

PENGERINGAN SAMPAH PADAT ORGANIK MENGGUNAKAN METODE *BIO-DRYING* DI SALAH SATU PASAR KOTA MALANG

Melly Handayani, Ananda Rizky Mahendra, Eko Naryono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

mellyhandayani43@gmail.com ; [eko.naryono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari, akan menghasilkan sampah baik jenis organik maupun anorganik. Pengelolaan sampah khususnya daerah perkotaan perlu dilakukan sebagai upaya dalam mengurangi timbunan sampah pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Salah satu metode pengelolaan sampah yang efektif digunakan dan ramah lingkungan adalah metode *bio-drying*. Pengeringan biologis (*bio-drying*) merupakan salah satu alternatif biokonversi mekanis-biologis pada pengolahan sampah organik. Penerapan hasil rancangan ini diharapkan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan ke lingkungan terutama timbulnya bau tidak sedap yang ditimbulkan oleh tumpukan sampah di TPS salah satu Pasar Kota Malang. Penelitian ini dilakukan menggunakan reaktor *tray bio-drying* dengan massa sampah padat organik 5 kg pada setiap *tray* dengan laju alir aerasi 0,04167 m³/menit pada masing-masing *tray*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan metode *tray bio-drying* mampu menurunkan kadar air awal sebesar 62.69% hingga menjadi 9.49%. Hasil rancangan pada kapasitas 4 m³ sampah per hari, untuk digunakan mengolah sampah di salah satu Pasar Kota Malang dengan bentuk reaktor empat persegi panjang dengan ukuran Panjang 8 m, lebar 3,3 m, dan tinggi 2,5 m. Pada sisi bawah dasar reactor dipasang kawat ram. Blower yang digunakan 2 buah dengan kapasitas masing masing 20 m³ /menit. Tujuan dari rancangan reaktor ini dapat bekerja secara kontinyu yang bertujuan untuk mengeringkan sampah sebesar 4m³ per hari, dengan produk sampah kering yang dihasilkan sekitar 250kg per hari sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan ke lingkungan terutama meminimalkan timbulnya bau yang tidak sedap.

Kata kunci: aerasi, *continous bio-drying*, kadar air, penurunan massa, *tray bio-drying*

ABSTRACT

Humans in carrying out their daily activities will produce waste both organic and inorganic types. Waste management, especially in urban areas, needs to be carried out as an effort to reduce waste piles at Final Disposal Sites (TPA). One method of waste management that is effectively used and environmentally friendly is the *bio-drying* method. Biological drying (*bio-drying*) is an alternative to mechanical-biological bioconversion in organic waste processing. The application of the results of this design is expected to reduce the negative impact caused to the environment, especially the appearance of unpleasant odors caused by piles of garbage at TPS one of the Malang City Markets. This research was conducted using a *bio-drying tray reactor* with a mass of 5 kg organic solid waste on each *tray* with an aeration flow rate of 0.04167 m³/minute on each *tray*. The results showed that the *tray bio-drying* method was able to reduce the initial moisture content by 62.69% to 9.49%. The design results on a capacity of 4 m³ of waste per day, to be used to process waste in one of the Malang City Markets with a rectangular reactor shape with a length of 8 m, a width of 3.3 m, and a height of 2.5 m. On the underside of the reactor base, a ram wire is attached. Two blowers are used with a capacity of 20 m³/minute each. The aim of this reactor design is that it can work continuously to dry 4m³ of waste per day, with dry waste products producing around 250kg per day to reduce the negative impact on the environment, especially minimizing the appearance of unpleasant odors.

Keywords: aeration, *continuous bio-drying*, moisture content, mass reduction, *tray bio-drying*

Corresponding author: Eko Naryono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: eko.naryono@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari baik kegiatan domestik ataupun industri, akan menghasilkan sampah [1]. Volume sampah di Kota Malang mencapai ± 660 ton per hari yang mayoritas sampah berasal dari sampah rumah tangga, dan sisanya berasal dari sampah pasar dan limbah industri. Persentase sampah di Kota Malang menunjukkan 69% sampah merupakan sampah domestik yang berasal dari perumahan atau rumah tangga sedangkan 31% merupakan sampah non domestik yang berasal dari sampah pasar, fasilitas pertokoan, fasilitas industri, sampah jalan, sampah pertamanan dan sampah dari fasilitas kesehatan [2].

Menurut Elamin, dkk (2018), pengelolaan sampah bukan hanya menjadi tanggung jawab pemerintah melainkan seluruh masyarakat agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan [3]. Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah menjadi salah satu komponen terpenting untuk mengurangi volume (kuantitas) sampah terutama di kota besar [4]. Pengelolaan sampah khususnya daerah perkotaan perlu dilakukan sebagai upaya dalam mengurangi timbunan sampah pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) [5].

Upaya yang dapat dilakukan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat adalah dengan melaksanakan penyuluhan dan sosialisasi mengenai pengurangan dan pengelolaan sampah [6]. Salah satu metode pengelolaan sampah yang efektif digunakan dan ramah lingkungan yaitu dengan metode *bio-drying* [7]. Pengeringan biologis (*bio-drying*) merupakan salah satu alternatif biokonversi mekanis-biologis pada pengolahan limbah organik. *Bio-drying* menggabungkan proses mekanis (sirkulasi udara) dan biokonversi (pengomposan dan pengolahan anaerobik) [8]. Tujuan dari proses *bio-drying* nantinya dapat mengurangi volume serta kadar air sampah [9]. Proses ini dapat dilakukan pada peralatan yang disebut reaktor *bio-drying*. Tahapan pengolahan sampah dengan metode *bio-drying* diawali dengan pemilahan sampah organik di Tempat Pembuangan Sampah (TPS) sebelum dimasukkan reaktor *bio-drying* [10]. Pada reaktor kemudian dilakukan proses aerasi atau pengaliran udara. Tujuan aerasi udara untuk sirkulasi oksigen yang dibutuhkan pada saat pertumbuhan mikroorganisme dan membawa uap air keluar dari reaktor *bio-drying*. Selama proses berlangsung terjadi reaksi biokonversi yang dapat menghasilkan panas dari panas reaksi. Panas yang dihasilkan menyebabkan air di dalam sampah organik menguap, dan dibawa keluar reaktor oleh udara aerasi. Proses ini umumnya berlangsung 9-10 hari. Pada proses aerasi, air menguap dan sebagian air limbah dan terakumulasi di dasar reaktor *bio-drying* sebagai lindi [11].

Menurut hasil penelitian Aminah, dkk. (2017), disebutkan bahwa pengurangan kandungan air dengan menggunakan reaktor *bio-drying* sangat signifikan. Hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut, pada laju aerasi 4 L/m pada tumpukan sampah dengan tinggi awal 31,2 cm dapat turun sampai dengan tinggi akhir 1,3 % yang setara dengan pengurangan 95% [12].

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka dilakukan penelitian awal proses *biodrying* menggunakan sampah dari salah satu Pasar Kota Malang sebagai dasar untuk merancang reaktor *bio-drying* kontinyu. Tujuan dari rancangan reaktor ini dapat bekerja secara kontinyu yang bertujuan untuk mengeringkan sampah sebesar 4m³ per hari, dengan produk sampah kering yang dihasilkan sekitar 250 kg per hari sehingga dapat mengurangi

dampak negatif yang ditimbulkan ke lingkungan terutama meminimalkan timbulnya bau yang tidak sedap.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di gedung Pengolahan Limbah di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang. Tahapan penelitian didahului dengan memilah dan mengumpulkan sampel sampah padat organik di TPS salah satu Pasar Kota Malang. Setelah itu, dilakukan penimbangan sampel padat organik sebanyak 5 kg pada masing-masing *tray* untuk diproses dalam *tray bio-drying* selama 12 hari. Tahap analisis dilakukan di Laboratorium Riset 1 Politeknik Negeri Malang.

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu reaktor *tray bio-drying*, blower, oven, cawan porselin, neraca analitik, spatula, pisau, desikator, termometer, gelas ukur. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampah padat organik yang berasal dari TPS salah satu Pasar Kota Malang.

2.2. Prosedur Penelitian

Pengumpulan sampah padat organik yang diperoleh dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang berada di salah satu kawasan Pasar Kota Malang. Kemudian dilakukan penimbangan bahan sebanyak 5 kg. Sebelum memasukan bahan ke dalam reaktor *tray bio-drying* dianalisis persen kadar air terlebih dahulu. Sampah padat organik dimasukkan ke dalam reaktor *tray bio-drying*, kemudian blower dinyalakan dengan laju alir udara sebesar 2,5 m³/jam atau 0,04167 m³/menit. Sedangkan lama pengeringan menggunakan waktu 12 hari. Pada setiap 3 hari proses *bio-drying*, dilakukan pemindahan sampah dari satu *tray* ke *tray* berikutnya dan dilakukan pengukuran kadar air, temperatur, penurunan massa, volume air lindi yang ditimbulkan selama proses *bio-drying*. Pada Gambar 1 berikut ditunjukkan foto proses *bio-drying* di dalam reaktor *tray bio-drying*.

Proses *bio-drying* dimulai dengan memasukkan sampel sampah sebanyak 5 kg pada *tray* 1. Selanjutnya reaktor ditutup dan blower yang terletak pada bagian belakang dihidupkan dengan laju alir udara sebesar 2,5 m³/jam atau 0,04167 m³/menit. Blower dinyalakan selama 18 jam setiap hari. Setelah tiga hari sampah pada *tray* 1 dipindahkan ke *tray* 2, dan *tray* 1 diisi sampah baru. Pada hari ke 6 sampah dari *tray* 2 dipindahkan ke *tray* 3, *tray* 2 diisi sampah dari *tray* 1 dan *tray* 1 diisi sampah baru. Pada hari ke 9 sampah dari *tray* 3 dipindahkan ke *tray* 4, *tray* 3 diisi sampah dari *tray* 2, sampah dari *tray* 1 diisikan ke *tray* 2 dan *tray* 1 diisi sampah baru. Setelah proses berlangsung selama 12 hari produk sampah kering diambil dari *tray* ke 4. Setiap proses pemindahan sampah diukur kadar air, temperatur, penurunan massa, volume lindi. Proses pemindahan sampah masing masing *tray* ini untuk mensimulasikan proses *bio-drying* kontinyu.



Gambar 1. Reaktor Tray Bio-drying

2.3. Analisis Data

Data yang diperoleh terdiri : massa sampah, temperatur, volume lindi, dan kadar air yang dianalisis menggunakan metode gravimetri yang masing masing diukur setiap 3 hari sekali. Analisis kadar air dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

W1 = Berat bahan + cawan (gram)

W2 = Berat bahan setelah pengeringan di dalam oven (gram)

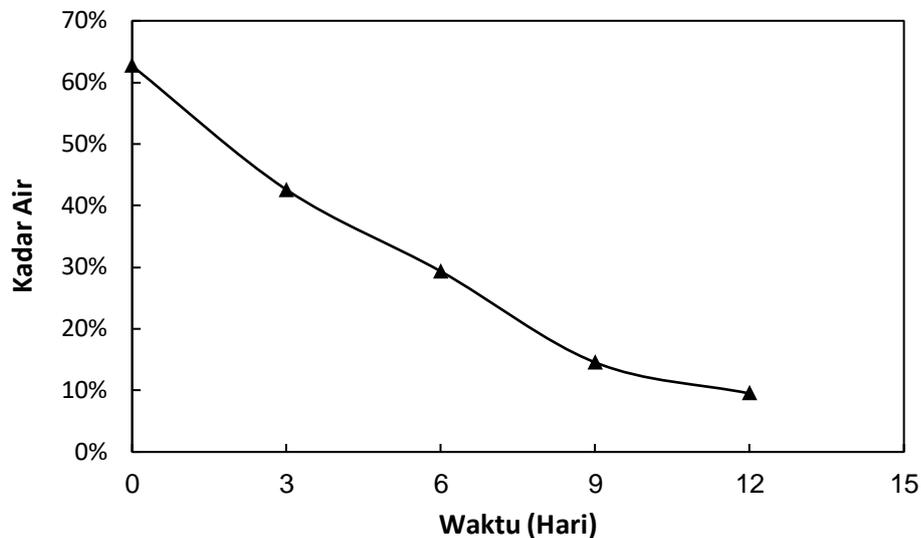
W = Berat bahan (gram)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

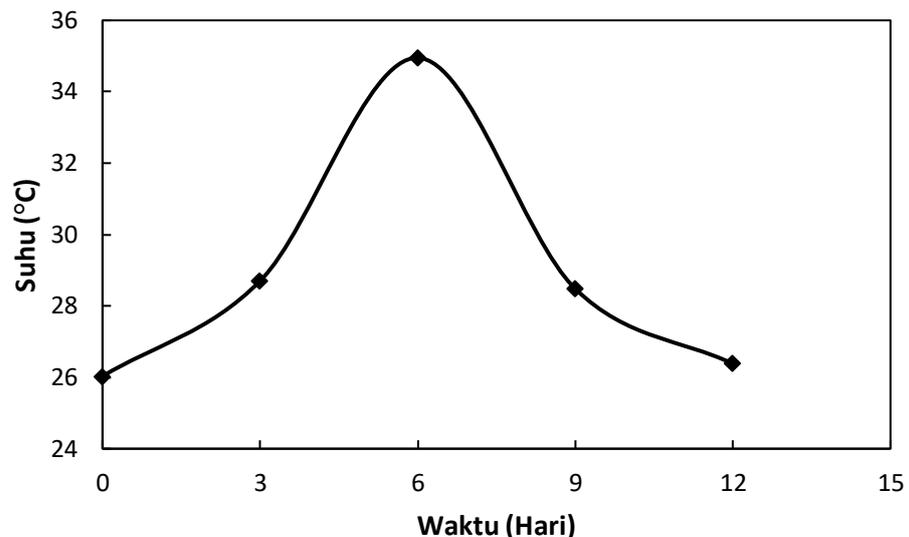
Setiap 3 hari sekali dilakukan pengukuran kadar air, temperatur, massa sampah dan volume lindi. Kadar air sampah selama 12 hari proses *bio-drying* ditunjukkan Gambar 2.

Kadar air sampah awal sebesar 62,69%, pada hari ke-3, 6, 9 dan 12 kadar air sampah secara berurutan masing masing 42,58%, 29,31%, 14,53%, dan hari ke-12 9,49%. Penurunan kadar air selama proses *bio-drying* diakibatkan aktivitas mikroorganisme yang dapat meningkatkan temperatur sampah. Kondisi ini menyebabkan air di dalam sampah menguap dan dibawa keluar reaktor oleh udara aerasi. Proses penguapan dapat mengurangi kadar air dari 60% menjadi di bawah 20% dalam waktu kurang dari satu bulan [13]. Pernyataan tersebut sesuai dengan percobaan yang telah dilakukan selama proses pada reaktor *tray bio-drying* yang dapat menurunkan kadar air awal sebesar 62,69% hingga menjadi 9,49% dalam rentang waktu 12 hari. Persentase penurunan kadar air dipengaruhi oleh temperatur dan debit udara dari blower [14]. Pada sistem reaktor *bio-drying* terjadi pelepasan energi panas selama proses dekomposisi bahan organik secara aerobik. Pengeringan terjadi karena panas reaksi eksotermis yang dilepaskan selama proses dekomposisi digunakan untuk menguapkan

air yang terkandung pada sampah. Aliran udara aerasi membawa uap air tersebut dari reaktor ke atmosfer [11].

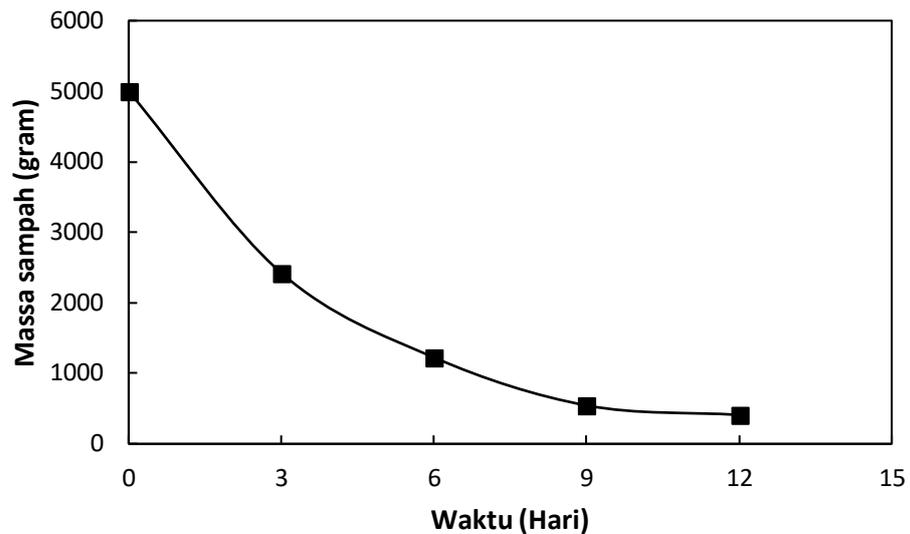


Gambar 2. Grafik hubungan waktu *bio-drying* terhadap kadar air



Gambar 1. Grafik hubungan waktu *bio-drying* terhadap suhu

Perubahan temperatur selama proses *bio-drying* ditunjukkan Gambar 3. Temperatur rata-rata sampah awal 26°C, hari ke-3 meningkat menjadi 28,7°C, dan mencapai tertinggi pada hari ke 6 yang sebesar 35°C. Kenaikan temperatur sampah ini akibat aktivitas metabolik mikroorganismenya. Semakin tinggi temperatur, maka metabolisme mikroorganismenya juga akan meningkat [15]. Setelah hari ke 6 temperatur akan berangsur turun, pada hari ke-9 temperatur terus turun menjadi 28,5°C sedangkan pada hari ke-12 temperatur mulai menurun kembali hingga mendekati temperatur lingkungan. Massa sampah awal hingga hari ke-12 ditunjukkan gambar 3. Massa awal sampah sebesar 5000 g, pada hari ke-3, 6, 9 dan hari ke-12 secara berurutan masing masing 2423 g, 1225 g, 545 g, dan 410 g pada hari ke-12.



Gambar 2. Grafik hubungan waktu *bio-drying* terhadap massa sampah

Penurunan massa yang terjadi selama proses *bio-drying* disebabkan karena terjadi perpindahan massa air ke udara yang ditiupkan dari blower. Laju alir udara 0,04167 m³/menit dengan durasi peniupan udara selama 18 jam/hari membawa keluar uap air sampah dari reaktor ke atmosfer sehingga massa sampah turun.

Tabel 1. Pengaruh proses *bio-drying* terhadap timbulan lindi pada masing-masing tray

Tray ke-	Volume lindi (mL) pada hari ke -				Total
	3	4	5	6	
1	0	24	6	0	30
2	0	0	32	9	41
3	34	12	0	0	45
4	41	14	9	0	64

Lindi (*leachate*) merupakan cairan yang menembus melalui timbunan sampah, membawa zat-zat terlarut atau terangkat, terutama hasil dari dekomposisi bahan sampah [16]. Pada proses degradasi sampah padat organik dengan kadar air yang tinggi akan menghasilkan lindi yang semakin banyak. Lindi akan timbul ketika dinding sel atau membran sampah padat hancur. Apabila air yang keluar tidak teruapkan maka air tersebut akan merembes ke bawah.

Data volume lindi setiap tray ditunjukkan Tabel 1. Setiap tray menghasilkan volume lindi yang berbeda, hal ini karena selama proses terdapat jenis sampah organik berbeda. Semakin lama waktu *bio-drying*, volume lindi yang dihasilkan semakin menurun. Mekanisme pengeringan adalah menggunakan panas yang dihasilkan dari proses degradasi sampah secara aerobik. Semakin menurunnya degradasi aerobik karena menurunnya kandungan air sampah akibat terbawa udara aerasi ke atmosfer akan menyebabkan terbentuknya air lindi semakin menurun.

Dari data massa sampah selama proses *bio-drying* pada Gambar 4. selanjutnya digunakan untuk merancang ukuran reaktor *bio-drying* berbentuk segi empat dengan

kapasitas 4 m³/hari sesuai kapasitas sampah organik di salah satu Pasar Kota Malang. Perhitungan volume reaktor yang dirancang dengan metode *scale up*. Langkah awal yang dilakukan adalah memperoleh data karakteristik reaktor *bio-drying* digunakan untuk eksperimen yaitu volume 91 L setiap *tray*, yang tersusun dari 5 *tray* dengan massa sampah tiap *tray* 5 kg. Pada penelitian ini digunakan 4 *tray* karena pada *tray* ke 4 sampah sudah kering dengan kadar air sekitar 9 %. Total volume reaktor untuk 4 *tray* 364 L yang diisi sampah dengan massa 20 kg. Langkah selanjutnya adalah menentukan densitas sampah dengan cara pengukuran yang sebesar 0,273 kg/L.

Perhitungan *scale up* dilakukan dengan dasar sebagai berikut, berdasarkan Gambar 4. dapat dihitung penurunan massa sampah setiap 3 hari pada masing masing *tray*. Berdasarkan data ini dapat diketahui bahwa pada volume reaktor 364 L yang diisi sampah sampah dengan massa 20 kg (5 kg/*tray* x 4 *tray*), setiap hari terjadi akumulasi penurunan massa sampah sebesar selisih massa awal sampah dan massa sampah pada hari ke 3 dibagi dengan 3 hari, yang sebesar 30,6%. Untuk 20 kg sampah setiap hari terjadi penurunan massa sampah 6,12 kg. Penurunan massa sampah ini harus digantikan dengan umpan sampah baru, yang dimasukkan ke dalam reaktor untuk mengkondisikan proses agar berjalan kontinyu. Perhitungan *scale up* dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1) Massa sampah Tempat Penampungan Sementara (TPS) di salah satu Pasar Kota Malang

Diketahui:

Volume sampah per hari 4 m³ atau 4000 L

Densitas sampah 0,273 kg/L

massa sampah = densitas x volume sampah per hari (2)

massa sampah = 0,273 ^{kg}/_L x 4000 L

massa sampah = 1092 kg

2) Volume Reaktor *Tray Bio-drying* untuk eksperimen

Berdasarkan hasil pengukuran dimensi tiap *tray*:

Panjang = 70 cm

Lebar = 50 cm

Tinggi = 26 cm

Volume tiap *tray*:

$V = P \times L \times T$ (3)

$V = 70 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 26 \text{ cm}$

$V = 91000 \text{ cm}^3$

Tray yang diisi sampah 4:

Total volume reaktor $91000 \text{ cm}^3 \times 4 = 364000 \text{ cm}^3 = 364 \text{ liter}$

Dengan volume reaktor 364 liter tersebut dapat menampung sampah padat organik sebesar 20 kg yang setiap harinya berkurang sebesar 6,12 kg.

3) Scale Up Reaktor *Tray Bio-drying* Kontinyu

Apabila setiap harinya harus diumpankan 1092 kg sampah baru

$1092 \text{ kg} \approx \frac{1092 \text{ kg}}{6,12 \text{ kg}} \times 364 \text{ L}$

$1092 \text{ kg} \approx 64949 \text{ L}$

Untuk menghasilkan kapasitas *continuous bio-drying* maka alat tersebut dibuat dengan ukuran sebagai berikut:

Panjang = 8 m

Lebar = 3,3 m

Tinggi = 2,5 m

$$V = P \times L \times T$$

Keterangan :

V = Volume alat *continuous bio-drying* (L)

P = Panjang alat *continuous bio-drying* (m)

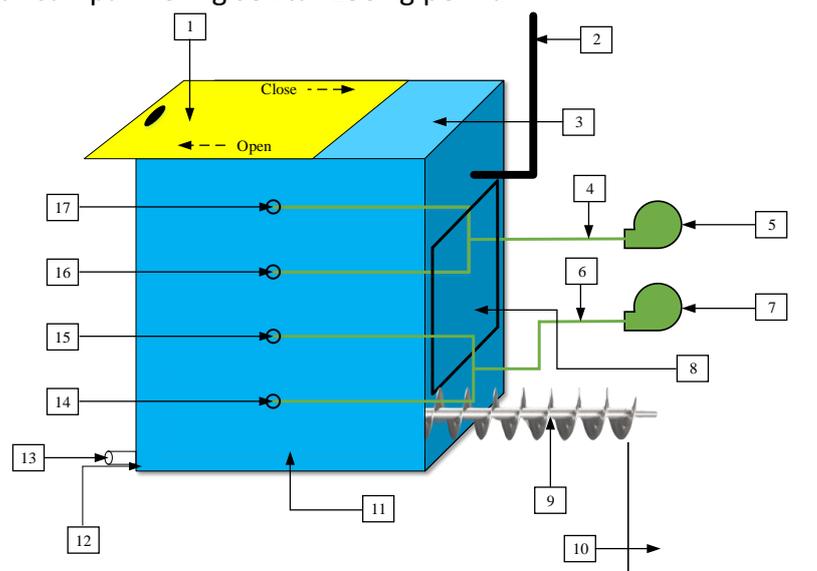
L = Lebar alat *continuous bio-drying* (m)

T = Tinggi alat *continuous bio-drying* (m)

$$V = 8 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$$

$$V = 66 \text{ m}^3 \rightarrow 66000 \text{ L}$$

Rancangan reaktor *bio-drying* yang direncanakan digunakan di salah satu Pasar Kota Malang ditunjukkan pada Gambar 5. dengan bentuk reaktor empat persegi panjang dengan ukuran panjang 8 m, lebar 3,3 m, dan tinggi 2,5 m. Pada sisi bawah dasar reaktor dipasang kawat ram untuk jalur keluarnya lindi. Blower yang 39 digunakan 2 buah dengan kapasitas masing masing 20 m³ /menit. Untuk mengeluarkan produk sampah kering di atas kawat ram dipasangkan *screw conveyor*. Bahan konstruksi reaktor dapat digunakan dari logam misalkan *box container* atau bangunan tembok batu bata. Reaktor berbentuk kotak ini direncanakan ditempatkan di ruang penampungan sementara sampah di salah satu Pasar Kota Malang. Setiap hari sampah basah dimasukkan ke dalam reaktor, selama 12-20 jam blower dinyalakan untuk meniupkan udara. Produk sampah kering diambil setiap hari dari reaktor pada bagaian bawah menggunakan *screw conveyor*, yang dinyalakan setiap hari 1 jam. Direncanakan reaktor ini bisa bekerja secara kontinyu untuk mengeringkan sampah 4 m³ per hari, dengan produk sampah kering sekitar 250 kg per hari.



Gambar 5. Desain *continuous bio-drying* untuk pengolahan sampah di salah satu pasar kota Malang

Keterangan dari Gambar 5. :

- 1) Tutup reaktor *bio-drying*

- 2) Pipa cerobong (untuk mensirkulasikan udara yang ada di dalam reaktor *bio-drying*)
- 3) *Feed in* (*feed* berupa sampah basah organik)
- 4) Pipa penghubung antara blower dengan reaktor
- 5) Blower dengan kapasitas 20 m³/menit
- 6) Pipa penghubung antara blower dengan reaktor
- 7) Blower dengan kapasitas 20 m³/menit
- 8) Pintu untuk *maintenance*
- 9) *Screw conveyor*
- 10) Wadah penampungan sampah kering
- 11) *Product out* (produk berupa sampah kering organik)
- 12) Besi ram (pembatas antara sampah dengan keluarannya lindi)
- 13) Pipa keluarannya lindi
- 14) Lubang udara masuk menuju *tray bio-drying*
- 15) Lubang udara masuk menuju *tray bio-drying*
- 16) Lubang udara masuk menuju *tray bio-drying*
- 17) Lubang udara masuk menuju *tray bio-drying*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dan rancangan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan reaktor *bio-drying* kontinyu dapat digunakan untuk mengolah sampah di salah satu Pasar Kota Malang. Pengeringan sampah menggunakan reaktor *bio-drying*, dapat menurunkan kadar air menjadi 20-30%, *temperature* 35°C, jumlah timbulnya air lindi sekitar 1% dan penurunan massa sampah 70%. Rancangan alat *bio-drying* berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 8 m, lebar 3,3 m dan tinggi 2,5 m, blower 20 m³ /menit jumlah 2 buah, dilengkapi *screw conveyor*. Bahan konstruksi logam dalam bentuk *box container* atau bangunan batu bata.

Saran untuk penelitian berikutnya yaitu sebelum diterapkan pada skala besar sebaiknya dibuat peralatan *pilot plant* yang diuji cobakan untuk mengolah sampah di salah satu Pasar Kota Malang dengan kapasitas 50 kg per hari. Proses *pilot plant* ini kemudian dievaluasi untuk memutuskan apakah sistem yang dirancang layak digunakan pada skala besar.

REFERENSI

- [1] H. G. Hasfiawan dan R. A. Bagaskhara, "Perencanaan Pengolahan Sampah dengan Metode Biodrying di Kota Salatiga," *Universitas Diponegoro*, 2023.
- [2] R. M. Widyaningsih dan W. Herumurti, "Timbulan dan Pengurangan Sampah di Kecamatan Klojen Kota Malang," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [3] M. Z. Elamin *et al.*, "Analysis of Waste Management in The Village of Disanah, District of Sreseh Sampang, Madura," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 10, no. 4, hal. 368, 2018.
- [4] M. K. Wardhani dan A. D. Harto, "Studi Komparasi Pengurangan Timbulan Sampah Berbasis Masyarakat Menggunakan Prinsip Bank Sampah di Surabaya, Gresik dan Sidoarjo," *Jurnal Pamator*, vol. 11, no. 1, hal. 52–63, 2018.

- [5] F. N. Abdullah, "Karakteristik Olahan Sampah Perkotaan Sebagai Refuse Derived Fuel Berdasarkan Variasi Perlakuan Biodrying" 2021.
- [6] Mulyati, "Dampak Sampah Terhadap Kesehatan Lingkungan dan Manusia," *Universitas Lambung Mangkurat*, hal. 1, 2020.
- [7] S. Febriyansyah, "Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu di Kapanewon Umbulharjo," *Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*, 2022.
- [8] P. Purwono, M. Hadiwidodo, dan A. Rezagama, "Penerapan Teknologi Biodrying Dalam Pengolahan Sampah High Water Content Menuju Zero Leachate," *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 13, no. 2, hal. 75, 2016.
- [9] E. Naryono dan S. Soemarno, "Pengeringan Sampah Organik Rumah Tangga," *Indonesia Green Technology Journal*, vol. 2, no. 2, hal. 61–69, 2013.
- [10] D. Yanti dan R. Awalina, "Sosialisasi dan Pelatihan Pengolahan Sampah Organik Menjadi Eco-Enzyme," *Jurnal Warta Pengabdian Andalas*, vol. 28, no. 2, hal. 84–90, 2021.
- [11] C. Ardhianti, S. Sudarno, dan P. Purwono, "Pengaruh Aerasi Terhadap Karakteristik Lindi Hasil Pengolahan Sampah Sayuran dengan Metode Biodrying (Studi Kasus: Sawi Putih)," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, hal. 1–10, 2017.
- [12] S. Aminah, Sudarno, dan Purwono, "Pengolahan Sampah Organik Secara Biodrying Studi Kasus : Sayuran Kangkung," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, hal. 1–8, 2017.
- [13] P. S. Velis CA, Longhurst PJ, Drew GH, Smith R, "Biodrying for mechanical-biological treatment of wastes: a review of process science and engineering," *Bioresource Technology*, 2009.
- [14] W. Densiana, V. R. Putri, S. Santosa, dan J. T. Kimia, "Peningkatan Nilai Kalor Produk Pada Limbah Kulit Pisang Menggunakan Proses Biodrying," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 5, no. 2, hal. 127–132, 2019.
- [15] V. R. Putri, W. Densiana, dan S. Santosa, "Pengaruh Pengumpanan Lindi Terhadap Peningkatan Nilai Kalor Produk Pada Limbah Kulit Pisang Menggunakan Proses Biodrying," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 2, hal. 121–126, 2019.
- [16] R. N. Sari dan A. Afdal, "Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 6, no. 1, hal. 93–99, 2017.