

## PENGARUH AERASI TERHADAP KARAKTERISTIK LINDI HASIL PENGOLAHAN SAMPAH SAYURAN DENGAN METODE *BIODRYING* ( STUDI KASUS : SAWI PUTIH )

Chandra Ardhianti<sup>\*)</sup>, Sudarno <sup>\*\*)</sup>, Purwono <sup>\*\*)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
Email: [chandraardhianti@yahoo.com](mailto:chandraardhianti@yahoo.com)

### Abstrak

Sampah sayuran terdekomposisi menghasilkan lindi dan bau busuk, sehingga diperlukan penanganan yang tepat, salah satunya dengan pengomposan secara aerob atau anaerob. Pengomposan secara anaerob yaitu penguraian bahan organik tanpa adanya oksigen dan dapat dihasilkan gas metan yang menimbulkan bau busuk (Setyorini dkk., 2006). Pada proses pengomposan aerob, penguraian bahan organik dibantu mikroba aerob dan tersedia oksigen, sehingga lindi yang dihasilkan berkurang serta timbulnya bau busuk dapat diminimalisir. Untuk itu diperlukan pengolahan sampah secara aerob. Salah satu metode pengolahan sampah organik yang mirip dengan komposting aerob adalah *biodrying*. Menurut Velis et al. (2009) *biodrying* dapat mereduksi kelembaban hingga 40 % bahkan 20 % atau kurang. Dengan demikian, akan dihasilkan material sampah yang kering dan meminimalisir lindi yang terbentuk. Penelitian ini menggunakan 7 reaktor dengan variabel bebas yaitu debit aerasi (2 L/m, 3 L/m, 4 L/m, 5 L/m, 6 L/m, 7 L/m dan tanpa aerasi), serta intensitas pengambilan sampel (hari ke-2, 3, 4, 5, 6, dan 7). Variabel terikat adalah volume lindi, nitrat lindi, dan penurunan volume sampah. Sedangkan variabel kontrolnya adalah massa sampah sebanyak 3 kg/reaktor. Penambahan aerasi menyebabkan penurunan volume dan konsentrasi nitrat lindi secara signifikan. Namun, pengaruh penambahan aerasi terhadap penurunan sampah tidak signifikan. Lindi yang dihasilkan dari pengolahan sampah dengan metode *biodrying* dengan penambahan aerasi diperoleh kualitas lindi yang lebih baik dibanding tanpa adanya penambahan aerasi.

**Kata Kunci** : Sampah sayuran, *biodrying*, aerasi, lindi

### Abstract

**[Influence of Aeration to Characteristic of Leachate on Vegetable Waste Treatment with *Biodrying* (Case Study: Chinese Cabbage)].** Decomposition of vegetable waste produce leachate and odor, so it requires treatment. Vegetable waste treatment by aerobically or anaerobically composting. Anaerobic composting is the decomposition of organic material in the absence of oxygen and methane can be produced that cause the stench (Setyorini et al., 2006). In aerobic composting process, decomposition of organic matter assisted by aerobic microbes and available oxygen, so that the amount of leachate generated will be reduced and the occurrence of stench can be minimized. One method of organic waste treatment that is similar to aerobic composting is *biodrying*. According Velis et al. (2009) *biodrying* can reduce moisture contents from 40% to 20% or less. Thus, the waste material will produce a dry and minimize the amount of leachate formed. This research uses 7 reactors by using variables airflow rate (2 L/m, 3 L/m, 4 L/m, 5 L/m, 6 L/m, 7 L/m and without aeration), and the intensity of sampling (day of 2, 3, 4, 5, 6, and 7). The dependent variable are the volume of leachate and nitrate of leachate. While, variable control is the mass of vegetable waste as much as 3 kg/reactor. The addition of aeration causes a decrease in the volume and concentration of and nitrate significantly. However, the effect of adding aeration to the decline waste of *biodrying* process is not significant. Leachate generated from waste treatment with *biodrying* with aeration obtained quality of leachate is better than without aeration.

**Keywords:** vegetable waste, *biodrying*, aeration, leachate

## PENDAHULUAN

Dalam aktivitasnya, manusia akan menghasilkan sampah. Sampah organik yang proporsinya jauh lebih besar daripada sampah anorganik biasanya tertimbun tanpa ada yang memanfaatkan. Sampah organik terdiri atas sisa sayuran, tanaman, dan sisa makanan yang mengandung karbon (C) berupa senyawa sederhana maupun kompleks (Setyorini dkk., 2006). Salah satu sampah atau limbah yang banyak terdapat di sekitar kota adalah limbah pasar, seperti sayuran, buah-buahan dan daun-daunan. Salah satu limbah sayuran pasar yang dominan ada di pasar yaitu sawi putih. Menurut Wulandari dkk. (2015), kadar air pada sawi putih cukup tinggi yaitu sebesar 88,62 %.

Menurut Sutrisno (2010) sampah organik yang dihasilkan dari aktivitas tumbuhan hasil pemeliharaan dan budidaya, dapur rumah tangga, pasar, mengandung lebih banyak bahan organik yang mudah membusuk. Salah satu cara penanganan sampah sayuran yaitu dengan pengomposan secara aerob atau anaerob. Pengomposan secara anaerob yaitu penguraian bahan organik tanpa adanya oksigen dan dihasilkan gas metan yang menimbulkan bau busuk (Setyorini dkk., 2006). Pada proses pengomposan aerob, penguraian bahan organik dibantu dengan mikroba aerob dan tersedia oksigen, sehingga lindi dan timbulnya bau busuk dapat diminimalisir. Untuk itu diperlukan pengolahan sampah secara aerob.

Salah satu metode pengolahan sampah organik yang mirip dengan komposting aerob adalah *biodrying*. *Biodrying* yaitu dekomposisi zat organik secara parsial dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan dibantu aerasi (Fadlilah dan Yudihanto, 2013). Menurut Velis et al (2009) *biodrying* dapat mereduksi kelembaban hingga 40 % bahkan 20 % atau kurang. Dengan demikian, akan dihasilkan material sampah yang kering dan meminimalisir jumlah lindi yang terbentuk.

Pada proses *biodrying* dilakukan aerasi, tujuannya untuk memasok oksigen bagi pertumbuhan mikroorganisme serta membawa uap yang terbentuk keluar dari reaktor. Penting untuk diketahui laju alir udara yang optimal untuk pengeringan biologis, karena laju alir yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pengeringan fisik (Ham et al., 2013). Dengan dilakukannya aerasi, air akan menguap dan sebagian air akan merembes melalui matriks sampah dan terkumpul di bagian bawah reaktor *biodrying* sebagai lindi. Lindi komposting adalah jenis air limbah yang kompleks dengan beban organik dan mineral yang tinggi.

Dalam proses komposting, lindi harus dikumpulkan, disimpan, dan dikelola untuk menghindari dampak lingkungan (Caceres et al., 2015). Volume dan nitrat lindi merupakan parameter yang penting untuk diketahui. Kadar nitrat yang tinggi dalam suatu perairan akan mengakumulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas sehingga air akan kekurangan oksigen. Dari uraian tersebut, karakteristik lindi hasil pengolahan sampah sayuran dengan metode *biodrying* belum diketahui, apakah lindi hasil *biodrying* memiliki kualitas yang lebih baik atau tidak. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk meneliti pengaruh aerasi terhadap karakteristik lindi hasil pengolahan sampah sayuran dengan metode *biodrying* (studi kasus : sawi putih).

## METODOLOGI

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimental laboratoris. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2016. Penelitian, pengambilan sampel dan analisis hasil sampling dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Sementara itu, variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**a. Variabel Bebas**, yaitu debit aerasi dan intensitas pengambilan sampel.

Debit aerasi yang ditambahkan adalah 2 L/m, 3 L/m, 4 L/m, 5 L/m, 6 L/m, 7 L/m dan tanpa aerasi (kontrol). Sementara itu, intensitas pengambilan sampel yang dilakukan adalah hari ke-2, 3, 4, 5, 6, dan 7.

**b. Variabel Terikat**, yaitu volume lindi, nitrat lindi, dan penurunan volume sampah.

**c. Variabel Kontrol**, yaitu massa sampah sebesar 3 kg setiap rektornya.

Sementara itu, analisis laboratorium (uji nitrat lindi) diperoleh data dan dilakukan perhitungan berdasarkan SNI atau *Standard Methods*, untuk selanjutnya dilakukan pengolahan data melalui *microsoft excel*. Untuk penentuan volume lindi yang dihasilkan dilakukan dengan metode pengukuran menggunakan gelas ukur. Penentuan penurunan volume sampah dilakukan dengan pengukuran ketinggian sampah dan perhitungan konversi menjadi volume. Hasil observasi serta hasil uji laboratorium selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan kajian pustaka.

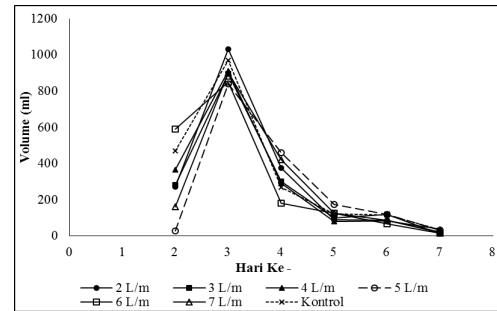
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Aerasi Terhadap Volume Lindi

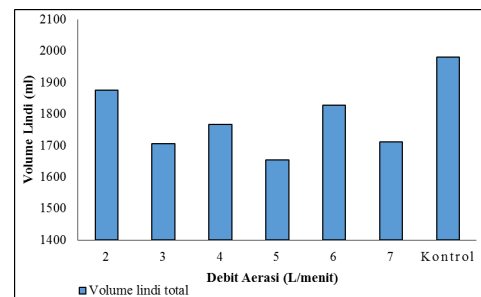
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aerasi terhadap volume lindi hasil pengolahan sampah sayuran dengan menggunakan metode *biodrying*. Hasil pengukuran volume lindi dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Volume Lindi**

Debit Aerasi	Volume Lindi (ml)						V <sub>total</sub>
	Hari ke -						
	2	3	4	5	6	7	
2 L/m	270	1030	375	90	88	23	1876
3 L/m	280	895	300	98	120	13	1706
4 L/m	365	910	290	80	84	37	1766
5 L/m	28	840	460	174	120	32	1654
6 L/m	590	850	180	125	68	14	1827
7 L/m	160	900	420	126	88	17	1711
Kontrol	470	970	267	123	117	33	1980



**Gambar 1. Grafik Pengaruh Aerasi Terhadap Volume Lindi**



**Gambar 2. Grafik Pengaruh Aerasi Terhadap Volume Lindi Total**

Dari tabel 1., gambar 1. dan 2. dapat diketahui bahwa penambahan aerasi pada reaktor *biodrying* dapat meminimalisir terbentuknya lindi. Sebagai contoh, pada reaktor dengan debit aerasi 2 L/m menghasilkan lindi dengan volume total sebesar 1876 ml, reaktor dengan debit aerasi 3 L/m menghasilkan lindi sebanyak 1706 ml, dan reaktor dengan debit aerasi 5 L/m memiliki volume lindi 1654 ml. Pada reaktor kontrol diperoleh volume lindi total sebesar 1980 ml. Semakin besar debit aerasi yang diberikan belum tentu akan semakin sedikit volume lindi yang dihasilkan. Sebagai contoh, pada reaktor dengan debit aerasi 6 L/m menghasilkan lindi total sebanyak 1827 ml, dimana volume lindi lebih tinggi dibandingkan volume lindi dari reaktor dengan debit aerasi 5 L/m yaitu sebesar 1654 ml. Meskipun laju alir udara yang lebih tinggi menghilangkan kadar air lebih banyak dalam limbah, namun penting untuk diketahui laju alir udara yang optimal untuk pengeringan biologis, karena laju alir yang terlalu tinggi dapat

menyebabkan pengeringan fisik (Ham et al., 2013). Oleh karena itu, dengan semakin tingginya debit aerasi yang diberikan tidak menjamin akan dihasilkan lindi dengan volume yang lebih sedikit, karena air yang terkandung dalam sampah dapat hilang melalui penguapan maupun terbentuk sebagai lindi.

Lindi terbentuk pada hari ke-2, dimana timbulnya lindi mengindikasikan bahwa terjadi dekomposisi sampah. Lindi ini berasal dari air yang terkandung di dalam material sampah. Sawi putih memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu sebesar 88,62 % (Wulandari dkk., 2015). Menurut Rompas dkk. (2011) tumbuhan terdiri atas berbagai jaringan, salah satunya jaringan epidermis yang tersusun dari sel-sel yang memiliki dinding sel. Dinding sel terdiri dari lamela tengah, dinding primer dan dinding sekunder. Dinding primer adalah lapisan yang terdiri dari hemiselulosa, selulosa, pektin, lemak, dan protein (Campbell et al., 2002). Sel tumbuhan mengandung protoplasma yang terdiri dari sistem membran dan sitoplasma, dimana sitoplasma ini memiliki bahan dasar air sekitar 85 – 90 %. Proses pemecahan senyawa atau hidrolisis memanfaatkan  $H^+$  untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan pada polisakarida, lipid dan protein (Paramita dkk., 2012). Ketika sampah mengalami proses dekomposisi, mikroorganisme akan memecah senyawa organik seperti selulosa, protein, lemak dan sebagainya yang terkandung di dalam sel. Oleh karena itu, dinding sel akan pecah dan air yang terkandung di sitoplasma akan keluar.

Pada reaktor kontrol dihasilkan volume lindi lebih banyak dibanding reaktor dengan penambahan aerasi. Hal ini disebabkan tidak adanya aerasi sehingga molekul air yang berada di permukaan sampah tidak dapat teruapkan terbawa ke udara luar karena tidak ada aliran udara yang mendorongnya ke atas. Molekul air

tersebut akhirnya akan meresap melalui celah-celah sampah dan ditampung pada bagian bawah reaktor *biodrying* sebagai lindi (*leachate*). Lindi akan turun keluar reaktor melalui pipa dan terkumpul di penampung lindi. Namun dengan adanya aerasi, molekul air yang berada di permukaan sampah akan menguap dan terdorong ke atas ke udara luar oleh aliran udara aerasi (Naryono dan Soemarno, 2013). Dengan demikian, molekul air pada sampah lebih banyak hilang akibat teruapkan dan terbawa keluar oleh aliran udara dibanding meresap ke bawah membentuk lindi. Proses *biodrying* fokus pada teknologi aerobik, yang menghilangkan air terutama sebagai uap oleh suhu tinggi (Mendoza et al., 2012).

Menurut Ab Jalil et al. (2015) dalam proses *biodrying*, sampah *biodegradable* akan terurai menghasilkan panas atau energi, karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ). Proses dekomposisi sampah secara aerob secara garis besar sebagai berikut (Setyorini dkk., 2006) :

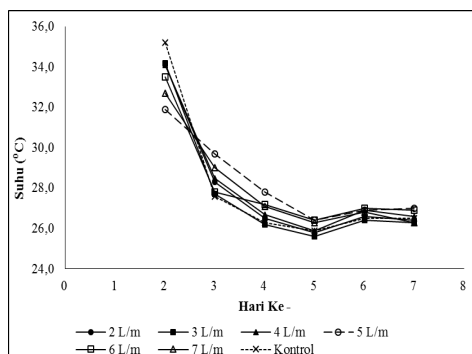
Bahan organik +  $O_2 \rightarrow H_2O + CO_2 +$   
hara + humus + energi

Dekomposisi sampah secara aerob tidak timbul bau busuk dan terjadi reaksi eksotermik sehingga timbul panas akibat pelepasan energi (Setyorini dkk., 2006). Panas yang dihasilkan oleh proses dekomposisi sampah ini akan digunakan untuk membantu proses penguapan molekul air yang terkandung dalam sampah maupun yang ada di permukaan sampah. Prinsip dasar dari *biodrying* adalah pengurangan kadar air menggunakan energi panas yang berasal dari kegiatan mikroorganisme untuk menguraikan sampah organik dan dibantu dengan aerasi (Ab Jalil et al., 2015). Dengan adanya panas yang cukup, molekul air teruapkan keluar reaktor dan menjadikan kehilangan air semakin tinggi. Suhu sampah selama proses *biodrying* berlangsung ditunjukkan pada tabel dan gambar di bawah ini :

**Tabel 2. Suhu Sampah**

Debit Aerasi	Suhu Sampah (°C)					
	Hari ke -					
	2	3	4	5	6	7
2 L/m	34,1	28,3	26,5	25,8	26,6	26,4
3 L/m	34,2	27,7	26,2	25,6	26,4	26,3
4 L/m	34,1	28,5	26,7	25,9	26,9	26,6
5 L/m	31,9	29,7	27,8	26,4	26,9	27,0
6 L/m	33,5	27,8	27,2	26,4	27,0	26,9
7 L/m	32,7	29,0	27,1	26,3	26,8	26,3
Kontrol	35,2	27,6	26,3	25,9	26,5	26,5

Tabel 2. menunjukkan bahwa suhu sampah semakin menurun hingga hari ke-5, di hari ke-6 dan 7 penurunan/kenaikan suhu tidak signifikan. Tingginya suhu sampah pada hari ke-2 menunjukkan terjadinya proses dekomposisi sampah. Menurut Setyorini dkk. (2006), pada tahap awal atau dekomposisi berlangsung, dihasilkan suhu yang cukup tinggi dalam waktu yang relatif pendek. Dekomposisi aerobik bahan organik oleh mikroorganisme dengan cepat akan meningkatkan suhu matriks sampah ke kisaran termofilik (Velis et al., 2009). Suhu termofilik yaitu di kisaran 45 – 75 °C, sedangkan suhu mesofilik berkisar antara 5 – 45 °C (Tchobanoglous and Kreith, 2002). Namun pada penelitian ini diperoleh suhu mesofilik, dimana suhu tertinggi hanya 35,2 °C. Hal ini disebabkan oleh timbunan sampah yang rendah, sehingga panas tidak dapat terisolasi. Timbunan yang terlalu dangkal akan kehilangan panas dengan cepat, karena bahan tidak cukup untuk menahan panas dan menghindari pelepasannya (Setyorini dkk., 2006).



**Gambar 3. Grafik Suhu Sampah**

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa suhu sampah tertinggi dicapai pada hari ke-2 dan semakin menurun. Namun di hari ke-6 suhu sedikit meningkat, hal ini dikarenakan pada hari ke-5 dilakukan pengadukan sampah agar sampah menjadi homogen. Akibatnya sampah menjadi tercampur dan proses dekomposisi sampah menjadi lebih tinggi, sehingga panas yang dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisme juga akan sedikit meningkat. Pada hari ke-2, dimana suhu sampah mencapai 31,9 – 35,2 °C diperoleh lindi dengan volume yang berkisar antara 28 – 590 ml. Namun pada hari ke-3 saat suhu sampah menurun menjadi 27,6 – 29,7 °C, volume lindi yang dihasilkan meningkat berada di kisaran 840 – 1030 ml.

Pada hari-hari berikutnya yaitu hari ke-4, hari ke-5, hari ke-6, dan hari ke-7 volume lindi menurun seiring dengan menurunnya suhu sampah. Semakin lama waktu aerasi yang diberikan, volume lindi yang dihasilkan akan semakin sedikit. Produksi lindi yang semakin rendah dikarenakan kadar air dalam sampah semakin berkurang dan sampah mulai mengering akibat lamanya waktu aerasi yang diberikan selama proses *biodrying*. Semakin besar atau semakin lama waktu tinggal maka semakin tinggi kadar air yang hilang (Fadlilah dan Gogh, 2013). Selain itu, molekul air yang terkandung dalam sampah sudah banyak yang teruapkan serta keluar sebagai lindi, sehingga di hari-hari akhir volume lindi semakin sedikit. Lindi yang dihasilkan tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh suhu saja, namun juga dipengaruhi oleh terjadinya proses dekomposisi sampah. Suhu yang dihasilkan selama proses *biodrying* masih cukup rendah, hal ini dikarenakan reaktor terbuka dan massa sampah sedikit sehingga panas yang ada tidak dapat terisolasi atau tersimpan di dalam reaktor. Untuk meningkatkan suhu sampah, reaktor dibuat semi tertutup dan massa sampah ditambahkan serta dapat

diberikan penambahan *bulking agent* seperti serbuk gergaji atau jerami.

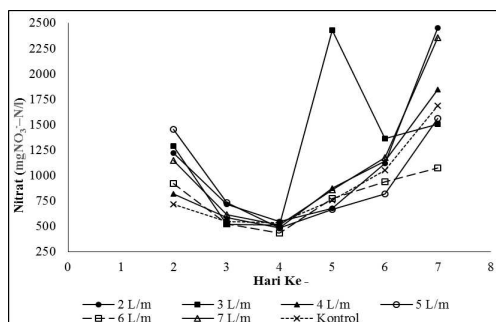
### Pengaruh Aerasi Terhadap Nitrat Lindi

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi debit aerasi dan waktu aerasi terhadap konsentrasi nitrat dalam lindi hasil pengolahan sampah sayur sawi putih dengan metode *biodrying*. Hasil uji nitrat lindi proses *biodrying* sebagai berikut :

**Tabel 3. Hasil Uji Nitrat Lindi**

Debit Aerasi	Nitrat (mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/l)					
	Hari ke -					
	2	3	4	5	6	7
2 L/m	1221	715	549	679	1118	2454
3 L/m	1290	517	513	2430	1363	1505
4 L/m	816	584	485	877	1142	1845
5 L/m	1454	734	485	667	817	1560
6 L/m	919	521	434	774	940	1074
7 L/m	1149	612	513	861	1177	2355
Kontrol	715	545	533	754	1051	1687

Tabel diatas menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat fluktuatif. Nitrat tertinggi yaitu 2454 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l pada hari ke-7 pada reaktor dengan debit aerasi 2 L/m, sedangkan nitrat terendah sebesar 434 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l pada hari ke-4 pada reaktor dengan debit aerasi 6 L/m. Pengaruh aerasi terhadap nitrat lindi dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 4. Grafik Pengaruh Debit Aerasi terhadap Nitrat Lindi**

Berdasarkan gambar 4. dapat dilihat bahwa konsentrasi nitrat lindi yang dihasilkan dari reaktor dengan debit aerasi 6 L/m cukup rendah

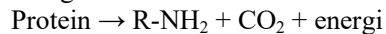
dibandingkan dengan lindi yang dihasilkan dari reaktor lain. Konsentrasi nitrat lindi yang berasal dari reaktor dengan debit aerasi 6 L/m di hari ke-2 adalah 947 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l lebih rendah dibanding pada reaktor lainnya. Konsentrasi nitrat menurun dari hari ke-2 hingga hari ke-4, selanjutnya mengalami kenaikan di hari ke-5 dan semakin meningkat hingga hari ke-7. Konsentrasi nitrat pada lindi cukup tinggi yaitu berada di kisaran 434 – 2454 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l, pada hari ke-2 konsentrasi nitrat sebesar 715 – 1454 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l dan meningkat di hari ke-7 menjadi 1074 – 2454 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l.

Tingginya konsentrasi nitrat dapat disebabkan karena kandungan nitrat pada sampah. Berdasarkan uji yang dilakukan, diperoleh konsentrasi nitrat sampah awal (sawi putih) sebesar 3045 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan sebelum terjadi proses dekomposisi sampah. Debit aerasi paling optimum untuk menurunkan kadar nitrat adalah 6 L/m, dimana konsentrasi nitrat di hari ke-7 paling rendah dicapai oleh lindi yang berasal dari reaktor dengan debit aerasi 6 L/m yaitu sebesar 1074 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l. Kebanyakan tanaman tingkat tinggi mengambil nitrogen dari tanah dalam bentuk ion amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) atau ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Nitrat adalah bentuk yang paling sesuai dan banyak diambil oleh tanaman. Sejumlah sayuran mengakumulasi nitrat pada level yang tinggi. Derajat akumulasi utamanya berkaitan dengan jenis tanaman, bagian tanaman, umur tanaman, dan jumlah nitrat yang terkandung dalam media. Sawi putih memiliki kadar nitrat yang tinggi yaitu di kisaran 1000-2500 mg/kg bobot segar (Novasari, 2011).

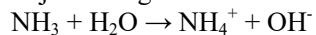
Nitrat yang berasal dari reaktor dengan debit aerasi 3 L/m pada hari ke-5 memiliki konsentrasi yang tinggi yaitu sebesar 2430 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l, dimana kondisi ini ditandai dengan rendahnya kadar ammonium yaitu 291,4 mgNH<sub>4</sub><sup>-</sup>-N/l. Hal ini menunjukkan terjadinya proses nitrifikasi, dimana dengan

kehadiran oksigen yang cukup dan bakteri pengurai yang bekerja dengan optimal, ammonium dikonversi menjadi nitrit, yang kemudian dengan cepat akan terkonversi lagi menjadi nitrat. Dengan demikian kadar ammonium menjadi rendah dan kadar nitrat mengalami peningkatan lebih besar dibandingkan lindi yang berasal dari reaktor lainnya.

Senyawa organik yaitu protein akan dirombak melalui proses dekomposisi menjadi nitrogen organik. Menurut Noorizqiyah (2009) proses perubahan protein dan senyawa serupa yang merupakan sebagian besar nitrogen menjadi senyawa amino disebut dengan aminisasi. Prosesnya dapat digambarkan sebagai berikut :

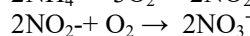
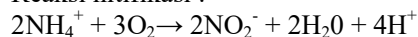


Nitrogen organik ini akan didekomposisi oleh mikroba menjadi ammonia kemudian dikonversi menjadi ammonium, proses ini disebut mineralisasi. Ammonia juga dapat dikonversi menjadi ammonium melalui proses hidrolisis ammonia, reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Dengan adanya oksigen, ammonium dengan cepat akan dikonversi menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi, yaitu perubahan senyawa amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi senyawa nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), yang selanjutnya nitrit yang terbentuk dioksidasi menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (Marsidi dan Arie, 2002). Pada nitrifikasi, konversi ammonium terjadi secara 2 tahap yaitu konversi ammonium menjadi nitrit oleh bakteri oksidasi seperti *nitrosomonas* dan oksidasi nitrit menjadi nitrat oleh *nitrobacter*. Proses oksidasi nitrit berjalan lebih cepat sehingga nitrit jarang ditemukan.

Reaksi nitrifikasi :



Pada reaktor yang diberikan aerasi cenderung memiliki nitrat cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya oksigen yang mengoksidasi ammonium menjadi nitrat. Dengan ketersediaan oksigen

yang cukup maka bakteri pengurai ammonium dapat hidup dan bekerja optimal dalam proses nitrifikasi dimana ammonium akan dioksidasi menjadi nitrit untuk kemudian diubah kembali menjadi nitrat. Sebaliknya, konsentrasi nitrat yang rendah dikarenakan konsentrasi ammonium yang tinggi, pada kondisi ini ammonium belum seluruhnya dikonversi atau proses nitrifikasi tidak berjalan optimal sehingga ammonium masih dalam bentuk yang tetap dan tidak berubah menjadi nitrat.

Pada kondisi anaerobik, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen (Marsidi dan Arie, 2002). Secara kimiawi, nitrat dapat berkurang melalui proses denitrifikasi, yaitu reduksi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) menjadi  $\text{N}_2\text{O}$  atau gas dinitrogen ( $\text{N}_2$ ) oleh bakteri anaerob. Pada proses ini terjadi kehilangan nitrogen akibat rendahnya aerasi. Oksidasi bahan organik menyediakan energi dan karbon untuk bakteri denitrifikasi dan nitrat bertindak sebagai akseptor elektron. Proses denitrifikasi dapat dilihat pada persamaan berikut (Walworth, 2013) :

$$2\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{HNO}_2 \rightarrow 2\text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2(\text{g})$$

Konsentrasi nitrat lindi yang berasal dari reaktor kontrol cenderung lebih rendah dibandingkan konsentrasi nitrat lindi yang berasal dari reaktor dengan penambahan aerasi. Rendahnya ketersediaan oksigen dapat mengakibatkan nitrat tereduksi menjadi gas dinitrogen, sehingga konsentrasi nitrat menjadi rendah. Denitrifikasi terjadi pada kondisi anaerobik yang memanfaatkan nitrat sebagai akseptor elektron dan dengan perantara nitrit dan nitrit oksida akan memproduksi gas nitrogen (Nindrasari dkk., 2011). Pada kondisi anaerob ini dapat pula terjadi proses *anammox* (*anaerobic ammonia oxidation*), suatu proses dimana nitrit digunakan sebagai aseptor elektron dalam konversi ammonium menjadi gas

nitrogen. Proses *anammox* terjadi dengan reaksi berikut (Samekto, 2009) :  

$$\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
  
 Kondisi anaerob menyebabkan ammonium secara cepat akan dikonversi menjadi gas nitrogen, sehingga nitrat yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan pada kondisi aerob.

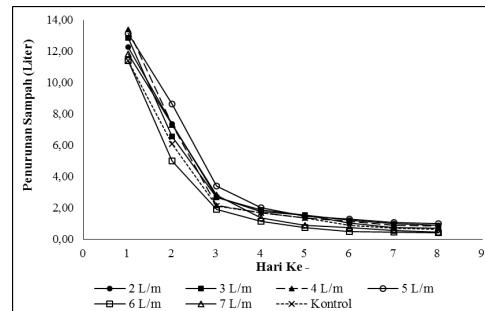
### Pengaruh Aerasi Terhadap Penurunan Volume Sampah

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya penurunan volume sampah dalam reaktor yang terjadi selama proses *biodrying* berlangsung. Dengan diketahuinya penurunan sampah maka dapat diketahui pula proses dekomposisi yang terjadi. Berdasarkan pengamatan dan pengukuran yang dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut :

**Tabel 4. Volume Sampah Selama Proses *Biodrying***

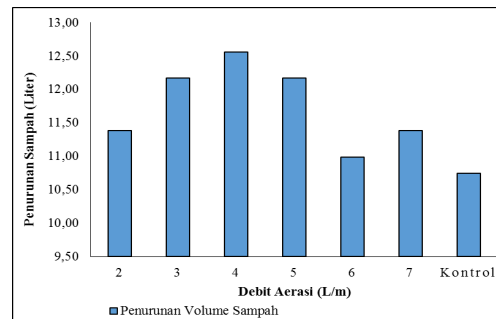
Debit Aerasi	Volume Sampah (liter)							
	Hari ke -							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2 L/m	12	7,4	2,7	1,8	1,5	1,23	0,98	0,88
3 L/m	13	6,6	2,7	1,9	1,5	1,03	0,74	0,69
4 L/m	13	7,3	2,2	1,7	1,4	1,13	0,88	0,83
5 L/m	13	8,6	3,4	2	1,5	1,28	1,08	0,98
6 L/m	11	5	1,9	1,1	0,7	0,49	0,44	0,39
7 L/m	12	7,3	2,8	1,4	0,9	0,74	0,54	0,44
Kontrol	11	6,1	2,1	1,7	1,4	0,88	0,69	0,64

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa volume sampah maksimal pada reaktor dengan debit aerasi 4 L/m di hari ke-1 yaitu 13,39 liter. Sedangkan volume sampah minimum pada hari ke-8 pada reaktor dengan debit aerasi 6 L/m yaitu 0,39 liter. Volume sampah yang dihasilkan semakin menurun hingga hari ke-8. Volume sampah pada hari ke-1 berada di kisaran 11,38 – 13,39 liter, sedangkan volume sampah pada hari ke-8 berkisar antara 0,39 – 0,98 liter. Volume sampah selama proses *biodrying* berlangsung ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



**Gambar 5. Grafik Volume Sampah Selama Proses *Biodrying***

Selama proses *biodrying*, volume sampah mengalami penurunan setiap harinya hingga volume yang dihasilkan rendah. Hal ini mengindikasikan terjadinya proses dekomposisi sampah. Penurunan volume sampah selama proses *biodrying* dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 6. Grafik Penurunan Volume Sampah**

Gambar 5. dan 6. menunjukkan bahwa pada reaktor kontrol mengalami penurunan sampah paling rendah dibandingkan pada reaktor dengan penambahan aerasi. Total penurunan sampah dari paling rendah hingga yang terbesar berturut-turut yaitu reaktor kontrol sebesar 10,74 liter, reaktor dengan debit aerasi 6 L/m sebesar 10,99 liter di, reaktor dengan debit aerasi 7 L/m dan 2 L/m sebesar 11,38 liter, reaktor dengan debit aerasi 3 L/m dan 5 L/m sebesar 12,17 liter, dan reaktor dengan debit aerasi 4 L/m sebesar 12,56 liter. Penurunan sampah paling besar terjadi pada hari ke-2 yaitu pada kisaran 4,51 – 6,38 liter, dan penurunan sampah paling rendah terjadi di hari ke-8 di



kisaran 0,05 – 0,1 liter. Suhu sampah yang lebih tinggi menyebabkan dekomposisi dari bahan organik lebih tinggi pula (Ham et al. 2013). Hal ini ditunjukkan pada hari ke-2 dengan suhu tertinggi yaitu 31,9 – 35,2 °C mengalami penurunan sampah terbesar pula yaitu 4,51 – 6,38 liter.

Reaktor dengan penambahan aerasi mengalami penurunan sampah lebih banyak. Makin banyak mendapatkan udara maka makin cepat proses pembusukan, itu berarti memperpendek lamanya proses degradasi sebab makin meningkatkan aktivitas jasad renik dalam proses perombakan (Syafrudin dkk., 2011). Ketersediaan oksigen yang cukup dapat mempercepat terjadinya degradasi sampah. Menurut Syafrudin dkk. (2011) pengaturan udara yang ditambahkan sangat berpengaruh dalam proses degradasi sampah. Penambahan aerasi belum tentu memperbesar reduksi volume sampah, hal ini disebabkan karena kelembaban sampah kurang sesuai untuk bakteri untuk mendegradasi materi organik dalam sampah (Syafrudin dkk., 2011). Begitu pula dengan debit aerasi yang lebih besar belum tentu mengalami penurunan sampah yang besar pula. Dengan debit udara yang terlalu besar maka kelembaban akan cepat menurun sehingga proses biologis tidak dapat berjalan lancar dan dapat mengganggu proses degradasi sampah.

#### KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah adanya aerasi mempengaruhi volume lindi yang dihasilkan. Total volume lindi yang dihasilkan dari proses *biodrying* selama 7 hari berkisar 1654 ml – 1980 ml, dengan total volume lindi terbanyak sebesar 1980 ml yaitu lindi yang berasal dari reaktor kontrol. Sedangkan total volume lindi minimum dihasilkan dari reaktor dengan debit aerasi 5 L/m yaitu sebesar 1654 ml. Dengan demikian, adanya aerasi menyebabkan volume lindi yang dihasilkan semakin sedikit. Penambahan

aerasi dapat menurunkan konsentrasi nitrat secara signifikan, serta meningkatkan penurunan sampah secara tidak signifikan. Debit aerasi paling optimum untuk penurunan konsentrasi nitrat adalah 6 L/m, dimana nitrat 434 – 1074 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l. Pada reaktor kontrol (tanpa penambahan aerasi) diperoleh nitrat 533 – 1687 mgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian adalah perlu dilakukan uji kadar air, dan C, N, P, K akhir agar dapat diketahui efisiensi penurunan kadar air sampah dan penurunan senyawa C, N, P, K selama *biodrying*, reaktor ditutup dan massa sampah ditambah untuk menjaga panas yang ada di dalam reaktor sehingga panas dapat terisolasi dan proses dekomposisi lebih optimal, penambahan *bulking agent* untuk menjaga panas sampah dalam reaktor, serta perlu penelitian lanjutan dengan variasi debit aerasi yang optimal untuk meminimalisir volume lindi dengan jumlah yang lebih besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ab Jalil, N. A., H. Basri., N. E. A. Basri., M. F. M. A. Shammala. 2015. *The Potential of Biodrying as Pre-treatment for Municipal Solid Waste in Malaysia. Journal of Advanced Review on Scientific Research* 7(1) : 5-13
- Caceres, R., A. Magri., O. Marfa. 2015. *Nitrification of Leachates from Manure Composting Under Field Conditions and Their Use in Horticulture. Article in Press* 44(2015) : 1-1
- Campbell, N. A., Reece, J. B. dan Mitchel. L. G. 2002. *Biologi*. Erlangga. Jakarta
- Fadlilah, N dan Gogh. Y. 2013. *Pemanfaatan Sampah Makanan menjadi Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Biodrying. Jurnal Teknik* 2(2) : 1-5
- Ham, G. Y., S. J. Bae., J. R. Park., S. H. Kwon., H. J. Kim., D. H. Lee. 2013. *Relations Between Drying Efficiency and Parameters in Bio-*

- Drying Process for MSW Treatment : A Review*. (Proceedings The 24th Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management). University of Seoul. Korea
- Marsidi, R dan Arie H. 2002. *Proses Nitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi*. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 3(3) : 197-205
- Mendoza, F. J. C., L. H. Prats., F. R. Martinez., A. G. Izquierdo., A. B. P. Guzman. 2012. *Effect of Airflow on Biodrying of Gardening Wastes in Reactors*. *Journal of Environmental Science* 25(5) : 2-22
- Naryono, E dan Soemarno. 2013. *Pengeringan Sampah Organik Rumah Tangga*. *Indonesian Green Technology Journal* 2(2) : 61-69
- Nindrasari, G., Irene. M., Jubhar. C. M. 2011. *Pengurangan Kadar Amonium Pada Limbah Cair Industri Terasi Melalui Proses Nitrifikasi dan Anammox Menggunakan Kombinasi Kultur Aerob-Anaerob*. (Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa). Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga
- Noorizqiyah, E. 2009. *Mineralisasi Nitrogen pada Empat Kedalaman Tanah Andisol yang Dikelola Secara Organik dan Konvensional di Ciwidey dan Cisarua*. (Skripsi). Departemen Kimia IPB. Bogor
- Novasari, F. 2011. *Karakterisasi dan Analisis Kandungan Nitrat Tanaman Pakis Sayur (Pleocnemia Irregularis (C. Presl) Holttum) di Kecamatan Dramaga, Bogor*. (Skripsi). Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB. Bogor
- Paramita, P., M. Shovitri., N. D. Kuswytasari. 2012. *Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik*. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 1(9) : E-23 – E-26
- Rompas, Y., Henny. L. R., Marhaenus. J. R. 2011. *Struktur Sel Epidermis dan Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Suku Orchidaceae*. *Jurnal BIOLOGOS* 1(1) : 13-19
- Samekto, R. 2009. *Anammox: Suatu Proses Baru Dalam Daur Nitrogen yang Menawarkan Banyak Peluang Dalam Pengelolaan Pencemaran Air Akibat Nitrogen*. *Jurnal Inovasi Pertanian* 8(1) : 73-76
- Setyorini, D., Saraswati, R., dan Anwar, E. K. 2006. *Kompos*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor
- Sutrisno, J. 2010. *Pembuatan Biogas dari Bahan Sampah Sayuran (Kubis, Kangkung dan Bayam)*. *Jurnal* 8(1) : 102-108
- Syafrudin, S., Bambang. P., Sri. E. W., Dian. E. S., Monalisa. 2011. *Studi Pengaruh Aerasi dan Resirkulasi Lindi Terhadap Laju Proses Degradasi Sampah Pada Bioreactor Landfill*. *Jurnal Teknik* 3(1) : 47-52
- Tchobanoglous, G and F. Kreith. 2003. *Handbook of Solid Waste Management*. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA
- Velis, C. A., P. J. Longhurst., G. H. Drew., R. Smith., S. J. T. Pollard. 2009. *Biodrying for Mechanical–Biological Treatment of Wastes: A Review of Process Science and Engineering*. 100(11) : 2747 – 2761
- Walworth, J. 2013. *Nitrogen in Soil and The Environment*. <http://cals.arizona.edu/pubs>
- Wulandari, S., Farida. F., Liman. 2015. *Pengaruh Berbagai Komposisi Limbah Pertanian Terhadap Kadar Air, Abu, dan Serat Kasar Pada Wafer*. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* 3(3) : 105-109