

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### **4.1 Reaktor *Continuous Flow Bin***

Menurut Edwards (2011) dalam bukunya *Vermiculture Technology : Earthworm, Organic Wastes, and Environmental Management* dijelaskan bahwa proses vermikompos dapat menggunakan 2 metode utama yaitu sistem vermikompos terbuka (*open vermicomposting system*), dan vermikompos diwadah (*in-container vermicomposting*). Pada penelitian ini digunakan jenis reaktor *in-container vermicomposting* yaitu tipe pengomposan dalam wadah. Sistem pengomposan dalam wadah (*in-container*) disebutkan terbagi menjadi dua yaitu tipe bin dan batch. Pada penelitian ini digunakan tipe bin dengan alasan lebih murah dan lebih mudah diaplikasikan di Negara berkembang. Perbandingan dari segi biaya dan tingkat kerumitannya tipe bin dianggap lebih cocok dengan budaya masyarakat lokal karena mudah diaplikasikan dan biaya pembuatannya murah. *Continuous flow bin* adalah pengomposan dengan metode aerasi.

Di Negara maju terutama yang telah memiliki pengolahan sampah secara intensif, *continuous flow bin* menggunakan aerasi mekanik yaitu dengan bantuan blower di Dasar wadahnya. Pada penelitian ini rancangan reaktor dapat dilihat pada bab 3 subbab 3.4 mengenai desain reaktor. Penelitian ini lebih mendasarkan terhadap proses vermikompos dan hasil akhir pengomposan, dan bukan membahas mengenai perencanaan reaktor. Pada penelitian ini, proses pengomposan dilakukan secara eksitu yaitu sampah organik pasar diambil dari sumber timbulan yaitu pasar tradisional Pakem yang berlokasi di Kabupaten Sleman, Yogyakarta untuk kemudian dibawa ke tempat pengolahan. Sedangkan tipe insitu adalah proses vermikompos yang dilakukan pengomposan dengan mengaplikasikan atau memasang reaktor di Sumber (pasar tradisional).

Menurut Alice dalam *Worm for Bait or Waste Processing* (2010), reaktor *continuous flow bin* merupakan reaktor cacing yang paling menguntungkan jika diterapkan untuk kepentingan komersial. Beberapa factor yang menyebabkan reaktor *continuous flow* dipilih dalam komersial antara lain karena murah, mudah dalam perawatannya karena vermicast dapat dipanen dengan mudah, dan juga cacing jarang / tidak pernah keluar dari reaktor.

#### **4.2 Tahap Pengambilan Sampah Organik Pasar**

Pada penelitian ini, sampah yang digunakan adalah tomat busuk, dan sampah sayuran (heterogen) mengacu pada referensi yang telah disebutkan di bab 3. Diberlakukan *feeding* 1,25 kg setiap 3 hari sekali pada reaktor 1, 1,5 kg setiap 3 hari sekali pada reaktor 2, dan 1,75 kg setiap 3 hari sekali pada reaktor 3.

#### **4.3 Tahap Vermikomposting**

Mashur (2001) berpendapat bahwa vermikompos adalah kompos yang dihasilkan dari akhir proses perombakan limbah / sampah organik oleh cacing. Vermikompos atau disebut juga vermikas adalah campuran antara kotoran cacing dengan media (dapat berupa kotoran ternak) hasil akhir dari proses aktivitas cacing dalam dekomposisi bahan organik. Berbeda dengan proses pengomposan konvensional yang menggunakan bakteri, pengomposan dengan menggunakan teknologi vermikompos terbukti lebih cepat.

Damanhuri (2006) menyatakan bahwa permasalahan utama mengenai sampah adalah belum terolahnya sampah disumber yang mana 70% adalah bahan organik. Mashur dalam *Vermikompos : Pupuk Organik Berkualitas dan Ramah Lingkungan* (2001), diketahui bahwa vermikompos mengandung banyak mikroba tanah yang berguna bagi tanaman dan kesuburan tanah secara umum, seperti aktinomisetes  $2,8 \times 10^6$  sel/gr BK, bakteri  $1,8 \times 10^8$  sel/gr BK dan fungi  $2,6 \times 10^5$  sel/gr BK.

#### 4.3.1 Tahap Aklimatisasi

Proses aklimatisasi adalah tahap permulaan sebelum cacing dapat dimanfaatkan sebagai agen dekomposisi atau tidak. Proses vermikompos pada penelitian ini menggunakan jenis cacing *Lumbricuss rubellus*, sedangkan *vermibed* yang digunakan adalah kotoran sapi yang masih segar (4 hari). Pada penelitian ini digunakan variasi biomassa cacing sebesar 1 kg, 1,5 kg, dan 2 kg untuk menguraikan sampah sebesar 1,25 kg, 1,5 kg, dan 1,5 kg yang diberikan setiap 3 hari sekali. Pemberian masa tersebut adalah hasil dari kajian beberapa literatur. Etik Rahmawati (2016) menggunakan kepadatan 9 gram untuk setiap 600 gram substrat yang didekomposisi. Menurut Rahmatullah dkk., (2013) setiap 1000 gram substrat sampah organik yang akan didekomposisi memerlukan 250 gram populasi cacing. Proses dekomposisi menurut Rahamtullah dkk., (2013) terjadi dalam 10 hari untuk massa sampah sebanyak 1000 gram dengan biomassa cacing 250 gram. Sedangkan penulis menggunakan kepadatan hingga 2000 gram untuk 1750 gram substrat.

Penelitian yang lain dilakukan oleh Umi Fadilah, dkk., (2017) mengenai efektivitas cacing *Lumbricuss rubellus* dalam mendekomposisi sampah sayuran di Pasar Tanjung Jember. Dalam penelitian tersebut, peneliti menggunakan reaktor Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua taraf perlakuan yaitu pemberian sampah organik pasar sayur kubis 140 gr / minggu dan 280 gr / minggu. Setiap perlakuan dilakukan dengan menggunakan 20 gram cacing, yang berarti perbandingan antara cacing dengan substrat adalah 1 : 7 dan 1 : 14 artinya setiap 1 gram cacing diharapkan mampu mendekomposisi sampah sayuran sebanyak 70 hingga 140 gram setiap minggu.

Kondisi yang dialami oleh Gajalakshmi, dkk (2014) menunjukkan bahwa cacing banyak yang mati ketika kepadatan terlalu padat dikarenakan terjadi proses anaerobik dilapisan *vermibed* sehingga mengakibatkan cacing kekurangan oksigen. Namun, dengan metode *continuous flow bin* yang dirancang telah diantisipasi dengan membuat lubang aerasi di kedua sisi

sehingga terjadinya kondisi anaerobik dapat dicegah. Digunakan cacing dengan populasi yang tinggi karena diharapkan dengan reaktor yang dirancang yaitu *continuous flow bin* dapat mereduksi sampah organik lebih banyak dibandingkan dengan penelitian yang sebelumnya. Ilustrasi penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah.

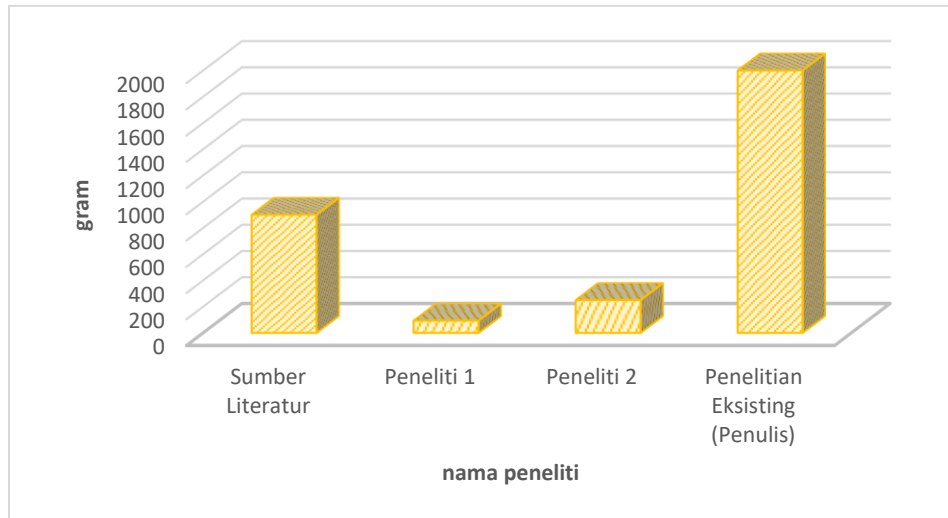
**Tabel 4.1** Komparasi Vermikompos Penulis dengan Peneliti Sebelumnya

Nama Peneliti	Biomassa Cacing (gram)	Efisiensi Reduksi Masa (gram)	Waktu (hari)
<sup>a</sup> Sumber Literatur	900	1500	7
<sup>b</sup> Peneliti 1	93,4	1307,6	10
<sup>c</sup> Peneliti 2	250	1000	7
<sup>d</sup> Penelitian Eksisting (Penulis)	2000	1750	3

Keterangan : <sup>a</sup> A.E., Clive, *et.al. Vermiculture Technology : Earthworm, Organik Wastes, and Environmental Management*. 2011 <sup>b</sup> Fadilah, U., dkk. (2017). Efektivitas Cacing Tanah (*Lumbricuss rubellus* Hoff.) dalam Degradasi Karbon Organik Sampah Sayur Pasar Tanjung Jember. *Berkala Saintek*, vol.V, pp, 1-6. <sup>c</sup> Rahmatullah, F., dkk. (2013). Potensi Vermikompos Dalam Meningkatkan Kadar N dan P Pada Limbah IPAL PT. Djarum. *Indonesian Journal of Chemical Science* 2(2):142-147, <sup>d</sup> Kondisi penelitian eksisting yang sedang dijalankan oleh penulis

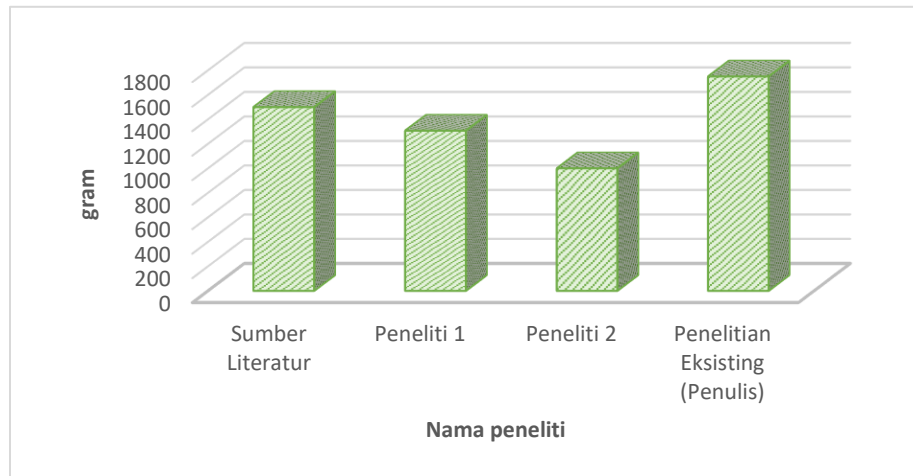
Pada Tabel 4.1 menjelaskan adanya perbandingan beberapa peneliti dengan literatur (teori dasar). Perbandingan dilakukan dengan dasar bahwa ketiga peneliti menggunakan jenis cacing yang sama yaitu *Lumbricuss rubelus*. Selain itu, *vermibed* yang digunakan juga sama yaitu kotoran sapi (*cowdung*). Untuk *feeding* yang diberikan, ketiga peneliti menggunakan komposisi sampah organik yang sama yaitu sayuran (heterogen), dan buah (campur) meskipun persentase komposisinya berbeda. Reaktor yang baik untuk diterapkan adalah yang murah, mampu menghasilkan biomasa cacing yang tinggi, memiliki kemampuan reduksi biomasa sampah yang tinggi dengan kepadatan yang tinggi (Edwards, 2011).

Reaktor *continuous flow bin* yang dirancang dengan konsep *high rate vermicomposting* mampu mempercepat dalam reduksi sampah organik. Perbandingan penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan yang lain dapat dilihat dalam grafik di bawah ini.



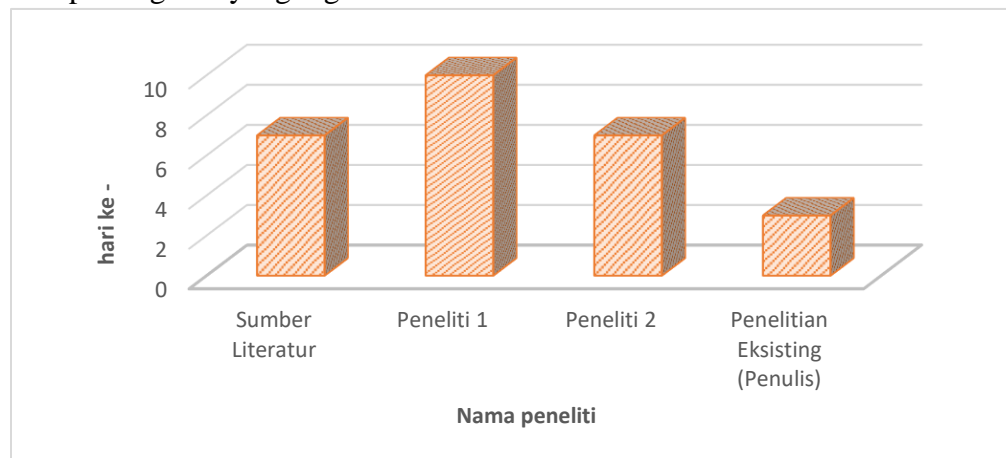
**Gambar 4.1** Perbandingan Daya Tampung Maksimum Cacing dalam Reaktor

Dari gambar 4.1 diketahui bahwa peneliti eksisting memberikan densitas cacing yang sangat tinggi pada perbandingan vermibed yang sama dengan beberapa peneliti (lihat pada pembahasan tahap *vermicomposting*). Selain terhadap beberapa peneliti diatas, densitas yang digunakan juga merefer pada Suthar (2012), yang dimana digunakan kepadatan  $0,342 \text{ mg/cm}^3$  sedangkan penulis menggunakan densitas  $2,08 \text{ mg/cm}^3$  (reaktor 1),  $2,5 \text{ mg/cm}^3$  (reaktor 2) dan  $3,33 \text{ mg/cm}^3$  (reaktor 3). Kepadatan  $3,33 \text{ mg/cm}^3$  setara dengan masa cacing 2 kg dengan masa *vermibed* 7 kg. Kelebihan penulis dibandingkan dengan peneliti lainnya adalah kepadatan digunakan sedikit lebih tinggi daripada yang lainnya, hal ini dipengaruhi oleh kondisi aerasi yang baik, dan control hama yang baik. Kelebihan jika digunakan densitas yang tinggi akan bermanfaat jika nantinya digunakan untuk skala komersial.



**Gambar 4.2** Perbandingan Efisiensi Reduksi Sampah Organik per Satuan Waktu

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa perbedaan penelitian penulis dengan yang lain adalah capaian yang diperoleh dalam efisiensi reaktor dalam mendekomposisi sampah organik pasar. Kondisi yang dicapai dinilai berbeda, dikarenakan penulis menggunakan konsep tebar padat (*high rate vermicomposting*) sedangkan peneliti yang lain belum. Peneliti lain belum memakai konsep *high rate* karena reaktor yang dipakai adalah reaktor *batch*. Akan tetapi jenis cacing, rasio *vermibed* dengan *feeding*, dan karakteristik sampah organik yang digunakan adalah sama.



**Gambar 4.3** Perbandingan Efisiensi Waktu Dekomposisi Sampah Organik Pasar dalam Beberapa Reaktor.

Dari ketiga grafik diatas dapat diambil kesimpulan bahwa reaktor yang dipakai oleh penulis mampu mereduksi sampah organik lebih cepat dibandingkan dengan yang lainnya. Percepatan dekomposisi sampah organik pasar dapat dicapai yaitu dengan penebaran populasi cacing yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Tahap aklimatisasi di dalam penelitian ini dikatakan berhasil karena setelah cacing dimasukkan ke dalam reaktor selama 2x24 jam tidak ada perubahan signifikan terhadap populasi cacing. Pada penelitian ini cacing dimasukkan pukul 16.00 dan malam harinya beberapa individu cacing memang ada yang keluar (11 ekor). Keluarnya cacing ini adalah pengaruh dari temperatur kotoran sapi yang masih segar. Suhu terukur pada ketiga reaktor adalah lebih dari 30°C pada siang hari namun tidak melebihi 40°C (lihat pada tabel 4.2). Dan setelah hari pertama, suhu mulai stabil dikarenakan adanya lubang aerasi pada ketiga reaktor yang menyebabkan proses aerasi terjadi di dalam reaktor sehingga temperatur menjadi lebih stabil dihari – hari selanjutnya hingga pengomposan selesai.

Clive (2011) dalam *Vermiculture Technology : Earthworm, Organic Wastes, and Environment Management* menyebutkan bahwa suhu optimal bagi *Lumbricuss rubellus* adalah 18°C - 25°C, namun toleransi yang dapat diberikan adalah hingga 35°C. Di bawah temperatur 5°C dan di atas suhu 35°C cacing dapat mengalami disfungsi fisiologis yang mengakibatkan kematian pada cacing. Dan pada penelitian ini, tahap aklimatisasi dinyatakan berhasil karena cacing masih tetap di reaktor dan suhu tidak pernah melebihi 35°C.

#### 4.3.2 Tahap *Pre- Treatment* Sampah Organik Pasar

Setelah sampah organik pasar diambil dari sumber selanjutnya sampel disiram air panas yang telah diberikan garam. Fungsi garam disini adalah sebagai antijamur yang pada akhirnya membantu supaya lalat tidak hinggap ataupun terbang disekitar reaktor. Adanya lalat akan mengganggu proses vermikompos karena jika lalat bertelur maka larva lalat akan muncul dan akan

menjadikan *vermibed* tercemar oleh kontaminasi biologi. Garam dengan konsentrasi 3% mampu menjadi bahan pengawet alami (Santosa, 2013). Perlakuan berbeda diberikan terhadap kontrol dimana diberikan perlakuan sampah organik pasar tidak diberikan garam dan air panas. Hasil yang diperoleh adalah sampah organik yang diberikan air panas dan garam pada treatment awal sebelum dijadikan *feeding* lebih segar dan tidak mengundang lalat disekitar reaktor. Berbeda dengan yang tidak diberikan larutan garam, uji awal yang tidak diberikan perlakuan garam dikerubungi lalat dan sampah organik terlihat lebih busuk secara fisik. Selain itu, daya konsumsi cacing pada perlakuan tanpa garam juga tidak selahap dibandingkan jika sampah organik pasar diberi larutan garam.

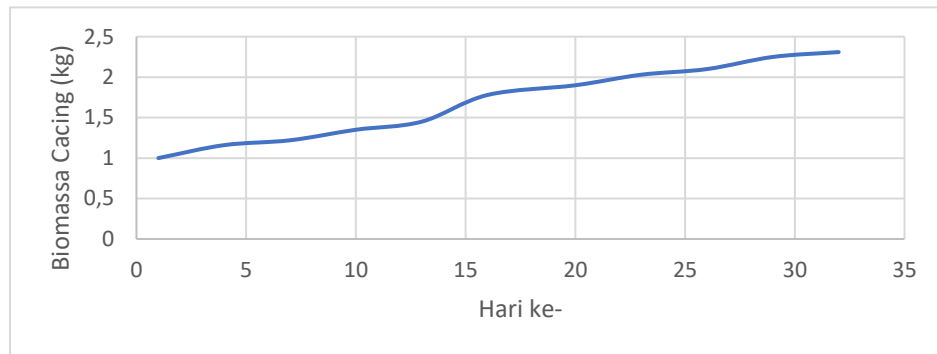
Larutan garam yang diberikan adalah untuk merendam sampah pasar organik selama satu menit. Fungsi perendaman menurut referensi adalah untuk pengawetan alami supaya sampah organik pasar tidak mengundang lalat. Setelah diketahui bahwa cacing *Lumbricuss rubellus* lebih lahap terhadap perlakuan dengan garam maka diputuskan pada tahap *feeding* dilakukan penggaram dengan konsentrasi 3% artinya setiap 1 liter air diperlukan 30 mg garam. Jika dosis yang diberikan lebih dari 3% maka cacing akan mati karena salinitas *vermibed* yang meningkat. Dengan tidak adanya lalat di sekitar reaktor maka tidak akan mengganggu estetika selama proses vermikompos sampah organik pasar, dikarenakan sampah organik pasar sangat berpotensi menimbulkan bau busuk menyengat serta rembesan air lindi.

#### 4.3.3 Tahap *Feeding* (Pemberian Sampah Organik Pasar)

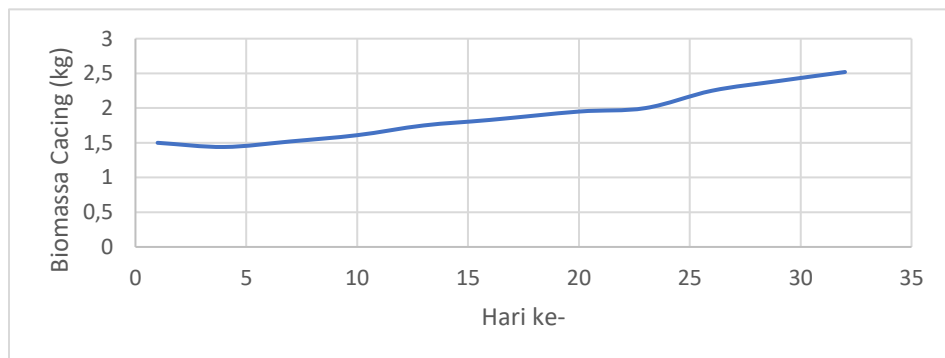
Menurut Edwards (2011), pemberian *feeding* sangat bermacam- macam dan hampir seluruh sampah organik dapat digunakan untuk *feeding* akan tetapi, peneliti banyak yang memakai sampah buah, sayuran, daun teh, ampas kopi, dan beberapa kasus menggunakan kertas juga.



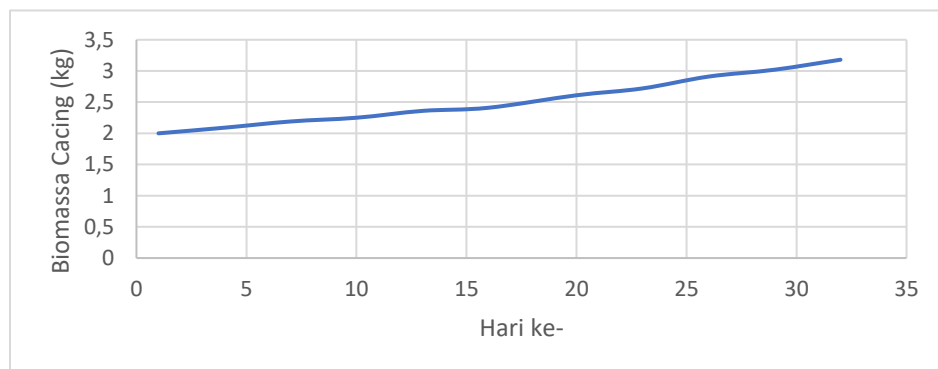
Seperti yang telah dijelaskan pada bab 3 yaitu rasio *feeding* dengan *vermibed* pada penelitian ini adalah 1,25 : 7, 1,5 : 7, dan 1,75 : 7. Pada gambar 4.4 hingga 4.6 tersaji grafik peningkatan biomasa cacing selama pemberian sampah organik pasar pada ketiga reaktor :



**Gambar 4.4** Grafik Peningkatan Biomasa Cacing *Lumbricuss rubellus* (Reaktor 1)



**Gambar 4.5** Grafik Peningkatan Biomasa Cacing *Lumbricuss rubellus* (Reaktor 2)



**Gambar 4.6** Grafik Peningkatan Biomasa Cacing *Lumbricuss rubellus* (Reaktor 3)

Peningkatan bobot biomasa cacing sebenarnya wajar tidak ada perbedaan yang signifikan dengan literatur maupun jurnal terkait, namun reduksi sampah organik di reaktor lebih cepat dari beberapa penelitian sebelumnya. Selain dengan kepadatan cacing yang tinggi, reaktor juga mendukung proses *high rate vermicomposting* dikarenakan aerasi yang ada di kedua sisi reaktor dan adanya *pre-treatment* sehingga cacing dapat mendekomposisi sampah organik pasar lebih cepat. Kondisi ini akan bermanfaat jika hendak diaplikasikan terhadap skala *project* dimana reduksi sampah organik pasar di sumber tentunya akan lebih besar. Proses vermikompos yang dilakukan oleh penulis dikatakan baik dikarenakan suhu yang ada di reaktor sangat stabil, tidak ada lalat di sekitar reaktor, dan tidak ada air lindi (*leachate*).

Peningkatan biomasa cacing pada penelitian ini ditunjukkan secara singkat oleh tabel 4.2 hingga 4.4. Selain menunjukkan peningkatan masa cacing yang diukur setiap 3 hari juga menunjukkan reduksi biomasa sampah organik pasar yang setiap 3 hari dilakukan penimbangan masa awal dan akhir. Dilakukan pengukuran atau penimbangan sampah organik pasar setiap 3 hari yaitu pada saat awal sebelum sampah organik pasar dimasukkan kedalam reaktor, dan setelah 3 hari. Bobot yang ditunjukkan oleh cacing dipengaruhi oleh jumlah biomasa yang diberikan. Jika terlalu banyak dosis sampah organik, cacing dapat mati karena terjadi *overload* beban karena cacing tidak dapat mendekomposisi. Sedangkan, jika dosis / rasio sampah organik jika sedikit juga akan menyebabkan cacing mati karena kekurangan asupan makanan. Alasan itulah yang menjadikan penulis mencoba rasio – rasio *feeding* dengan *bedding* sesuai yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada tabel di bawah ini juga ditunjukkan secara singkat proses reduksi masa atau penyusutan masa yang dialami oleh sampah organik pasar setiap hari misalnya sebelum masuk reaktor sampah organik beratnya 1,25 kg, setelah 1 hari ternyata berkurang menjadi 0,57 kg, dan 0,014 kg pada ahri ketiga. Berarti terjadi pengurangan berat sampah organik pasar karena dimakan oleh cacing.

Berikut pada tabel 4.2 disajikan secara sederhana mengenai rekapitulasi hasil pencatatan reduksi masa sampah organik pasar pada awal kondisi (sebelum masuk reaktor) dan akhir (setelah 3 hari), serta peningkatan biomasa cacing.

**Tabel 4.2** Perlakuan Biomasa Sampah Organik Pasar pada Reaktor 1

Hari ke-	Biomasa Sampah Pasar (kg)		Biomasa Cacing (kg)
	Awal	Sisa	
Aklimatisasi	0	0	1
	0	0	
1	1,25	1,25	1
2		0,57	
3		0,014	
4	1,25	1,25	1,16
5		0,48	
6		0,016	
7	1,25	1,25	1,22
8		0,3	
9		0,012	
10	1,25	1,25	1,35
11		0,38	
12		0,017	
13	1,25	1,25	1,45
14		0,44	
15		0,09	
16	Kompos matang (Uji lab)		1,78
17	1,25	1,25	1,78
18		0,22	
19		0,016	
20	1,25	1,25	1,9
21		0,36	
22		0,1	
23	1,25	1,25	2,03
24		0,35	
25		0,05	
26	1,25	1,25	2,1
27		0,42	
28		-	
29	1,25	-	2,25
30		-	
31			
32	SELESAI		2,31

Berikut pada tabel 4.3 disajikan secara sederhana mengenai adalah rekapitulasi hasil pencatatan reduksi masa sampah organik pasar pada awal kondisi (sebelum masuk reaktor) dan akhir (setelah 3 hari), serta peningkatan biomasa cacing.

**Tabel 4.3** Perlakuan Biomasa Sampah Organik Pasar pada Reaktor 2

Hari ke-	Biomasa Sampah Pasar (kg)		Biomasa Cacing (kg)
	Awal	Sisa	
Aklimatisasi	0	0	1,5
	0	0	
1	1,5	1,5	1,5
2		0,81	
3		0,12	
4	1,5	1,5	1,44
5		0,73	
6		0,14	
7	1,5	1,5	1,52
8		0,69	
9		0,078	
10	1,5	1,5	1,61
11		0,77	
12		0,12	
13	1,5	1,5	1,75
14		0,87	
15		0,19	
16	Pengujian Parameter Kimia		1,83
17	1,5	1,5	1,83
18		0,72	
19		0,01	
20	1,5	1,5	1,95
21		0,8	
22		0,01	
23	1,5	1,5	2
24		0,87	
25		0,018	
26	1,5	1,5	2,25
27		0,63	
28		0,01	
29	1,5	1,5	2,39
30		0,81	
31		0,075	
32	SELESAI		2,52

Berikut pada tabel 4.4 disajikan secara sederhana mengenai adalah rekapitulasi hasil pencatatan reduksi masa sampah organik pasar pada awal kondisi (sebelum masuk reaktor) dan akhir (setelah 3 hari), serta peningkatan biomasa cacing.

**Tabel 4.4** Perlakuan Biomasa Sampah Organik Pasar pada Reaktor 3

Hari ke-	Biomasa Sampah Pasar (kg)		Biomasa Cacing (kg)
	Awal	Sisa	
Aklimatisasi	0	0	2
	0	0	
1	1,75	1,75	2
2		0,91	
3		0,13	
4	1,75	1,75	2,09
5		0,83	
6		0,12	
7	1,75	1,75	2,19
8		0,85	
9		0,12	
10	1,75	1,75	2,25
11		0,65	
12		0,12	
13	1,75	1,75	2,36
14		0,31	
15		0,098	
16	Pengujian Parameter Kimia		2,41
17	1,75	1,75	2,4
18		0,86	
19		0,11	
20	1,75	1,75	2,61
21		0,63	
22		0,01	
23	1,75	1,75	2,72
24		0,7	
25		0,09	
26	1,75	1,75	2,91
27		0,67	
28		0,028	
29	1,75	1,75	3,02
30		0,64	
31		0,089	
32	SELESAI		3,18

Proses vermikompos berlangsung selama 16 hari dengan kondisi awal pada saat *feeding* adalah tersaji pada gambar 4.7 dan 4.8 sebagai berikut :



**Gambar 4.7** Kondisi Sampah Organik Pasar di Salah Satu Reaktor

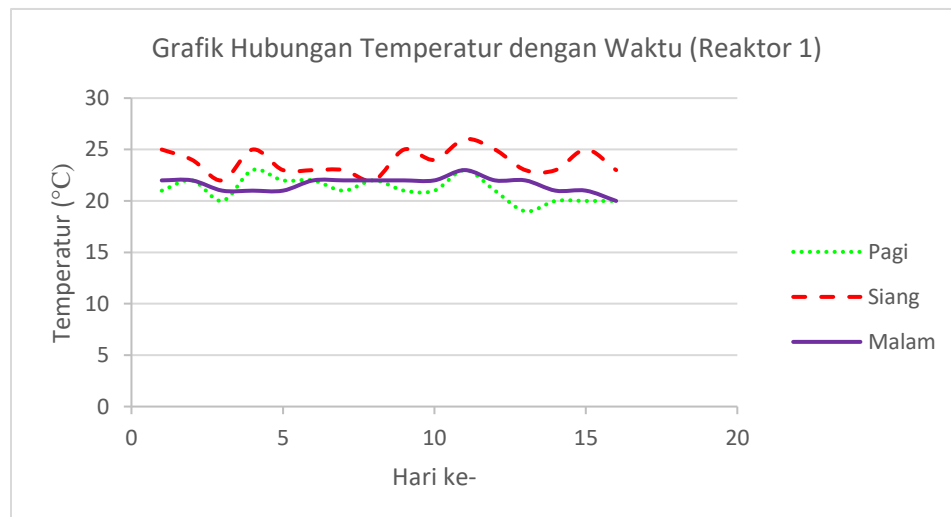


**Gambar 4.8** Kondisi Sampah Organik Pasar di Salah Satu Reaktor

Pada proses vermikompos salah satu yang harus diperhatikan adalah temperatur harian, karena temperatur harian berkaitan dengan daya hidup cacing *Lumbricuss rubellus*. Temperatur harus selalu dipertahankan agar selalu dalam kondisi yang baik yaitu berkisar 18-25°C atau maksimum toleransi adalah 35°C. Pengontrolan pada penelitian ini dilakukan dengan pengecekan suhu harian setiap 3 kali dalam sehari yaitu pagi hari, siang hari, dan malam hari menggunakan alat ukur thermometer. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.5 hingga 4.7. Penelitian ini menggunakan thermometer air raksa oleh karena itu hasil pengukuran yang diperoleh berupa 2 angka utama tanpa disertai decimal dibelakang koma. Tentu akan lebih baik apabila dilakukan pengukuran dengan thermometer digital.

**Tabel 4.5** Tabel Pengamatan Variabel Suhu (Reaktor 1)  
Perlakuan rasio *feeding* dengan *vermibed* 1.25 : 7

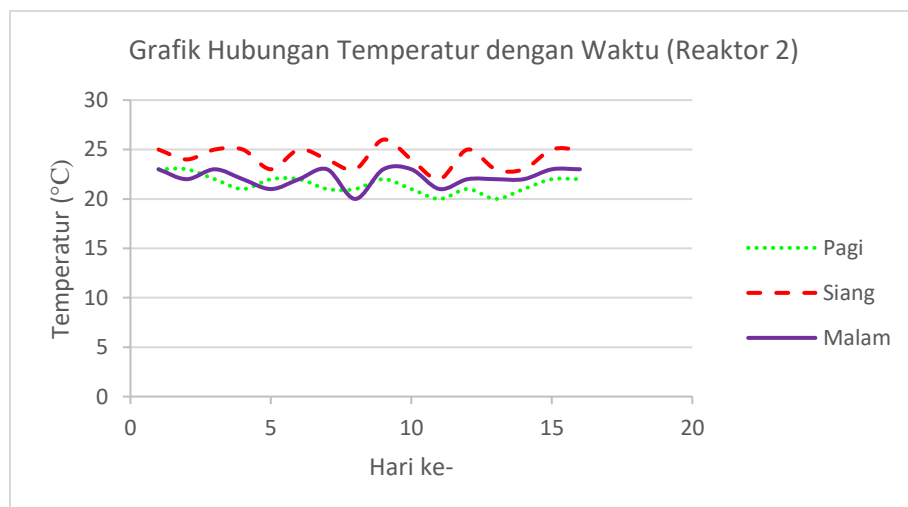
Hari	Hasil Pengukuran Temperature (°C)			Kondisi Cacing
	Pagi	Siang	Malam	
Aklimatisasi	29	34	29	pada malam hari di hari pertama beberapa keluar reaktor karena terlalu panas dikarenakan media yang masih baru keluar dari sapi
	25	27	25	
1	21	25	22	cacing tumbuh sehat, gemuk, dan bekerja dengan baik sejak hari pertama hingga proses <i>vermicompost</i> selesai
2	22	24	22	
3	20	22	21	
4	23	25	21	
5	22	23	21	
6	22	23	22	
7	21	23	22	
8	22	22	22	
9	21	25	22	
10	21	24	22	
11	23	26	23	
12	21	25	22	
13	19	23	22	
14	20	23	21	
15	20	25	21	
16	21	23	21	



**Grafik 4.9** Grafik Hubungan Temperatur dengan Waktu pada saat Proses Vermikompos (Reaktor 1)

**Tabel 4.6** Tabel Pengamatan Variabel Suhu (Reaktor 2)  
Perlakuan rasio *feeding* dengan *vermibed* 1.5 : 7

Hari	Hasil Pengukuran Temperature (°C)			Kondisi Cacing
	Pagi	Siang	Malam	
Aklimatisasi	29	34	30	pada malam hari di hari pertama beberapa keluar reaktor karena terlalu panas dikarenakan media yang masih baru keluar dari sapi
	25	27	25	
1	23	25	23	cacing tumbuh sehat, gemuk, dan bekerja dengan baik sejak hari pertama hingga proses <i>vermicompost</i> selesai
2	23	24	22	
3	22	25	23	
4	21	25	22	
5	22	23	21	
6	22	25	22	
7	21	24	23	
8	21	23	20	
9	22	26	23	
10	21	24	23	
11	20	22	21	
12	21	25	22	
13	20	23	22	
14	21	23	22	
15	22	25	23	
16	22	25	23	

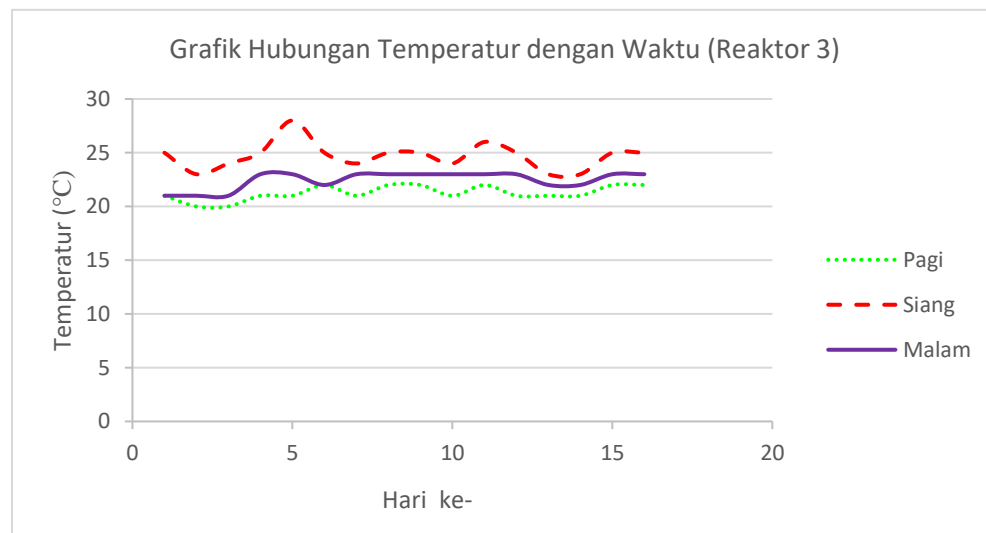


**Grafik 4.10** Grafik Hubungan Temperatur dengan Waktu pada saat Proses Vermikompos (Reaktor 2)



**Tabel 4.7** Tabel Pengamatan Variabel Suhu (Reaktor 2)  
Perlakuan rasio *feeding* dengan *vermibed* 1.75 : 7

Hari	Hasil Pengukuran Temperature (°C)			Kondisi Cacing
	Pagi	Siang	Malam	
Aklimatisasi	29	34	30	pada malam hari di hari pertama beberapa keluar reaktor karena terlalu panas dikarenakan media yang masih baru keluar dari sapi
	25	28	25	
1	21	25	21	cacing tumbuh sehat, gemuk, dan bekerja dengan baik sejak hari pertama hingga proses <i>vermicompost</i> selesai
2	20	23	21	
3	20	24	21	
4	21	25	23	
5	21	28	23	
6	22	25	22	
7	21	24	23	
8	22	25	23	
9	22	25	23	
10	21	24	23	
11	22	26	23	
12	21	25	23	
13	21	23	22	
14	21	23	22	
15	22	25	23	
16	22	25	23	



**Grafik 4.11** Grafik Hubungan Temperatur dengan Waktu pada saat Proses Vermikompos (Reaktor 3)

Pada gambar 4.12 dan 4.13 adalah beberapa dokumentasi yang berhasil penulis ambil terkait dengan proses dekomposisi sampah organik pasar oleh cacing *Lumbricus rubellus*.



**Gambar 4.12** Proses Cacing *Lumbricus rubellus* Memakan (Dekomposisi) Sampah Organik Pasar



**Gambar 4.13** Sisa Sampah Organik Pasar setelah 3 Hari di Dekomposisi oleh Cacing *Lumbricus rubellus*

#### 4.3.4 Tahap Pemanenan Vermikas

Vermikas atau sering disebut vermikompos menurut Edwards (2011) didefinisikan sebagai hasil akhir dari proses *vermicomposting* yang dimana di dalam vermikas tersebut terkandung nutrient yang tinggi yang dapat digunakan untuk pemupukan dan penyubur tanaman. Beberapa kriteria tingkat kematangan vermikas sangat variatif, namun dikarenakan penulis berada di Indonesia maka mengacu kepada SNI 19-7030-2004 tentang kriteria fisik dan kimia kematangan kompos. Pada tabel 4.8 disajikan secara ringkas mengenai hasil dari vermikompos yang dilakukan oleh peneliti dibandingkan dengan standar kriteria dari SNI 19-7030-2004.

**Tabel 4.8** Tabel Pengamatan Karakteristik Kimia Vermikas Mengacu pada SNI 19-7030-2004

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum	Data Awal	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
1	Bau			Bau Tanah	Bau Menyengat Kotoran	Bau Tanah	Bau Tanah	Bau Tanah
2	Suhu	°C		Suhu Air Tanah	34°C	21°C	23°C	23°C
3	Warna			Hitam Tanah	Hijau Lumut Kecokelatan	Hitam Tanah	Hitam Tanah	Hitam Tanah
4	C/N	%	10	20	26,3	10,2	16,6	11,54
5	P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,1		0,16	0,32	0,35	0,33
6	K (K <sub>2</sub> O)	%	0,2		0,43	0,26	0,58	0,67

Unsur kimia terukur diatas merupakan standar hasil pengomposan yang disesuaikan dengan SNI 19-7030-2004 karena vermikompos ini dikategorikan kedalam hasil kompos meskipun dengan menggunakan cacing dalam proses penguraian sampah organiknya.

Dalam melakukan penelitian penulis mengacu pada SNI tersebut diatas dalam mengetahui tingkat kematangan kompos, dan pada gambar 4.14 hingga 4.16 disajikan mengenai proses justifikasi tingkat kematangan kompos yaitu sebelum dan sesudah.



**Gambar 4.14** Komparasi Kotoran Sapi setelah 16 Hari di Dekomposisi oleh Cacing *Lumbricus rubellus* di Reaktor 1



**Gambar 4.15** Komparasi Kotoran Sapi setelah 16 Hari di Dekomposisi oleh Cacing *Lumbricus rubellus* di Reaktor 2



**Gambar 4.16** Komparasi Kotoran Sapi setelah 16 Hari di Dekomposisi oleh Cacing *Lumbricus rubellus* di Reaktor 3

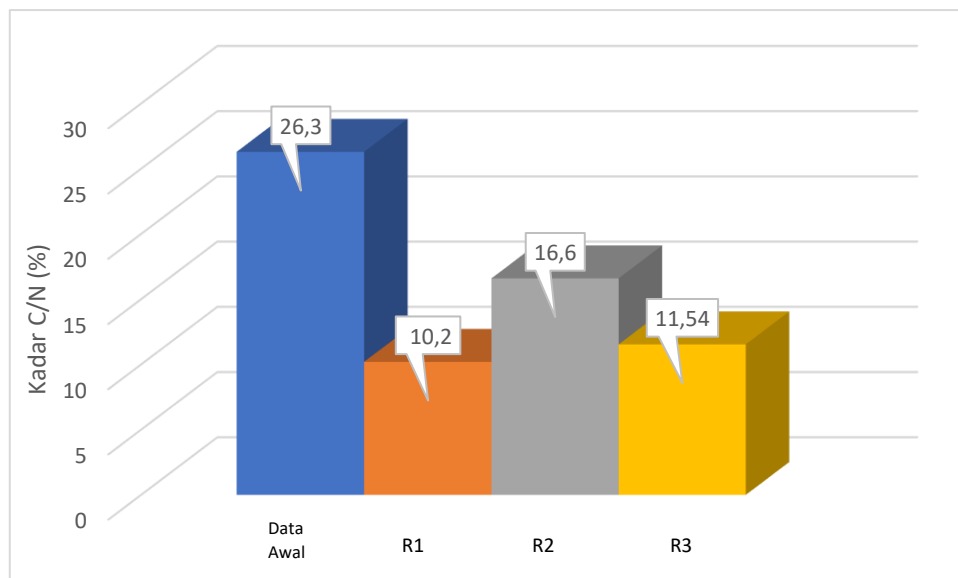
Sifat fisik pada kompos yang telah matang jika dilihat dari pedoman teknis yaitu SNI 19-7030-2004 adalah berwarna hitam tanah dan berbau tanah. Terlihat dari foto sampel yaitu baik sampel 1, 2, maupun 3 terlihat berbeda warna dengan data awal. Data awal pada foto adalah kotoran sapi yang berumur 4 hari (masih segar), sedangkan sampel 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah vermikas dari reaktor 3, 2, dan 1. Perbedaan sangat kontras dimana pada data awal dapat dilihat warna masih berwarna hijau lumut cenderung kecokelatan sedangkan dari sampel 1,2,dan 3 berwarna hitam tanah. Selain warna, perbedaan juga jelas terlihat pada kondisi bau dan kepadatan kotoran sapi. Pada data awal terlihat bahwa sampel memiliki tekstur seperti adonan yaitu kalis (benyek), sedangkan pada sampel vermikas yaitu 1,2,dan 3 bertekstur seperti tanah. Selain itu, bau substrat juga berbeda dikarenakan kandungan metana yang berbeda. Data awal yang merupakan kotoran sapi yang masih segar yaitu berumur 4 tahun berbau sangat menyengat dibandingkan sampel 1, 2, dan 3 yang memiliki bau seperti tanah. Warna serta tekstur dari substrat sangat berkaitan dengan kadar C/N

karena kompos yang belum matang memiliki C/N yang tinggi yaitu lebih dari 20%.

Kadar atau rasio C/N adalah salah satu indikator kematangan kompos (Suthar, 2009). Proses vermikompos menurut Nigussie (2017) lebih efektif dalam menurunkan kadar amoniak (penyebab bau pada pengomposan) dibandingkan dengan proses pengomposan konvensional karena proses vermikompos mampu mereduksi kadar DOC (*Dissolved Organic Carbon*). Dalam penelitian ini kadar C/N setiap reaktor berbeda – beda hal tersebut dikarenakan dalam proses pemberian *feeding* diberikan bermacam – macam sampah organik. Sampah organik atau *feeding* pada umumnya memberikan karakteristik pada hasil akhir vermikas. Pada tabel 4.9 tersaji secara ringkas mengenai hasil vermikas dengan parameter uji C/N.

**Tabel 4.9** Komparasi C/N pada Data Awal dengan Sampel

Parameter	Hasil Pengukuran			
C/N	Data Awal	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
dalam %	26,3	10,2	16,6	11,54



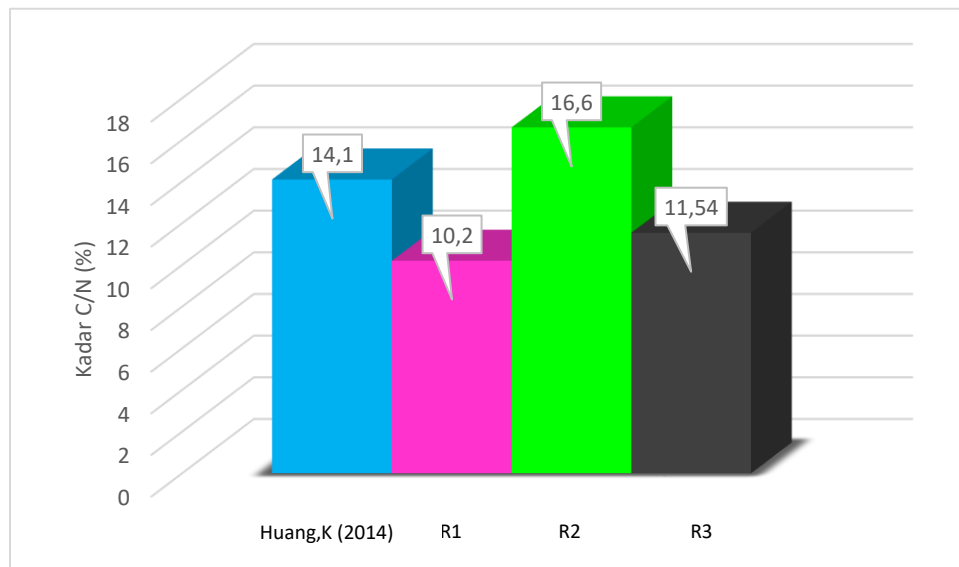
**Gambar 4.17** Nilai C/N Hasil Vermikompos

Pada hasil pengukuran terlihat bahwa nilai atau kadar C/N berbeda-beda disetiap reaktor, pada prinsipnya nilai C/N diketahui memang bervariasi dikarenakan *feeding* yang diberikan juga berbeda – beda komposisinya. Maksud dalam hal ini adalah ketika *feeding* yang diberikan dominan sayur dan buah yang masih sangat segar tentu C- Organik akan lebih tinggi dibandingkan dengan sampah organik yang telah layu. Dikarenakan pada saat pengambilan maupun pemberian *feeding* tidak disortir, maka nilai C/N tiap reaktor pun berbeda-beda. Menurut Huang (20114), nilai C/N terukur dalam proses vermikompos adalah 14,1 %. Pada tabel 4.10 ini tersaji secara ringkas mengenai hasil C/N penulis dengan peneliti lain.

**Tabel 4.10** Komparasi C/N K. Huang (2014) dengan Peneliti Eksisting

Parameter	<sup>a)</sup> K. Huang (2014)	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
C/N	14,1	10,2	16,6	11,54

(Keterangan : <sup>a)</sup> Huang, K., dkk (2014). *Biores.Tech : Elsevier Journal*, vol. 170, pp.45-52)

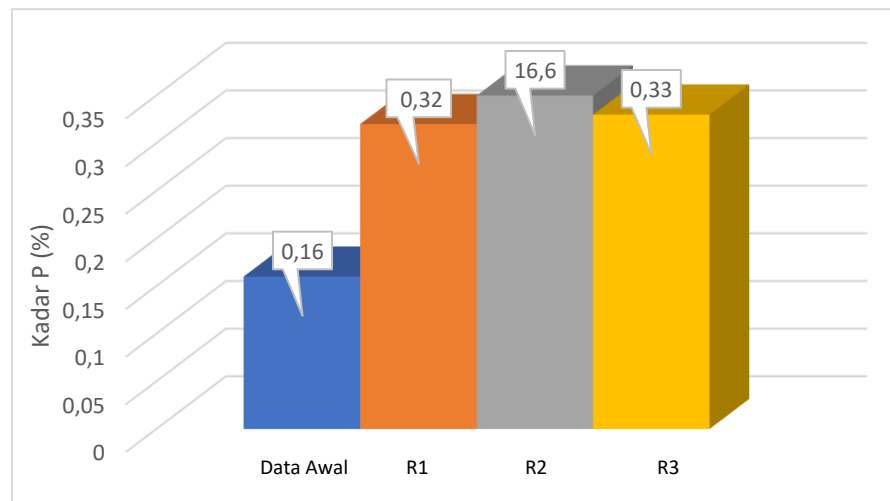


**Gambar 4.18** Perbandingan Nilai C/N Penulis dengan Peneliti Lain

Selain C/N konsentrasi unsur makro lainnya yang sangat penting adalah nilai Fosfor ( $P_2O_4$ ) dan Kalium ( $K_2O$ ). Menurut Yuwono (2002) fosfor berfungsi dalam pembelahan dan pematangan sel, serta untuk fungsi pembungaan dan pematangan. Pada tabel 4.11 disajikan secara ringkas terkait hasil uji kadar P pada vermikas.

**Tabel 4.11** Komparasi Kadar Fosfor (P) pada Data Awal dengan Sampel

Parameter	Hasil Pengukuran			
	Data Awal	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Fosfor (P) dalam %	0,16	0,32	0,35	0,33



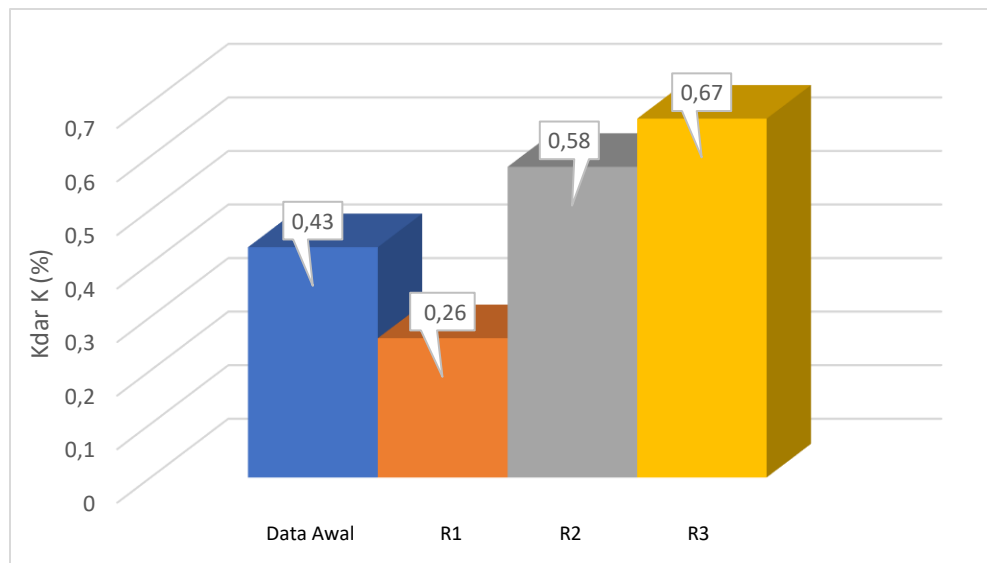
**Gambar 4.19** Hasil Uji Kadar Fosfor (P) pada Vermikas

Menurut Sastroatmodjo (1996) unsur K atau kalium memiliki beberapa kegunaan dalam metabolisme tanaman terutama yaitu mengenai penguatan batang, akar, dan daun. Berikut ini pada tabel 4.12 adalah perbandingan kadar unsur Kalium (K) dari data awal dengan hasil vermikas.

**Tabel 4.12** Komparasi Kadar Kalium (K) pada Data Awal dengan Sampel

Parameter	Hasil Pengukuran			
	Data Awal	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Kalium (K) dalam %	0,43	0,26	0,58	0,67





**Gambar 4.20** Hasil Pengukuran Kadar Fosfor (K) pada Vermikas

Penggunaan sampah organik pasar sebagai feeding memiliki beberapa keuntungan maupun kerugian. Keuntungannya antara lain yaitu mudah didapat dan kuantitas yang banyak, akan tetapi kerugiannya adalah kualitasnya tidak konsisten akibatnya kadar P dan K tiap reaktor pun tidak seragam (lihat pada gambar 4.16 dan 4.17). Kadar P pada tiap masing – masing reaktor secara kualitas memenuhi standar kompos yang baik sesuai SNI 19-7030-2004 yaitu lebih besar dari 0,1 % dan nilai K pun memenuhi standar hasil akhir pengomposan karena lebih besar dari 0,2 %. Untuk kadar P dan K penulis belum dapat memberikan perbandingan dengan peneliti lain dikarenakan belum menemukan literatur yang cocok sebagai komparasi. Namun, yang perlu diketahui adalah dengan hasil kadar P yang diperoleh yaitu 0,32 (reaktor 1) , 0,35 (reaktor 2), dan 0,33 (reaktor 3) maka hasil vernikas termasuk dala kategori kompos yang baik karena standar minimum kadar P menurut SNI 19-7030-2004 adalah 0,10 %. Sedangkan untuk kadar K pada reaktor 1 adalah 0,26 % , reaktor 2 sebesar 0,58 % , dan reaktor 3 berkisar 0,67 %. Nilai K pada reaktor 2 dan 3 memenuhi kriteria atau standar kompos dari SNI 19-7030-2004 karena lebih dari 0,20 % , sedangkan untuk reaktor 1 masih di bawah standar kriteria kompos. Hal yang dapat mempengaruhi kualitas kompos adalah nutrisi cacing yang ddiberikan pada saat pemberian *feeding* karena komposisi substrat yang diberikan akan mempengaruhi komposisi kimia vermikas.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap besaran sampah organik pasar yang direduksi karena berkaitan dengan efisiensi metode ini dalam mengurangi volume sampah organik di sumber. Analisis timbulan sampah organik pasar dilakukan dengan perhitungan matematis. Besaran sampah organik pasar yang dapat direduksi oleh reaktor skala project adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Masa Sampah Organik = 1 ton / hari
- Daya Tampung Reaktor = 1,75 kg / 3 hari
- Jumlah Reaktor = 100 unit

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 - 100 \text{ unit} \times 1,75 \text{ kg} / 3 \text{ hari} &= 175 \text{ kg} / 3 \text{ hari} \\
 \text{Persentase reduksi} &= \frac{175 \text{ kg} / 3 \text{ hari}}{3000 \text{ kg} / 3 \text{ hari}} \times 100 \% \\
 &= 5,8 \%
 \end{aligned}$$

Jadi, sampah organik pasar yang dapat diolah menggunakan reaktor *continuous flow bin vermicomposting* adalah 5,8 % dari masa total setiap hari nya.

#### 4.4 Studi Kelayakan Ekonomi

Setelah dilakukan penelitian terhadap vermikompos ditemukan hasil lain daripada sekedar proses pengomposan yaitu ternyata populasi cacing *Lumbricuss rubellus* memiliki segmen pasar / peminat. Dalam perjalanannya peneliti sebenarnya hanya sebatas melakukan pengujian terhadap populasi cacing yang digunakan untuk mereduksi sampah organik pasar yang tidak terkelola dengan baik di Pasar pakem, Sleman, Yogyakarta. Namun, setelah penelitian hampir selesai terjalin hubungan ekonomi muamalat dari beberapa segmen yang meminta peneliti untuk mengirimkan beberapa kilo biomasa cacing kepada Balai Pengembangan Teknologi Perikanan Budidaya (BPTPB) Sleman yang berlokasi di Desa Cangkringan, Argomulyo, Cangkringan, Kab. Sleman, Prov. D.I. Yogyakarta. Permintaan tidak hanya dari BPTPB Sleman namun juga dari pengusaha bio-farma yang berlokasi di Godean Yogyakarta yaitu untuk dijadikan obat herbal. Namun, karena penelitian ini menggunakan sampah organik pasar sebagai *feeding* maka penulis memutuskan untuk hanya menerima order dari BPTPB Sleman yaitu untuk makan ikan *anguila sp.* Atau ikan sidat (dalam bahasa jawa). Alasan kenapa tidak diambilnya market untuk pasar herbal adalah belum mengetahui adanya resiko dari cacing dikarenakan *feeding* yang digunakan adalah sampah organik pasar.

Permintaan yang masuk dari BPTPB Sleman adalah 100 kg per minggu, akan tetapi karena penulis awalnya memang hanya melakukan penelitian dan tidak menilik aspek bisnis maka kauntitas yang dapat dilayani pun tidak 100% dipenuhi. Penulis dalam perjalanannya baru dapat memenuhi 10 hingga 30 kg / minggu dikarenakan keterbatasan lahan yang dimiliki untuk saat ini. Akan tetapi, jika pada suatu ketika dilakukan pengembangan lebih lanjut dari beberapa pihak maka penulis dapat memberikan saran dan masukan berupa analisis usaha untuk pemasaran cacing LR ini. Analisis ekonomi yang berhasil penulis rangkum adalah sebagai berikut disajikan pada tabel 4.13 hingga 4.16.

**Tabel 4.13** Pengeluaran dalam Usaha Penjualan Cacing *Lumbricus rubellus* skala penelitian

No.	Item	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah
<b>Pembuatan 3 Reaktor (A)</b>					
1	Papan Kayu Lapis	lembar (uk. 1 m x 1,2 m)	4	Rp 88.000	Rp 352.000
2	<i>Stainless steel</i>	m	5	Rp 23.000	Rp 115.000
3	Pipa PVC 3/4"	4 m / unit	2	Rp 15.000	Rp 30.000
4	String alloy	m	6	Rp 18.000	Rp 108.000
5	Kayu usuk	2 m / buah	6	Rp 12.000	Rp 72.000
6	Kayu reng	2 m / buah	12	Rp 4.000	Rp 48.000
7	Paku reng	kg	0,25	Rp 18.000	Rp 4.500
8	Bionet	m	6	Rp 13.000	Rp 78.000
9	Valve / kran air	buah	3	Rp 4.500	Rp 13.500
Jumlah					Rp 821.000
<b>Pembelian Cacing Lumbricuss rubellus (B)</b>					
10	Cacing LR	kg	6	Rp 60.000	Rp 360.000
11	Transportasi	liter	2	Rp 7.600	Rp 15.200
Jumlah					Rp 375.200
<b>Biaya Operasional / Bulan (C)</b>					
12	Garam	kg	0,5	Rp 12.000	Rp 6.000
13	Biaya Listrik	kWh/bulan	30	Rp 1.670	Rp 50.100
14	Transportasi	liter	30	Rp 7.600	Rp 228.000
15	Biaya Penyusutan			Rp 119.000	Rp 119.000
16	<i>Packing (karung/kardus bekas)</i>	unit	3	Rp 2.000	Rp 6.000
Jumlah					Rp 290.100
<b>Jumlah Total (A + B + C)</b>					<b>Rp1.586.300</b>

Point A dan B hanya dilakukan sekali dalam 2 tahun karena merupakan sarana tetap (biaya tidak tetap) yang dimana masa atau umurnya adalah 2 tahun. Namun, dihitung biaya penyusutannya setiap bulan yaitu 5-15 % dari biaya tidak tetap (A+B) sedangkan untuk mengetahui keuntungan adalah pengurangan dari hasil penjualan (omset) dikurangi dengan biaya operasional (C) yang dimana sudah termasuk biaya penyusutan.

**Tabel 4.14** Pemasukan Usaha Penjualan Cacing *Lumbricuss rubellus*

No.	Item	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah
Penjualan Cacing <i>Lumbricuss rubellus</i> / bulan (panen 1)					
1	Cacing LR	kg	15	Rp 60.000	Rp 900.000
Penjualan vermikas					
1	Vermikas	kg	21	Rp 1.000	Rp 21.000
<b><i>Jumlah Total</i></b>					<b>Rp 921.000</b>

Keuntungan = Rp. 921.000 – Rp. 290.100

= Rp. 630.900

Perhitungan diatas adalah perhitungan sewaktu penulis mengeluarkan anggaran untuk pembuatan reaktor dan penjualan yang dilakukan sebenarnya adalah tidak terduga karena penulis memang sejak awal tidak berpikir untuk menjadikan sebagai bidang penjualan. Namun, di tabel 4.16 berikut penulis memberikan analisis usaha dengan skala kecil (rumahan) yang dimana apabila dikemudian hari penulis ataupun ada pihak yang ini melakukan pengembangan maka dapat dijadikan referensi.

**Tabel 4.15** Biaya Pengeluaran Pembuatan Reaktor Skala Kecil

No.	Item	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah
<b>Pembuatan 10 Reaktor (A)</b>					
1	Papan Kayu Lapis	lembar (uk. 1 m x 1,2 m)	12	Rp 88.000	Rp1.056.000
2	<i>Stainless steel</i>	m	15	Rp 23.000	Rp 345.000
3	Pipa PVC 3/4"	4 m / unit	6	Rp 15.000	Rp 90.000
4	String alloy	m	18	Rp 18.000	Rp 324.000
5	Kayu usuk	2 m / buah	18	Rp 12.000	Rp 216.000
6	Kayu reng	2 m / buah	36	Rp 4.000	Rp 144.000
7	Paku reng	kg	0,75	Rp 18.000	Rp 13.500
8	Bionet	m	18	Rp 13.000	Rp 234.000
9	Valve / kran air	buah	9	Rp 4.500	Rp 40.500
Jumlah					Rp2.463.000
<b>Pembelian Cacing <i>Lumbricuss rubellus</i> (B) memakai cacing yang awal setelah dikembangkan 2 bulan</b>					
10	Cacing LR	kg	30	Rp -	Rp -
11	Transportasi	liter	2	Rp -	Rp -
Jumlah					Rp -
<b>Biaya Operasional / Bulan ©</b>					
12	Garam	kg	1	Rp 12.000	Rp 12.000
13	Biaya Listrik	kWh/bulan	30	Rp 1.670	Rp 50.100
14	Transportasi	liter	30	Rp 7.600	Rp 228.000
15	<i>Packing (karung/kardus bekas)</i>	unit	9	Rp 2.000	Rp 18.000
16	Penyusutan alat dan reaktor	Hal yang umum dihitung untuk mempersiapkan adanya kerusakan dan peremajaan dimasa mendatang (umur reaktor 2-3 tahun). Biasanya 10-15% biaya tidak tetap yang diakumulasi setiap bulan.			Rp 246.300
Jumlah					Rp 308.100
<b>Jumlah Total (A + B + C)</b>					<b>Rp2.771.100</b>

**Tabel 4.16** Pemasukan Usaha Penjualan Cacing *Lumbricuss rubellus*

No.	Item	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah
<b>Penjualan Cacing <i>Lumbricuss rubellus</i> / bulan (panen 1)</b>					
1	Cacing LR	kg	60	Rp 60.000	Rp3.600.000
<b>Penjualan vermikas</b>					
1	Vermikas	kg	84	Rp 1.000	Rp 84.000
<b>Jumlah Total</b>					<b>Rp3.684.000</b>

Laba terhitung = Rp. 3.684.000 – Rp. 308.100 = Rp. 3.375.900 / bulan (skala kecil).

