukuman	7.56
Budaya/kebiasaan	8.31



Gambar 2. Grafik Intensi Perilaku Mengelola Sampah di Bank Sampah Wilayah Perdesaan Kabupaten Bantul

Berdasarkan data hasil penelitian tentang tingkat pengetahuan, partisipasi, peran JPSM dan pemerintah, dan intensi perilaku bank sampah yang berkelanjutan yang berkorelasi positif di wilayah perdesaan. Hal ini menjadi modal yang penting untuk mengembangkan model pengelolaan sampah dengan bank sampah yang berkelanjutan. Keinginan untuk hidup sehat, lingkungan bersih, mendapatkan penghasilan, karena ajaran agama, dan adanya peraturan/hukum, serta budaya/kebiasaan untuk memilah dan menabung sampah menjadi faktor intensi perilaku keberlangsungan bank sampah, dan faktor untuk merubah kebiasaan/budaya merupakan faktor dengan nilai terbesar. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sarah Elsaid dan El-Houssaine Aghezzaf (2015) dimana dalam model pengelolaan sampah, untuk mencapai keberlanjutan sistem pengelolaan sampah perlu tiga faktor utama, ekonomi, sosial dan lingkungan, yang secara efisien diintegrasikan dan dikelola. Merubah kebiasaan masyarakat dalam mengelola sampah dari membakar dan mencampur serta membuang sampah sembarang menjadi memilah dan menabung sampah merupakan bagian dari aspek sosial dalam pengelolaan sampah.

Keterbatasan anggaran yang ada di DLH Bantul dalam pengadaan sarana dan prasarana bank sampah yang dikembangkan masyarakat perdesaan menjadi permasalahan tersendiri. yang juga dialami oleh kota Karu Naswara Nigeria. Menurut Anyanwu dan Adefila (2014) beberapa kendala dalam pengelolaan sampah di Karu Nasawara antara lain peralatan terbatas, pendanaan yang kurang, personal terbatas, sikap/persepsi yang rendah dari masyarakat terkait pengelolaan sampah.

Model yang menggunakan kerangka teori perilaku berencana secara keseluruhan mampu menjelaskan intensi pengelolaan bank sampah yang berkelanjutan. Berdasar teori perilaku berencana, model yang disusun peneliti apabila dilakukan dengan pendekatan yang baik, dan cara yang sederhana, dan memadai maka model tersebut dapat dikembangkan di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis jalur (*path analysis*), terdapat dua hubungan yang signifikan yaitu antara pengetahuan dengan partisipasi masyarakat serta pengetahuan dengan intensi perilaku mengelola sampah di bank sampah wilayah perdesaan Kabupaten Bantul

Sehubungan dengan pengembangan bank sampah berkelanjutan di perdesaan Kabupaten Bantul, maka pemerintah dan JPSM memegang peranan paling tinggi dalam meningkatkan partisipasi masyarakat. Model pengembangan bank sampah yang berkelanjutan di wilayah perdesaan Kabupaten Bantul dilakukan dengan terus meningkatkan pengetahuan, partisipasi, intensi perilaku masyarakat menabung sampah serta meningkatkan peran JPSM dan Pemerintah.

Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi kepada Pemerintah Kabupaten Bantul untuk menyusun perencanaan pengembangan bank sampah wilayah perdesaan dengan meningkatkan peran JPSM dan Pemerintah setempat. Pengelola JPSM AMOR Kabupaten Bantul perlu melakukan sosialisasi terbentuknya bank sampah berbasis masyarakat perdesaan, yang berkoordinasi dengan Pemerintah dalam teknis pelaksanaan bank sampah, dan dalam mendampingi masyarakat untuk membentuk bank sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anyanwu, N.C dan Adefila, J.O. (2014). Nature and Management of Solid Waste in Karu Nasarawa State Nigeria. *American International Journal of Contemporary Research*, 4 (11), pp. 149-159
- Ajzen, I. (1991). The Theory of Planned Behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, 50 (22), 179 – 211
- Arif, M., Bendi, D., Toma-Sabbagh, T. and Sutrisna, M. (2012). Construction waste management in India: an exploratory study. *Construction Innovation*, 12 (2), pp. 133-155
- BLH Bantul. (2016). *Laporan Periodik Per Bulan Sampah Harian Kabupaten Bantul Tahun 2016*. Yogyakarta.
- DLH Bantul. (2016). *Laporan Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bantul Tahun 2016*. Yogyakarta: Pemerintah Kabupaten Bantul.
- Elsaid, S. and Aghezzaf, E. (2015). A framework for sustainable waste management: challenges and opportunities. *Management Research Review*, 38 (10), pp. 1086-1097.
- Gusti, A., Isyandi, B., Bahri, S., dan Afandi, D. (2015). Hubungan Pengetahuan , Sikap dan Intensi Perilaku Pengelolaan Sampah Berkelanjutan Pada Siswa Sekolah Dasar di Kota Padang. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 2, 100–107.
- Hasfarm D. Purba, Christia Meidiana, and Dimas W. Adrianto. (2014). Waste Management

- Scenario through Community Based Waste Bank: A Case Study of Kepanjen District, Malang Regency, Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5 (2).
- Hu, L. & Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, 1-55.
- Jesicca Mc Alister. (2015). Factors Influencing Solid-Waste Management in the Developing World. *Utah State University*
- Kumar, B. (2012). Theory of Planned Behaviour Approach to Understand the Purchasing Behaviour for Environmentally Sustainable Product. *IIMA Working Papers WP2012-12-08, Indian Institute of Management Ahmedabad, Research and Publication Department*.
- Saxena, R.K. Srivastava, A.B. Samaddar. (2010). Towards sustainable municipal solid waste management in Allahabad City. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 21 (3), pp.308-323
- Setyowati, R dan Mulasari, S. A. (2013). Pengetahuan dan Perilaku Ibu Rumah Tangga dalam Pengelolaan Sampah Plastik. *National Public Health Journal*, 7(12), pp 562-566
- Suwerda, B. (2012). *Bank Sampah Kajian Teori dan Penerapan*. Yogyakarta: Pustaka Rihama.
- UNEP. (2005). Solid Waste Management (1st ed.). *Cal Recovery Incorporated*