



TUGAS AKHIR - RE 184803

**PENENTUAN OPTIMALISASI *FEEDING RATE* LARVA
BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DALAM
MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK**

RINI HARTONO

0321154000050

DOSEN PEMBIMBING:

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST., MT., M.Phil., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



TUGAS AKHIR – RE 184803

**PENENTUAN OPTIMALISASI *FEEDING RATE* LARVA
BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) DALAM
MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK**

RINI HARTONO
0321 1540 000 050

Dosen Pembimbing
ARSETO YEKTI BAGASTYO, S.T., M.T., M., Phil., Ph.D.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT – RE 184803

**DETERMINATION OF OPTIMIZATION BLACK SOLDIER
FLY LARVAE (*Hermetia illucens*) FEEDING RATE IN
REDUCTION ORGANIC WASTE**

RINI HARTONO
0321 1540 000 050

ADVISOR

ARSETO YEKTI BAGASTYO, S.T., M.T., M., Phil., Ph.D.

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN
PENENTUAN OPTIMALISASI *FEEDING RATE* LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*) DALAM MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:
RINI HARTONO
NRP. 0321154000050

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir.



Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.
NIP. 19820804 200501 1 001



PENENTUAN OPTIMALISASI *FEEDING RATE* LARVA BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) DALAM MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK

Nama Mahasiswa : Rini Hartono
NRP : 0321154000050
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT.,
M.Phil., Ph.D

Abstrak

Metode pengomposan menggunakan larva *Black Soldier Fly* (BSF) mampu menguraikan sampah organik hingga 70%-85%. Hal ini dapat menjadi salah satu alternatif dalam mengurangi besarnya timbunan sampah organik yang terus meningkat setiap tahunnya. Pemanfaatan Larva BSF dalam mendekomposisi sampah lebih efisien, karena tidak perlu memisahkan antara sampah hewani dengan nabati. Selain itu dapat dicampur dengan kotoran hewan dan manusia. Penelitian ini memiliki tiga tujuan yaitu menentukan kemampuan Larva BSF dalam mereduksi sampah organik, menentukan pengaruh variasi jenis sampah organik dan *feeding rate* terhadap pertumbuhan Larva BSF, menentukan karakteristik hasil dekomposisi sampah organik *biodegradable* yang dilakukan oleh Larva BSF.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Larva BSF usia 6 hari. Setiap reaktor terdapat 300 ekor larva. Adapun variasi dalam penelitian ini yaitu campuran jenis sampah dan *feeding rate*. Jenis campuran yang digunakan: 1) sampah sisa makanan dengan sampah sayur, 2) sampah sisa makanan dengan sampah buah, dan 3) sampah sisa makanan dengan sampah kebun. *Feeding rate* yang digunakan adalah 20 mg/larva/hari, 35 mg/larva/hari, 50 mg/larva/hari. Banyaknya *feeding* merupakan berat kering sampah. Penimbangan berat larva dilakukan setiap 3 hari sekali sesuai dengan waktu

feeding. Pada akhir penelitian dilakukan pengukuran berat residu hasil dekomposisi sampah dan kualitasnya.

Hasil penelitian menunjukkan tingkat reduksi untuk komposisi sampah sisa makanan dan sayur adalah 81,98% pada *feeding rate* 20 mg/larva/hari. Komposisi sisa makanan dan kebun memiliki tingkat reduksi sebesar 42,71% pada *feeding rate* 35 mg/larva/hari. Komposisi sisa makanan dan buah memiliki tingkat reduksi 81,23% pada *feeding rate* 35 mg/larva/hari. Tingkat pertambahan berat larva paling besar terjadi pada *feeding rate* 35 mg/larva/hari dengan komposisi sampah sisa makanan dan buah. Tingkat pertambahan berat mencapai 127,06 mg/larva dari berat larva awal. Kandungan protein larva pada sisa makanan dan sayuran dengan *feeding* 20 mg/larva/hari sebesar 34,94%. Campuran sisa makanan dan kebun dengan *feeding* 35 mg/larva/hari sebesar 44,35%. Campuran sisa makanan dan buah dengan *feeding* 35 mg/larva/hari sebesar 59,25%.

Kata kunci : Larva Black Soldier Fly, komposting, sampah organik, reduksi sampah, sampah sisa makanan

Determination of Optimization of Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Feeding Rate in Reduction Organik Waste

Name of Student : Rini Hartono
Student IP : 0321154000050
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT.,
M.Phil., Ph.D

ABSTRAK

Using Compost method with *Black Soldier Fly* (BSF) larvae could decompose the organic waste around 70-85 percent. It could be one of the alternatives to decrease the emergence of garbage gradually. Utilization of BSF larva in decomposing was more efficient because it did not need to separate between animal or vegetable waste. Even, it could mix with the animal and human waste. This study had 3 purposes, there are to determine the BSF's ability in reducing the organic waste, determine the influence of waste composition and feeding rate on larva growth rate, determine the characteristics of the biodegradable organic waste decomposed by the BSF larvae.

This research was conducted by using Black Soldier Fly (BSF) larva at the age of 6 days. Furthermore, adding some variations such as mixing the type of waste and feeding rate. Type mixing that used in this research included: 1) remaining food waste and vegetable, 2) remaining food waste and fruit 3) remaining food waste and garden waste. Feeding rate that used a day were 20 mg/larva, 35 mg/larva, 50 mg/larva. Much of feeding rate was weight of dry waste. The weighing larva was conducted once in 3 days that proper to the time weighing. At the last research, the writer conducted a weighing of the remaining waste as the result of decomposition waste and the quality.

The result of this research showed that the reduction level for composition food and vegetable waste were 81.98 percent on feeding rate 20 mg/larva a day. Composition food and garden waste had a reduction level around 42.71 percent on feeding rate 35 mg/larva a day. Composition food and fruit waste had a reduction level around 81.23 percent on *feeding* rate 20 mg/larva a day. The biggest of the increasing weight of larva occurred on the feeding rate of 35 mg/larva a day with food and fruit waste composition. The increasing weight level reached around 127.06 mg/larva from initial weight. Protein content in the larva of food and vegetable waste with feeding 35 mg/larva day was 34.94 percent. Mixing food and garden waste with feeding 35 mg/larva a day was around 44.35 percent. Mixing food and fruit waste with feeding 35 mg/larva a day was around 59.25 percent.

Keywords: Larva Black Soldier Fly, composting, organic waste, waste reduction, food waste

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa, karena berkat limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Penentuan Optimalisasi *Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* dalam Mereduksi Sampah Organik” ini dengan tepat waktu. Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari partisipasi dan bimbingan dari semua pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D, selaku dosen pembimbing tugas akhir, atas segala ilmu, masukan, saran dan bimbingannya kepada penulis.
2. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M. App.Sc, Ibu I D A A Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D, dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM., selaku dosen pengarah. Terimakasih atas arahan, masukan, kritik dan saran yang telah diberikan.
3. Pihak PDU Jambangan yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis.
4. Bapak Hadi Sutrisno, Bapak Ashari dan Ibu lin selaku laboran yang senantiasa membantu selama di Laboratorium.
5. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Lingkungan ITS atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan selama ini.

Ucapan terimakasih terkhusus untuk keluarga saya terutama Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa dan semangat selama pengerjaan tugas akhir.

Semoga laporan yang penulis susun ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Mei 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Gambaran Umum Sampah	7
2.1.1 Pengertian Sampah.....	7
2.1.2 Pengomposan	8
2.2 Gambaran Umum <i>Hermetia illucens</i> atau <i>Black Soldier Fly</i> (BSF).....	10
2.3 Reduksi Sampah Organik dengan <i>Black Soldier Fly</i> (BSF)	14
2.4 Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Deskripsi Umum	19
3.2 Kerangka Penelitian.....	19
3.3 Ide Penelitian	23
3.4 Tahap Penelitian	23
3.4.1 Studi Literatur	24
3.4.2 Variabel Penelitian.....	24
3.4.3 Persiapan Penelitian	25

3.4.4	Penelitian Pendahuluan.....	28
3.4.5	Pelaksanaan Penelitian	28
3.4.6	Pengumpulan data.....	37
3.4.7	Analisa Data	40
3.4.8	Kesimpulan dan Saran	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Persiapan Sampel Sampah	43
4.2	Penelitian Pendahuluan.....	44
4.2.1	Pengukuran pH Awal Sampel Sampah.....	44
4.2.2	Pengukuran Kadar Air Sampel Sampah	45
4.2.3	Pengukuran Rasio C/N Awal Sampah.	46
4.3	Hasil Analisa Pelaksanaan Penelitian.....	48
4.3.1	Pengukuran Suhu.....	48
4.3.2	Pengukuran pH	49
4.3.3	Kadar Air Sampah	51
4.3.4	Rasio C/N.....	53
4.3.5	Hasil Analisa Residu BSF dengan Standar Kompos SNI: 19-7030-2004	53
4.3.6	Persentase Reduksi.....	58
4.3.7	Pertumbuhan Larva BSF	67
4.3.8	Kandungan Protein Larva	67
4.3.9	Analisis Statistika.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....		79
LAMPIRAN 1:		89
LAMPIRAN 2:.....		99
LAMPIRAN 3:		101
BIODATA PENULIS		103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Hidup BSF	13
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	23
Gambar 3.2	Reaktor pengolahan sampah	27
Gambar 3.3	Susunan Reaktor.....	27
Gambar 4.1	Sampah yang Digunakan (a)Sampah Sisa Makanan;(b)Sampah Sayur;(c)Sampah Kebun (d) Sampah Buah	23
Gambar 4.2	Hasil Pengukuran Suhu	48
Gambar 4.3	Pengukuran pH	50
Gambar 4.4	Hasil Pengukuran Kadar Air Sampah	52
Gambar 4.5	Persentase Kandungan C-organik pada Awal dan Akhir Sampel Sampah	54
Gambar 4.6	Persentase Kandungan N-organik pada Sampel Sisa Makanan dan Sayur.....	55
Gambar 4.7	Persentase Kandungan N-organik pada Sampel Sisa Makanan dan Kebun.....	55
Gambar 4.8	Persentase Kandungan N-organik pada Sampel Sisa Makanan dan Buah.....	56
Gambar 4.9	Perbandingan Rasio C/N Awal dan Akhir	58
Gambar 4.10	Berat Residu Sampah pada Reaktor	8
Gambar 4.11	Persentase Kesetimbangan Massa Sampah Campuran Sisa Makanan dan Sayur	65
Gambar 4.12	Persentase Kesetimbangan Massa Sampah Campuran sisa makanan dan kebun	65
Gambar 4.13	Persentase Kesetimbangan Massa Sampah Campuran Sisa Makanan dan Buah	66
Gambar 4.14	Pertumbuhan Larva.....	69
Gambar 4.15	Jumlah Larva Awal dan Akhir Proses	71

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Bahan Kompos	8
Tabel 2.2	Standar Kualitas Kompos	9
Tabel 2.3	Kandungan Kimia pada Tubuh Larva BSF	13
Tabel 2.4	Faktor Kunci Larva BSF dalam Mereduksi Sampah.....	15
Tabel 3.1	Matrik Variasi Bahan Uji Penelitian.....	35
Tabel 3.2	Metode Pengumpulan Data	40
Tabel 4.1	pH Sampel Sampah.....	45
Tabel 4.2	Kadar Air Awal Sampah.....	45
Tabel 4.3	Analisa C-organik, TKN dan Rasio C/N.....	46
Tabel 4.4	Rasio C/N Campuran Sampah	47
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Rasio C/N Sampah.....	57
Tabel 4.6	Perbandingan Hasil Analisis Residu BSF dengan Standar Kompos SNI: 19-7030-2004 ...	59
Tabel 4.7	Persentase Reduksi Sampah	62
Tabel 4.8	Penambahan Berat Larva	69
Tabel 4.9	Kandungan Protein Larva	72
Tabel 4.10	Hasil Anlisa statistika Anova <i>One Way</i>	73

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi sampah organik di negara maju dan berkembang meningkat sangat cepat dan tidak terkendali. Hal ini dikarenakan urbanisasi dan perubahan pola produksi serta konsumsi. Di negara-negara berkembang produksi sampah yang besar merupakan suatu masalah besar kerana belum adanya teknologi pengolahan sampah dengan biaya rendah yang dapat diaplikasikan (Daniel *et al.*, 2018). Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan bahwa jumlah timbunan sampah di Indonesia telah mencapai 175.000 ton/hari atau setara 64 juta ton/tahun dengan pengelolaan diangkut dan ditimbun di TPA sebanyak 69%, dikubur 10%, dikompos dan didaur ulang 7%, dibakar 5%, dan sisanya tidak terkelola 7%.

Berdasarkan hasil penelitian sebagian besar sampah yang terdapat di negara berkembang merupakan sampah organik dengan presentase lebih dari 50% dari total seluruh sampah, bahkan bisa mencapai 70-80% (Throchinetz dan Mihelcic, 2009, Velis dan Alabaster, 2011). Di Indonesia sampah sayur dan buah merupakan sampah yang mudah untuk ditemukan di pasar-pasar. Limbah pasar selama ini banyak menyebabkan masalah. Disamping menimbulkan bau tak sedap juga mengganggu kesehatan manusia, lingkungan dan sosial. Sedangkan limbah pasar dapat menjadi sumber nutrisi yang berlimpah asal dilakukan pengolahan dengan teknologi yang baik dan benar (Syananta, 2009).

Mengacu pada beberapa data tersebut di atas terlihat saat ini pengelolaan sampah merupakan salah satu masalah. Baik di negara maju maupun di negara berkembang, yang belum terselesaikan sampai sekarang. Pengelolaan sampah yang buruk akan meningkatkan resiko terjadinya banjir dan juga dapat mencemari air tanah (Lamond *et al.*, 2012).

Teknologi pengomposan merupakan salah satu solusi yang tepat untuk mengatasi pertumbuhan timbunan sampah.

Hal ini terbukti sebagai hal yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan menghasilkan produk yang kaya akan nutrisi yang disebut kompos. Untuk pembuatan kompos diperlukan berbagai kombinasi/ interaksi antara komponen fisik, kimia dan biologi. Komponen biologi berupa interaksi antara mikro dan makro organisme. Dalam beberapa penyelidikan masih sedikit yang membahas tentang peran makro organisme dalam mengubah sampah menjadi kompos. Makro organisme yang berperan penting dalam hal ini adalah antropoda terutama golongan serangga (Rithika dan Sharman, 2015). Larva serangga *Hermetia illucens/Black Soldier Fly* (BSF) ini sering digunakan sebagai agen biokonversi, dan lebih dikenal dengan istilah "maggot" (Suciati dan Faruq, 2017). Biokonversi menggunakan larva *Hermetia illucens* atau *Black Soldier Fly* (BSF) memiliki keunggulan dibandingkan proses konversi lain. Salah satunya Larva BSF mampu mengkonversi berbagai macam bahan organik, memiliki kandungan nutrisi tinggi serta tidak mengandung vektor penyakit (Arif *et al.*, 2017)

Pengelolaan sampah organik menggunakan Larva BSF merupakan salah satu inovasi dan metode berkelanjutan untuk mengurangi beban produksi sampah di TPA (Nguyen *et al.*, 2015). Pengelolaan sampah menggunakan Larva BSF lebih praktis karena tidak perlu memisahkan antara sampah hewani maupun nabati (Zakova, 2013). Larva BSF dapat memakan sampah dari hewani dan nabati (Bullok *et al.*, 2013). Proses degradasi sampah organik dengan menggunakan bantuan Larva BSF merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan dalam pengelolaan sampah. Proses penguraian limbah dengan BSF dapat mencapai 70% (Darmawan *et al.*, 2017).

Pemilihan jenis sampah yang digunakan berdasarkan pada hasil survey lapangan. Sampah jenis apa yang memiliki jumlah paling banyak. Sampah sisa makanan dipilih karena memiliki jumlah komposisi yang paling besar di Kota Surabaya, yaitu sebesar 310497,14 ton (Nikmah dan Warmadewanthi, 2013). Sampah kebun dipilih karena pada PDU Jambangan memiliki timbunan yang cukup banyak. Pemanfaatan hanya diproses menggunakan pengomposan metode *windrow*

composting, dimana pada prosesnya masih dihasilkan residu. Menurut Nur T *et al.* (2016), secara umum komposisi sampah di beberapa kota di Indonesia paling banyak adalah sampah tumbuhan yang mencapai 80-90%. Sampah pasar dipilih karena mudah dalam mendapatkannya. Selain itu Larva BSF mampu mengonsumsi sampah dengan jumlah yang banyak pada jenis sampah buah, sayur, kebun, sisa makanan dan kotoran hewan (Sarpong *et al.*, 2018).

Pengolahan sampah menggunakan Larva BSF dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas dari makanan (*feeding*) yang diberikan kepada Larva BSF dan beberapa faktor lingkungan. Menurut Sarpong *et al.* (2018), *feeding rate* untuk pengomposan dengan Larva BSF paling baik adalah 107 mg/larva/hari dengan komposisi sampah dari sisa makanan. Menurut Hakim (2017), laju konversi Larva BSF paling optimal pada *feeding rate* 60 mg/larva/hari dengan kepala ikan. Menurut Saragi dan Bagastyo (2015), Larva BSF dapat mereduksi sampah sayur: buah sebesar 51,9% pada *feeding rate* 33, 29 mg/larva/hari, sampah sayur: sampah buah: ikan 48,73% pada *feeding rate* 27,32 mg/larva/hari, sampah ikan 39,91% pada *feeding rate* 20,73 mg/larva/hari. Larva BSF mampu mereduksi 82,87% sampah sisa makan dan sampah buah paling optimal pada rasio 30:70 dengan *feeding rate* 40 mg/larva/hari (Mahardika, 2016). Menurut Saragi dan Bagastyo (2015), berat kering yang diberikan kepada larva setiap harinya sebanyak 40 mg/larva/hari.

Berdasarkan data di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan Larva BSF untuk mendegradasi sampah organik. Sampah organik yang dijadikan sampel adalah sampah dari perumahan masyarakat. Sebagai kontrol pengaruh jenis sampah terhadap persentase reduksi sampah dan tingkat pertumbuhan Larva BSF akan digunakan variasi jenis sampah. Penelitian akan dilakukan dalam skala laboratorium di Departemen Teknik Lingkungan. Hasil akhir penelitian yang ingin dicapai adalah untuk menentukan besarnya persentase reduksi sampah makanan yang dapat dilakukan melalui pemanfaatan Larva BSF.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Kemampuan reduksi sampah organik *biodegradable* oleh Larva BSF dengan komposisi sampah tertentu.
2. Variasi jenis sampah dan *feeding rate* terhadap tingkat pertumbuhan Larva BSF.
3. Karakteristik hasil dekomposisi sampah organik *biodegradable* yang dihasilkan dari proses pengomposan oleh Larva BSF.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menentukan kemampuan Larva BSF dalam mereduksi sampah organik *biodegradable*.
- b. Menentukan pengaruh variasi jenis sampah organik dan *feeding* terhadap tingkat pertumbuhan Larva BSF.
- c. Menentukan karakteristik hasil dekomposisi sampah organik *biodegradable* yang dilakukan oleh Larva BSF.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup bertujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini. Tugas akhir ini memiliki ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Sampel sampah berupa sisa makanan dan sampah kebun diambil dari PDU Jambangan, sampah sayur dan buah diambil dari pasar dan TPS.
2. Penelitian dilaksanakan antara rentang waktu Februari 2019 sampai April 2019.
3. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - Variasi jenis sampah. Jenis sampah dibuat kombinasi menjadi sampah sisa makanan: sampah sayur, sampah sisa makanan: sampah buah, dan sampah sisa makanan: sampah kebun.

- Variasi *feeding rate* yang digunakan 20 mg/larva/hari, 35 mg/larva/hari, 50 mg/larva/hari.
- 4. Pengukuran dilakukan pada awal, pada saat *feeding* dan pada akhir penelitian.
- 5. Indikator yang digunakan untuk menentukan reduksi sampah oleh Larva BSF dengan perhitungan jumlah sampah di awal dan di akhir percobaan.
- 6. Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium.
- 7. Penelitian pemanfaatan Larva BSF dilakukan di Departemen Teknik Lingkungan ITS, pelaksanaan analisis dilakukan di laboratorium Teknologi Pemulihan Air Departemen Teknik Lingkungan ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah diperolehnya informasi potensi reduksi sampah organik biodegradable oleh Larva BSF, sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi timbulan sampah. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat, sebagai upaya mereduksi sampah organik dilingkungan masyarakat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Sampah

Hampir semua kegiatan yang dilakukan oleh manusia akan menghasilkan zat sisa atau buangan yang mungkin tidak digunakan lagi. Zat sisa atau buangan yang dihasilkan ada yang masih memiliki nilai guna dan ada yang tidak lagi memiliki nilai guna.

2.1.1 Pengertian Sampah

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (UU No. 18 tahun 2008). Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), sampah adalah bahan buangan padat maupun semi padat yang dihasilkan dari kegiatan manusia, hewan yang dibuang karena tidak dibutuhkan atau digunakan kembali. Pengelolaan sampah, untuk menentukan alternatif pengolahan diperlukan data pendukung seperti komposisi, timbulan dan karakteristik sampah (Damanhuri dan Padi, 2010). Berdasarkan komposisinya maka sampah terbagi menjadi jenis sampah organik 60%, plastik 15%, kertas 10%, dan lainnya (seperti logam, kaca, kain, kulit) 15%. (KLHK, 2015).

Menurut Suriawiria (2003), sampah digolongkan berdasarkan sumber, jenis dan sifatnya. Berdasarkan sumbernya, sampah digolongkan dalam dua kelompok meliputi sampah domestik dan non domestik. Sampah domestik meliputi sampah sehari-hari yang dihasilkan bersumber dari aktivitas manusia secara langsung, baik dari rumah tangga, pasar, sekolah, pusat keramaian, permukiman, dan rumah sakit. Sampah non-domestik merupakan sampah sehari-hari yang dihasilkan bersumber dari aktivitas manusia secara tidak langsung. Bersumber dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan, dan transportasi. Berdasarkan jenisnya, sampah dibedakan menjadi dua kelompok meliputi sampah organik yakni jenis sampah yang sebagian besar tersusun oleh senyawa organik; sampah anorganik merupakan jenis sampah yang tersusun oleh

senyawa anorganik. Berdasarkan jenisnya, sampah memiliki dua sifat yang berbeda, yaitu *degradable* dan *non-degradable*. Sampah bersifat *degradable* merupakan sifat sampah secara alami dapat/mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Sampah bersifat *non-degradable* merupakan sifat sampah secara alami sukar atau sangat sukar untuk diuraikan oleh jasad hidup. Karakteristik sampah sisa makanan, sampah sayur, buah dan kebun yang digunakan sebagai bahan kompos dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Table 2.1 Karakteristik Bahan Kompos

Jenis sampel	Parameter	Nilai	Satuan	Jenis sampel	Parameter	Nilai	Satuan
Sampah sisa makanan	Kadar air	66	%	Sampah buah	Kadar air	96.1	%
	C-organik	35.4	%		C-organik	33.3	%
	TKN	1.7	%		TKN	0.9	%
	C/N	21	-		C/N	37.1	-
	pH	5.09	-		pH	4.05	-
Sampah sayur	Kadar air	90	%	Sampah kebun	Kadar air	6.09	%
	C-organik	51.7	%		C-organik	42.14	%
	TKN	1,9	%		TKN	0.79	%
	C/N	27	-		C/N	53,32	-
	pH	5,1	-		pH	5,98	-

Sumber: Mahardika (2015), Saragi (2014), Ekawati dan Kusuma (2018)

2.1.2 Pengomposan

Pengomposan adalah proses dimana mikroba-mikroba memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Sehingga menyebabkan bahan organik mengalami penguraian secara biologis. Kompos merupakan hasil penguraian bahan organik yang dapat dipercepat dengan mikroba. Dilakukan dalam kondisi lembab, hangat, aerobik maupun anaerobik (Tombe dan Sipayung, 2010). Beberapa faktor yang mempengaruhi laju pengomposan yaitu ukuran bahan, rasio C/N, kelembaban dan aerasi, temperatur, pH, dan mikroorganisme serta komposisi bahan dan kadar air (Indriani, 2013). Prinsip pengomposan adalah menurunkan nilai rasio C/N bahan organik menjadi sama dengan rasio C/N tanah. Rasio C/N adalah hasil perbandingan antara karbohidrat dan nitrogen yang terkandung di dalam suatu bahan. Nilai rasio C/N

tanah adalah 10-12. Bahan organik yang memiliki rasio C/N sama dengan tanah memungkinkan bahan tersebut dapat diserap oleh tanaman (Djuarnani *et al.*, 2005).

Mikroorganisme merupakan faktor terpenting dalam proses pengomposan karena mikroorganisme ini yang merombak bahan organik menjadi kompos. Beberapa ratus spesies mikroorganisme, terutama bakteri, jamur, dan *actinomyces* berperan dalam proses dekomposisi bahan organik. Populasi mikroorganisme selama perombakan bahan organik akan terus bertambah. Mikroorganisme ini dapat diperbanyak dengan menambahkan aktivator atau biodekomposer. Bahan yang terdiri dari enzim, asam humat bahan, dan mikroorganisme seperti kultur bakteri (Djuarnani *et al.*, 2005).

Kualitas kompos harus mengikuti standar mutu kompos yang digunakan yaitu SNI: 19-7030-2004 yang berisi spesifikasi kompos dari sampah organik domestik meliputi persyaratan atau baku mutu yang harus dicapai pada kandungan kimia (unsur mikro dan makro), fisik dan bakteri. Pembuatan SNI kompos tidak hanya untuk menjamin kepentingan konsumen, tetapi dapat mendorong pembukaan pasar kompos lebih luas. Secara umum kompos matang dicirikan dengan sifat antara lain berwarna cokelat tua hingga hitam, remah dan tidak berbau, tidak larut dalam air, rasio C/N sebesar 20-40 tergantung dari bahan baku dan derajat humifikasi. Kompos dapat memberikan efek menguntungkan bagi tanah dan pertumbuhan tanaman. Nilai pupuknya ditentukan oleh kandungan N, P, K, Ca, dan Mg. Memiliki temperatur yang hampir sama dengan temperatur udara. Standar kualitas kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Kualitas Kompos

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1.	Kadar air	%		50
2.	Temperatur	°C		Suhu air tanah
3.	Warna			Kehitaman

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
4.	Bau			Berbau tanah
5.	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6.	Kemampuan ikat air	%	58	
7.	pH		6,8	7,49
8.	Bahan asing	%	-	1,5
Unsur makro				
9.	Bahan organik	%	27	58
10.	Nitrogen	%	0,4	
11.	Karbon	%	9,8	32
12.	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0,1	
13.	Rasio C/N		10	20
14.	Kalium (K ₂ O)	%	0,2	

Sumber: SNI 19-7030-2004

2.2 Gambaran Umum *Hermetia illucens* atau **Black Soldier Fly (BSF)**

Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens* termasuk dalam ordo *Diptera*, Famili *Stratiomyidae*. Merupakan jenis serangga yang berasal dari Amerika dan dapat ditemukan di seluruh dunia yang wilayahnya beriklim tropis dan subtropis pada lintang 40°S dan 45°U (Diener *et al.*, 2011). BSF dapat hidup pada suhu 0°C dalam waktu 4 jam dan suhu maksimum untuk BSF adalah pada 45°C. BSF dapat kawin pada temperature sekitar 28°C. Larva BSF tidak akan aktif pada suhu dibawah 10°C. Temperature optimum larva untuk berkembang menjadi pupa adalah sekitar 25-30°C (Zang, 2010).

Lalat BSF berbeda dengan lalat rumah yang biasanya berada di rumah. Lalat BSF tidak mengandung vektor penyakit yang membahayakan bagi kesehatan manusia. Pada umumnya lalat BSF banyak terdapat pada tempat yang memiliki bahan organik seperti kandang ternak dan kumpulan limbah organik mati. Larva BSF dapat mendekomposisi kotoran kandang dari beberapa jenis ruminansia dan juga unggas, hal ini karena lalat BSF memiliki kemampuan untuk mengkonsumsi bahan organik (Sastro, 2016). Larva lalat BSF memiliki aktivitas selulolitik dengan adanya bakteri pada ususnya (Supriatna dan Ukit, 2016). Keberadaan bakteri dalam usus larva tersebut membantu larva dalam mengubah limbah organik dalam ususnya. Larva BSF mampu mengkonversi limbah organik (kotoran ternak) menjadi lemak dan protein dalam biomassa tubuhnya (Zheng *et al.*, 2011).

Siklus metamorphosis BSF bergantung pada suhu dan kelembaban tempat hidup BSF, asupan nutrisi yang dimakan dan berlangsung kurang dari 40 hari (Alvarez, 2012). Kualitas nutrisi makanan Larva BSF sangat penting dan pengaruhnya terhadap massa tubuh dan/atau ukuran individu. Berfungsi untuk memaksimalkan produksi telur secara masal dalam budidaya BSF (Gobbi *et al.*, 2013).

- Fase telur

Seekor lalat betina BSF normal mampu memproduksi telur berkisar 185-1235 telur (Rachmawati *et al.*, 2010). Telur BSF menetas setelah 3 hari dari peletakan telur pada media. Dalam waktu dua sampai empat hari, telur akan menetas menjadi larva instar satu dan berkembang hingga ke instar dalam waktu 22-24 hari dengan rata-rata 18 hari (Barros-Cordeiro *et al.*, 2014). Telur menetas hingga 95% dari seluruhnya dan akan memasuki fase aktif makan. Larva yang baru menetas optimum hidup pada suhu 28-35⁰ C dengan kelembaban sekitar 60-70% (Holmes *et al.*, 2012).

- Fase larva

Pada fase Larva BSF berperan sebagai dekomposer yang mengkonversi berbagai limbah organik (Fahmi, 2015). Selama fase aktif makan larva mengalami pertambahan panjang, lebar dan bobot. Fase ini berlangsung selama 12-13

hari dari telur menetas (Monita *et al.*, 2017). Selama masa pertumbuhan Larva BSF mengalami pergantian kulit (instar) sebanyak lima kali dengan perubahan warna dari putih krem sampai dengan berwarna coklat kehitaman pada instar terakhir (Popa dan Green, 2012). Laju pertumbuhan Larva BSF sangat pesat hingga hari ke-8. Bobot tubuh larva juga terus bertambah sampai ketika hendak memasuki tahapan prepupa. Tahapan larva yang masih berkulit putih berlangsung kurang lebih 12 hari. Larva mulai berubah warna menjadi coklat dan semakin gelap seminggu kemudian (Rachmawati *et al.*, 2010).

- Fase prepupa dan pupa

Larva memasuki fase prepupa ditandai dengan adanya perubahan warna dari coklat kekuningan menjadi coklat gelap. Pada tahap ini larva bermigrasi dari sumber makanan ke tempat yang kering dan pada fase ini larva tidak lagi makan (Alamgir *et al.*, 2011). Fase prepupa terjadi sejak hari ke-19. Pupa 100% dicapai pada hari ke-24. Tahapan pupa berlangsung berikutnya selama 8 hari kemudian, imago mulai muncul pada hari ke-32 (Rachmawati *et al.*, 2010). Pada saat fase prepupa BSF memiliki kandungan nilai protein yang tinggi. Fase pupa berlangsung selama 6-7 hari dan setelah itu serangga akan bermetamorfosa menjadi serangga dewasa (Fahmi, 2015). Pada fase pupa kulit larva akan berwarna hitam dan menjadi lebih keras dari saat fase larva. Kandungan protein BSF akan menurun pada fase pupa dikarenakan pada fase ini sudah tidak lagi aktif makan.

- Fase lalat dewasa

Setelah 14 hari pupa akan menjadi lalat dewasa (imago). Dua atau tiga hari kemudian lalat siap untuk melakukan perkawinan. Fase dewasa ini hanya terjadi selama 6-8 hari (Tombelin *et al.*, 2009). Perkawinan lalat paling banyak terjadi pada pagi hari antara 08.00 sampai 10.00 yaitu sekitar 85% pada intensitas cahaya sekitar $110 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Zhang *et al.*, 2010). Lalat BSF tidak membutuhkan makanan selama fase lalat dewasa ini. Lalat dewasa hanya dapat bertelur sekali dalam siklus hidupnya.



Gambar 2.1 Siklus Hidup BSF
 Sumber : Popa dan Green (2012)

Hasil analisis kimia menunjukkan BSF kaya akan protein dan lemak yang bernilai ekonomi untuk pembuatan pakan ternak. Selain itu lemak dari Larva BSF juga dapat dimanfaatkan sebagai biodiesel. Diperkirakan bahwa biodiesel dari Larva BSF yang digunakan untuk mendegradasi kotoran hewan memiliki nilai energi yang sebanding dengan gas metana (CH₄) yang dihasilkan kotoran hewan yang didegradasinya. Tidak ketinggalan, prepupa dan pupa BSF juga memiliki kandungan kalsium (Ca) dan fosfor (P) yang kaya. Kandungan kimia pada tubuh BSF dapat dilihat pada Tabel 2.3. Tabel 2.3 Kandungan Kimia pada Tubuh Larva BSF

Kandungan kimia	Persentase Komponen (%) pada		
	Larva Pre-mature	Pre-pupa	Pupa
Protein	17,30	36-48	42,10
Lemak	9,40	28-35	34,80
Kalsium	0,82	5	5
Fosfor	0,54	0,88-1,51	1,5
Debu	~15	14,60-16,60	14,60
Nilai kalori	-	3,51-5,95	-

Sumber : Popa dan Green (2012)

Larva BSF memiliki beberapa karakter diantaranya (Fahmi, 2015):

1. Bersifat dewatering (menyerap air), dan berpotensi dalam pengelolaan sampah
2. Dapat membuat liang untuk aerasi sampah
3. Toleran terhadap pH dan temperature
4. Melakukan migrasi mendekati fase pupa
5. Higienis, sebagai kontrol lalat rumah
6. Kandungan protein tinggi mencapai 45%

Secara singkat keuntungan yang dapat diperoleh dari pemanfaatan Larva BSF (Popa dan Green, 2012) adalah:

- a. Dapat mendegradasi sampah organik menjadi nutrisi untuk pertumbuhannya
- b. Dapat mengkonversi sampah organik menjadi kompos dengan kandungan penyubur yang tinggi
- c. Dapat mengontrol bau dan hama, serta dapat mengurangi emisi gas rumah kaca pada saat proses dekomposisi sampah
- d. Tubuhnya mengandung zat kitin dan protein yang cukup tinggi yang dapat digunakan sebagai pakan ternak
- e. Kandungan lemak yang tinggi pada tubuh Larva BSF dapat dimanfaatkan sebagai bahan biofuel

2.3 Reduksi Sampah Organik dengan *Black Soldier Fly* (BSF)

Pengolahan sampah dengan BSF dinilai lebih praktis karena tidak perlu memisahkan antara sampah hewani dan sampah nabati (Zakova dan Borkovcova, 2013). BSF dianggap menguntungkan, karena Larva BSF memanfaatkan sampah organik baik dari hewan, tumbuhan, maupun dari kotoran hewan dan kotoran manusia sebagai makanannya dan meningkatkan nilai *recycle* dari sampah organik (Kim *et al.*, 2011). Menurut Lalander *et al.* (2014), Larva BSF dapat mengkonsumsi bahan organik yang terkandung dalam sampah hingga 70%. Selain itu penggunaan BSF juga memberikan 3 produk yaitu larva sebagai pakan ternak, cairan hasil aktivitas

larva sebagai pupuk cair dan sisa larva kering sebagai pupuk (Balitbang, 2016). Residu dari Larva BSF digunakan sebagai kompos dan memiliki tingkat nutrisi untuk digunakan sebagai pupuk dan amandemen tanah. Laju konsumsi sampah oleh Larva BSF bervariasi menurut jenis sampah, kadar air, jumlah larva, ukuran larva dan suhu (Alvarez, 2012).

Tingkat reduksi sampah oleh Larva BSF dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu tingkat degradasi sampah dan waktu untuk mendegradasi sampah. Tingkat degradasi dipengaruhi oleh jumlah sampah yang sebelum didegradasi dan jumlah sisa yang tidak terdegradasi, yang dapat dilihat di persamaan (2.2). Mendefinisikan tingkat reduksi sampah oleh Larva BSF sebagai *waste reduction index* (WRI) dengan persamaan (2.1).

$$WRI = \frac{D}{t} \times 100 \quad (2.1)$$

$$D = \frac{W-R}{W} \quad (2.2)$$

Dimana :

WRI = Indeks reduksi sampah

D = tingkat degradasi sampah

t = waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah

W = jumlah sampah sebelum terdegradasi

R = jumlah residu

Meskipun Larva BSF cukup fleksibel dalam mereduksi sampah, namun ada beberapa faktor kunci yang mempengaruhi kemampuan Larva BSF dalam mereduksi sampah. Beberapa faktor kunci dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Kunci Larva BSF dalam Mereduksi Sampah

Parameter	Nilai optimal	Saran untuk optimalisasi	Sumber
Kadar air	60-90% (berat basah)	Pengeringan, penambahan air atau dicampur dengan jenis sampah yang berbeda	Cammack and Tomberlin (2017), Cheng <i>et al.</i> (2017), Dortmans <i>et al.</i> (2017),

Parameter	Nilai optimal	Saran untuk optimalisasi	Sumber
			Lohri <i>et al.</i> (2017)
Ukuran partikel	1-2 cm	Dicacah	Dortmans <i>et al.</i> (2017), Lohri <i>et al.</i> (2017)
Kandungan nutrisi	Bahan baku mengandung protein dan karbohidrat sebesar 21%, rasio optimal C/N 10-40	Mencampur jenis sampah yang berbeda	St-Hilaire <i>et al.</i> (2007a), Gobbi <i>et al.</i> (2013), Saragi and Bagastyo (2013), Lalander <i>et al.</i> (2015), Cammack and Tomberlin (2017), Dortmans <i>et al.</i> (2017), Lohri <i>et al.</i> (2017), Rehman <i>et al.</i> (2017a&b).
pH	Optimal pada pH 5-8	Mencampur jenis sampah yang berbeda	Caruso <i>et al.</i> (2013), Dortmans (2015), Lalander <i>et al.</i> (2015), Rehman <i>et al.</i> (2017a&b)
Kandungan serat	Tidak terlalu tinggi	Pra-fermentasi	Zheng <i>et al.</i> (2012), Caruso <i>et al.</i> (2013),

Parameter	Nilai optimal	Saran untuk optimalisasi	Sumber
			Lohri <i>et al.</i> (2017), Mohd-Noor <i>et al.</i> (2017), Rehman <i>et al.</i> (2017a).
Struktur	Struktur yang memungkinkan larva untuk bergerak, makan dan bernafas	Penambahan material matrik, seperti serat pinus atau arang yang dihancurkan	Barry (2004), Perednia (2017)

Tiga faktor yang mempengaruhi pertumbuhan Larva BSF dan kapasitas reduksi sampahnya (Diener *et al.*, 2011) adalah:

- a. Tingginya tingkat kematian larva akibat naiknya konsentrasi Zn pada sampah yang diberikan serta kondisi anaerobik di dalam reaktor.
- b. Sedikitnya jumlah telur BSF yang subur akibat keracunan yang ditimbulkan konsentrasi Zn yang tinggi pada reaktor.
- c. Terbatasnya akses untuk mencapai makanan akibat penyumbatan oleh cairan lindi pada reaktor percobaan.

2.4 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian mengenai reduksi sampah dengan Larva BSF telah dilakukan diantaranya penelitian oleh Gary (2009), menunjukkan bahwa Larva BSF dapat mereduksi nutrient yang ada pada median hingga 50-70%. Larva BSF dapat menguraikan sampah perkotaan hingga 68%, kotoran ayam 50%, kotoran babi 39%, serta untuk kotoran ayam dengan kotoran sapi sebesar 25% (Diener *et al.*, 2011). Kemampuan Larva BSF dalam mereduksi sampah organik telah dilaporkan sebesar 66,4-78,9% (Diener *et al.*, 2011a), 85% berat basah dan 70% berat kering (Dortmans, 2015), 44-94 % (Bonso, 2013) dan 44-56 % (Alvarez, 2012). Menurut

Diener (2009), dalam penelitiannya diberikan variasi *feeding rate* pada larva yaitu 12,5 mg/larva/hari, 25 mg/larva/hari, 50 mg/larva/hari, 100 mg/larva/hari, dan 200 mg/larva/hari. Kemampuan larva dalam memakan sampah terus meningkat pada *feeding rate* 12,5 mg/larva/hari hingga 100 mg/larva/hari. Sedangkan pada *feeding* 200 mg/larva/hari mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan banyaknya residu sampah yang tersisa, sehingga membatasi akses larva dalam memakan sampah. Banyaknya residu akan membuat keadaan menjadi anaerobik. Berdasarkan beberapa penelitian oleh Larva BSF dapat mereduksi sampah dengan komposisi sebagai berikut 50% sampah yang mengandung daging ayam, 37,3-43,2 % sampah, 25,6% kotoran manisia. Menurut Saragi dan Bagastyo (2015), Larva BSF dapat mereduksi sampah organik yang terdiri dari sayuran dan buah sebesar 51,91%. Larva BSF dapat mereduksi sampah yang berupa kepala ikan sebesar 77,09% dengan *feeding* sebanyak 12,5 mg/larva/hari (Hakim, 2017). Menurut Sipayung (2015), Larva BSF hanya memakan sampah sekitar 20 mg/larva/hari. Rasio komposisi optimal untuk sampah sisa makanan dan sampah buah adalah 30:70. Larva BSF dapat mereduksi 10 kg sampah campuran antara sampah dapur dan sampah kebun dengan persen reduksi 64% (Zakova dan Borkovcova, 2013)

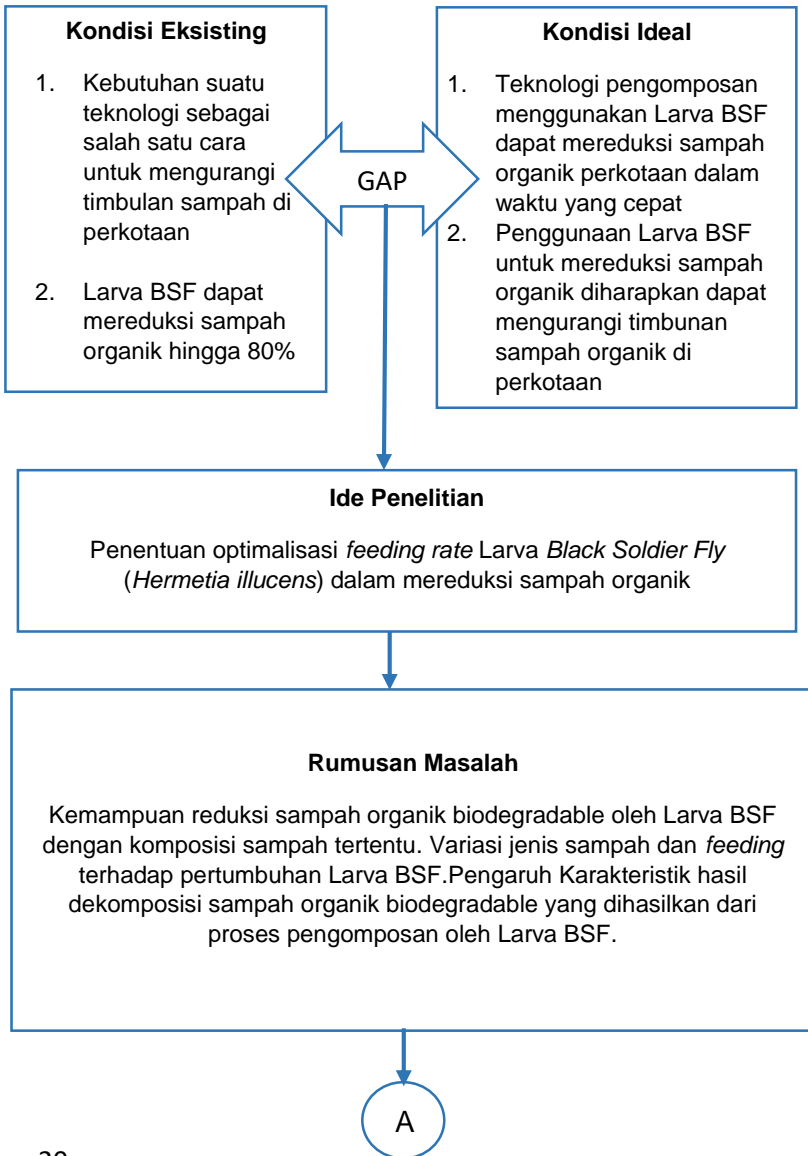
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persen reduksi sampah organik melalui pemanfaatan Larva *Black Soldier Fly* (BSF). Persen reduksi yang diperoleh kemudian digunakan untuk melihat potensi pemanfaatan Larva BSF sebagai salah satu upaya untuk mereduksi sampah organik di perkotaan. Penelitian ini dilakukan di Departemen Teknik Lingkungan ITS dengan metode percobaan skala laboratorium. Penelitian direncanakan selama 12 hari, hal ini berdasarkan siklus hidup larva BSF. Dimana larva BSF akan aktif makan atau dalam fase larva dengan rata-rata usia 18 hari. Sampah yang digunakan berasal dari PDU Jambangan, pasar keputran dan TPS Gebang. Variasi dalam penelitian ini adalah komposisi jenis sampah yang akan direduksi oleh Larva BSF dan *feeding rate*. Hasil akhir yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui pada *feeding rate* berapa larva akan memberikan tingkat reduksi paling besar dengan berbagai komposisi jenis sampah yang diberikan.

3.2 Kerangka Penelitian

Metode penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian. Kerangka penelitian ini berfungsi sebagai pedoman untuk mempermudah pelaksanaan penelitian karena berisi langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian. Kerangka penelitian ini meliputi ide penelitian, perumusan masalah, penentuan variasi dan parameter, pelaksanaan penelitian pendahulu dan utama hingga analisis pembahasan dan kesimpulan. Kerangka penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



A

Tujuan Penelitian

- a. Menentukan kemampuan Larva BSF dalam mereduksi sampah organik biodegradable.
- b. Menentukan pengaruh variasi jenis sampah dan kuantitas *feeding* terhadap tingkat pertumbuhan Larva BSF.
- c. Menentukan karakteristik hasil sampah dekomposisi sampah organik biodegradable yang dilakukan oleh Larva BSF.

Studi Literatur

1. Pengertian sampah
2. Pengomposan sampah organik
3. Studi Larva BSF
4. Potensi reduksi sampah organik dengan Larva BSF
5. Penelitian pendahuluan

Penentuan Variabel dan Parameter

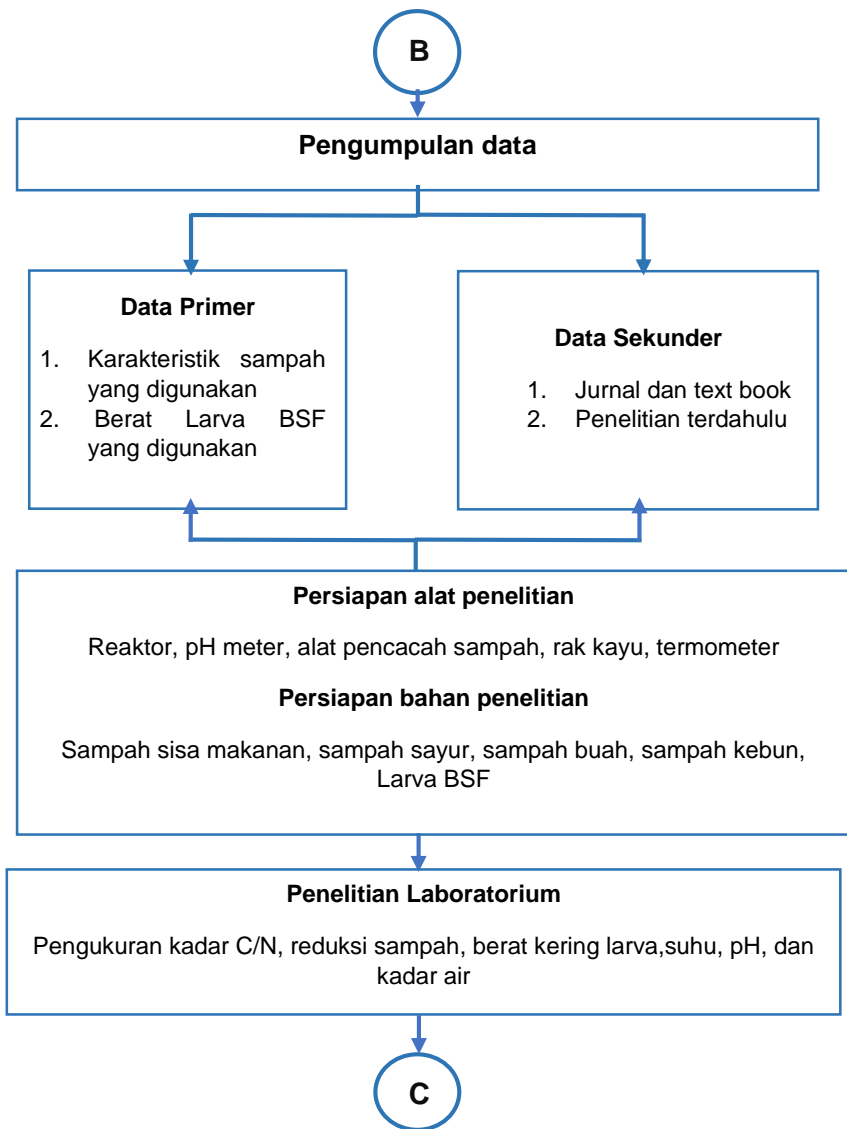
Variabel penelitian:

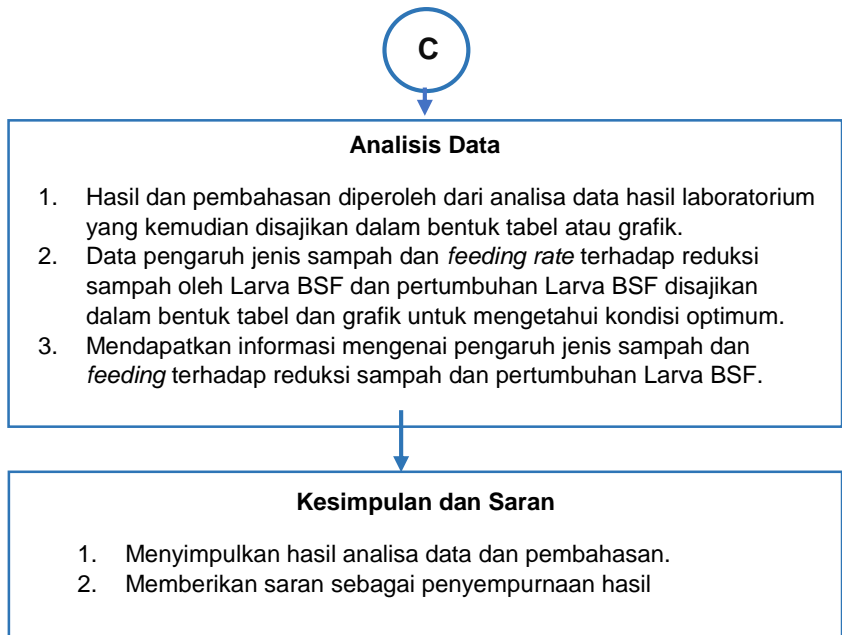
1. Jenis sampah :
Sampah sisa makanan: sampah sayur : 30:70
Sampah sisa makanan: sampah buah : 30:70
Sampah sisa makanan: sampah kebun :30:70
2. *Feeding rate*: 20 mg/larva/hari, 35 mg/larva/hari, 50 mg/larva/hari

Parameter yang diukur:

1. Besarnya reduksi sampah
2. Penambahan berat larva
3. Kualitas residu hasil dekomposisi Larva BSF

B





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Ide dari penelitian ini adalah penentuan optimalisasi *feeding rate* Larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) dalam mereduksi sampah organik. Ide penelitian ini muncul didasarkan pada kurangnya minat dan upaya pemanfaatan sampah organik, khususnya sampah makanan. Padahal timbulan sampah paling tinggi berasal dari sampah makanan. Keadaan ini membuat sampah organik langsung dibuang ke TPA tanpa ada pemanfaatan ataupun pengolahan. Tindakan ini tidak saja menambah beban TPA, tetapi juga meningkatkan produksi lindi dan gas rumah kaca.

3.4 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ini berupa studi literatur, penentuan variabel penelitian, persiapan penelitian, penelitian

pendahuluan, dan penelitian utama. Berikut merupakan tahapan penelitian yang akan dilakukan.

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan guna mengumpulkan informasi dan data yang mendukung penelitian pemanfaatan Larva BSF dalam mereduksi sampah organik *biodegradable*. Studi literatur ini akan memuat informasi yang dapat mendukung perlakuan, kejadian, analisis, dan pembahasan dari penelitian yang akan dilakukan. Studi literature dapat melalui buku, jurnal penelitian, artikel, laporan tugas akhir, thesis, asistensi dengan dosen pembimbing, dan sebagainya.

3.4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini ada 2 yaitu : *feeding rate* dan jenis sampah yang akan dikomposkan. Penentuan variabel ini berdasarkan tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan.

Variasi jenis sampah ditentukan berdasarkan hasil survey dimana timbulan sampah yang banyak berasal dari sisa makan. Sampah sayur dan buah didapatkan dari sampah pasar yang berada di lingkungan sekitar. Sampah kebun berupa dedaunan. Setiap komposisi sampah dikombinasikan dengan dua jenis sampah seperti sampah sisa makan dengan sampah sayur, sisa makanan dengan sampah buah, dan sampah sisa makanan dengan sampah kebun. Perbandingan jumlah sampah pada setiap komposisi adalah 30:70, hal ini didasarkan pada rasio C/N bahan sampah.

2) Variabel terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah banyaknya sampah yang mampu untuk direduksi oleh larva dan pertumbuhan larva yang dilihat dari berat akhir larva. Larva yang digunakan dalam penelitian ini adalah Larva BSF. Variabel terikat ini nilainya akan berubah bergantung dengan

variabel bebas. Semakin banyak variasi dari variabel bebas maka semakin banyak hasil dari variabel terikat.

3.4.3 Persiapan Penelitian

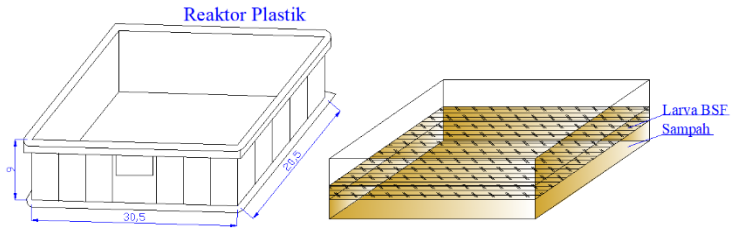
Persiapan penelitian dilakukan dengan mempersiapkan segala alat dan bahan yang diperlukan selama penelitian. Alat yang dipersiapkan yaitu segala keperluan pembuatan reaktor dan keperluan selama pelaksanaan penelitian. Bahan yang diperlukan yaitu sampah organik *biodegradable* yang banyak terdapat di masyarakat. Berikut merupakan rincian alat dan bahan yang diperlukan selama penelitian.

a. Alat yang diperlukan

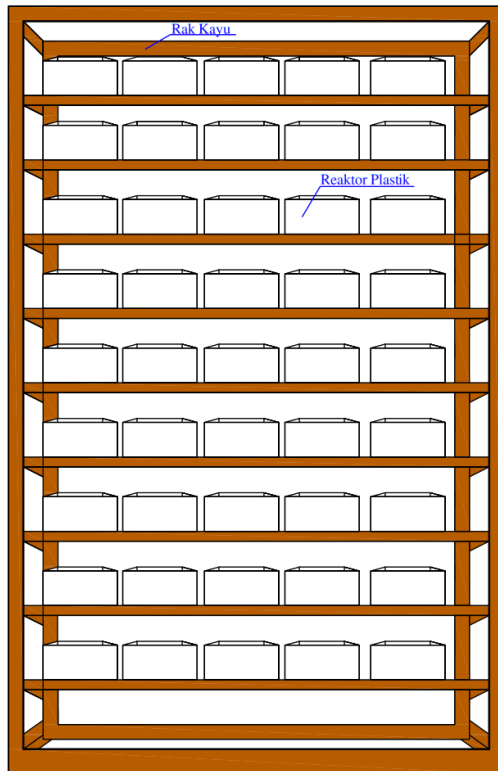
1. Wadah plastik sebagai reaktor sebanyak 21 buah
2. Rak dari kayu sebagai penyangga reaktor 1 buah
3. Ember plastik 5 L sebagai tempat pengumpul sampah
4. Sendok ukuran besar pengaduk sampah
5. Kantong plastik
6. Alat analisis berupa :
 - Neraca analitik : menimbang sampah dan bahan lain-lainnya
 - Labu Labu erlenmeyer : tempat sampel
 - Alat uji kjeldahl untuk menguji N dengan metode Kjeldahl
 - Pipet tetes dan pipet ukur untuk memasukkan larutan yang perlu ditambahkan
 - Cawan porselen sebagai wadah sampah saat di oven atau furnace pada analisis kadar air, analisis C dan analisis N
 - pH meter digunakan untuk membaca nilai pH dari sampah dan kompos
 - Oven : analisis kadar air, analisis C
 - Desikator untuk mendinginkan cawan pada saat analisis kadar air dan analisis C
 - Furnace digunakan untuk menghilangkan zat organik pada sampah saat analisis C

- Gelas beaker sebagai wadah sampah pada analisis N
 - Spektrofotometer untuk mengetahui nilai absorbansi pada saat analisis N, ammonia.
- b. Bahan yang diperlukan
1. Larva BSF umur 6 hari sebanyak 5400 ekor.
 2. Sampah berupa :
 - Sampah rumah tangga berupa sisa makanan
 - Sampah sayuran
 - Sampah buah-buahan
 - Sampah kebun
 3. Bahan untuk analisis
 - a. Aquades untuk melarutkan sampel sampah sebanyak 1 L pada analisis pH dan pada analisis N
 - b. H_2SO_4 untuk menghilangkan bakteri atau senyawa lain yang ada pada sampel sampah dan sebagai katalisator diperlukan sebanyak 10 mL pada analisis N
 - c. K_2SO_4 dan $CuSO_4$ digunakan untuk mengikat senyawa Cl yang dapat mempengaruhi analisis N sebanyak 150 g dan 10 g
 - d. H_3BO_3 sebanyak 20 g
 - e. NaOH 0,1 N sebanyak 100 mL
 - f. Larutkan 500 g NaOH dan 25 mg $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
 - g. Larutan NaOH 6 N
 - h. Indikator PP 1%

Gambaran reaktor yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Reaktor pengolahan sampah



Gambar 3.3 Susunan Reaktor

Reaktor digunakan sebagai tempat sampah dan larva. Reaktor terbuat dari bahan plastik dengan volume 3500 ml. Gambar reaktor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar A.1 (Lampiran 3) Penyusunan dalam reaktor yaitu bagian bawah berupa sampah yang akan didekomposisi kemudian larva BSF diletakkan di atas sampah. Sampah sebelum dimasukkan ke dalam reaktor dihaluskan dengan diblender hingga seperti bubur.

3.4.4 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk memperoleh data pendukung yang diperlukan pada penelitian. Data tersebut yaitu karakteristik sampah berupa data kadar air, pH awal, dan nilai kandungan organik C dan N dari tiap jenis sampah. Kadar air sampah diperoleh dari pengukuran berat kering sampah. Kadar air perlu diketahui untuk menghitung berat basah kebutuhan makanan larva untuk tiap jenis sampah. Pengukuran berat kering dilakukan dengan pemanasan dengan oven selama 24 jam pada suhu 105°C. Berat akhir yang diperoleh dari pemanasan dijadikan sebagai data berat kering (Diener, 2010). Pengukuran pH awal sampah diperlukan untuk menentukan pengaruh dekomposisi Larva BSF terhadap pH sampah. Pengujian kandungan C dan N awal sampah perlu dilakukan untuk menentukan pengaruh dekomposisi Larva BSF terhadap nilai C/N dari sampah dan untuk menentukan potensi pemanfaatan residu yang dihasilkan. Prosedur cara pengujian C, N pH dan kadar air terdapat pada Lampiran 1.

3.4.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan selama 12 hari. Selama waktu penelitian larva diberi makan berupa sampah sesuai dengan porsi yang disediakan dan dihentikan pada hari ke-12. Prosedur pelaksanaan penelitian dilakukan pada kedua tahap ini adalah sama.

- Pembiakan Larva BSF di Pusat Daur Ulang Jambangan

Larva BSF yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari pembiakan. Pembiakan dilakukan di Pusat Daur Ulang Jambangan. Reaktor berupa kontainer plastik yang ditutup dengan kain kasa. Lalat BSF dikembangkan dalam sebuah reaktor sebagai tempat pertumbuhan larva dari lalat hingga telur menetas. Setelah telur menetas diberi makan secukupnya. Larva baru digunakan untuk mendekomposisi sampah pada saat berusia 6 hari. Digunakan larva berusia 6 hari karena larva telah tumbuh besar sehingga dapat mengolah dan mengurangi sampah serta memiliki kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang baik.

- Pengumpulan sampel sampah

Sampah yang digunakan terdapat empat jenis yaitu sampah sisa makanan, sampah sayur, sampah buah dan sampah kebun. Jenis sampah yang digunakan dipilih berdasarkan dari hasil pengamatan dan survey. Sampah tersebut merupakan sampah yang mudah didapat dan memiliki timbulan yang cukup banyak. Selain itu juga bukan merupakan sampah musiman sehingga akan selalu ada. Sampah sayur berasal dari sampah pasar. Sampah yang telah terkumpul dari pasar akan dilakukan pemilahan berdasarkan jenis sampah yang akan dipakai yaitu sampah dengan jumlah paling banyak. Sampah buah berasal dari TPS Gebang. Sampah kebun diambil dari PDU Jambangan. Sampah kebun yang digunakan sampah kebun yang telah dicacah.

- Pengukuran berat kering dan kebutuhan sampel

Berat kering sampah didapat dari pemanasan beberapa sampel sampah selama 24 jam dengan oven pada suhu 105^o (Diener, 2010). Pengukuran dilakukan menggunakan neraca analitik untuk mendapatkan hasil yang tepat. Berat kering digunakan untuk mengetahui besar kadar air dalam sampah. Kadar air yang didapat akan digunakan untuk menghitung berat basah sampah yang diperlukan untuk makan Larva BSF. Penentuan komposisi sampah juga memperhatikan

rentang rasio C/N antara 20-40 agar hasil akhir mencapai rentang 10-20.

Diketahui:

Banyaknya larva per reaktor 300 ekor

Jenis sampah per reaktor: sisa makanan: sampah sayur, sisa makanan: sampah buah, sisa makanan: sampah kebun.

Feeding rate yaitu 20 mg/larva/hari, 35 mg/larva/hari, 50 mg/larva/hari. Perbandingan rasio komposisi didasarkan pada rasio C/N bahan kompos campuran. Dimana rentang C/N pada pengomposan optimal pada 20-40. Sehingga C/N campuran diupayakan masuk dalam rentang 20-40. Dengan demikian C/N pada hasil dekomposisi dapat diperkirakan mencapai pada rentang 10-20. Sehingga akan mudah untuk diserap tanah.

Dilakukan dua kali pengulangan.

Komposisi sampah sisa makanan: sampah sayur

- *Feeding* 20 mg/larva/hari
 - Kebutuhan sisa makanan = $30\% \times 20 \text{ mg} = 6 \text{ mg}$
 - Berat kering = 6 mg
 - Kandungan N = $1,7\% \times 6 \text{ mg} = 0,102 \text{ mg}$
 - Kandungan C = $21\% \times 0,102 \text{ mg} = 2,142 \text{ mg}$
 - Kebutuhan sampah sayur = $70\% \times 20 \text{ mg} = 14 \text{ mg}$
 - Berat kering = 14 mg
 - Kandungan N = $1,9\% \times 14 \text{ mg} = 0,266 \text{ mg}$
 - Kandungan C = $27\% \times 0,266 \text{ mg} = 7,182 \text{ mg}$
 - C/N campuran = $\frac{(C \text{ sisa makanan} + C \text{ sampah sayur})}{(N \text{ sisa makanan} + N \text{ sampah sayur})} = \frac{(2,142 + 7,182)}{(0,102 + 0,266)} = 25,336$

Komposisi sampah sisa makanan: sampah buah

- *Feeding* 20 mg/larva/hari
 - Kebutuhan sisa makanan = $30\% \times 20 \text{ mg} = 6 \text{ mg}$
 - Berat kering = 6 mg
 - Kandungan N = $1,7\% \times 6 \text{ mg} = 0,102 \text{ mg}$
 - Kandungan C = $21\% \times 0,102 \text{ mg} = 2,142 \text{ mg}$
 - Kebutuhan sampah buah = $70\% \times 20 \text{ mg} = 14 \text{ mg}$
 - Berat kering = 14 mg
 - Kandungan N = $0,9\% \times 14 \text{ mg} = 0,126 \text{ mg}$
 - Kandungan C = $37,1\% \times 0,126 \text{ mg} = 4,67 \text{ mg}$
 - C/N campuran = $\frac{(C \text{ sisa makanan} + C \text{ sampah buah})}{(N \text{ sisa makanan} + N \text{ sampah buah})} = \frac{(2,142 + 4,67)}{(0,102 + 0,126)} = 29,9$

Komposisi sampah sisa makanan: sampah kebun

- *Feeding* 20 mg/larva/hari
 - Kebutuhan sisa makanan = $30\% \times 20 \text{ mg} = 6 \text{ mg}$
 - Berat kering = 6 mg
 - Kandungan N = $1,7\% \times 6 \text{ mg} = 0,102 \text{ mg}$
 - Kandungan C = $21\% \times 0,102 \text{ mg} = 2,142 \text{ mg}$
 - Kebutuhan sampah kebun = $70\% \times 20 \text{ mg} = 14 \text{ mg}$
 - Berat kering = 14 mg
 - Kandungan N = $0,79\% \times 14 \text{ mg} = 0,11 \text{ mg}$
 - Kandungan C = $53,32\% \times 0,11 \text{ mg} = 5,9 \text{ mg}$

$$\begin{aligned}
\text{C/N campuran} &= \frac{(C \text{ sisa makanan} + C \text{ sampah kebun})}{(N \text{ sisa makanan} + N \text{ sampah kebun})} \\
&= \frac{(2,142 + 5,9)}{(0,102 + 0,11)} \\
&= 37,81
\end{aligned}$$

Berikut adalah kebutuhan sampah untuk penelitian dalam berat kering untuk masing-masing jenis sampah yang digunakan. Perbandingan komposisi jenis sampah yang digunakan 30:70. Perbandingan ini berdasarkan pada hasil C/N masing-masing komposisi jenis sampah.

Kebutuhan makan larva	= 300 x 20 mg/larva/hari	
	= 6000 mg	= 6 g
Kebutuhan makan larva	= 300 x 35 mg/larva/hari	
	= 10.500 mg	= 10,5 g
Kebutuhan makan larva	= 300 x 50 mg/larva/hari	
	= 15000 mg	= 15 g

Kontrol

- Sampah sisa makanan: sampah sayur
Feeding 20 mg/hari
Sampah sisa makanan = 30% x 6 g = 1,8 g
Sampah sayur = 70% x 6 g = 4,2 g
- Sampah sisa makanan: sampah buah
Feeding 35 mg/hari
Sampah sisa makanan = 30% x 10,5 g = 3,15 g
Sampah buah = 70% x 10,5 g = 7,35 g
- Sampah sisa makanan: sampah kebun
Feeding 50 mg/hari
Sampah sisa makanan = 30% x 15 g = 4,5 g
Sampah kebun = 70% x 15 g = 10,5 g

1. Sampah sisa makanan: sampah sayur 30:70
 - Feeding* 20 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 6 g = 1,8 g
 - Sampah sayur = 70% x 6 g = 4,2 g
 - Feeding* 35 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 10,5 g = 3,15 g
 - Sampah sayur = 70% x 10,5 g = 7,35 g
 - Feeding* 50 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 15 g = 4,5 g
 - Sampah sayur = 70% x 15 g = 10,5 g
2. Sampah sisa makanan: sampah buah 30:70
 - Feeding* 20 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 6 g = 1,8 g
 - Sampah buah = 70% x 6 g = 4,2 g
 - Feeding* 35 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 10,5 g = 3,15 g
 - Sampah buah = 70% x 10,5 g = 7,35 g
 - Feeding* 50 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 15 g = 4,5 g
 - Sampah buah = 70% x 15 g = 10,5 g
3. Sampah sisa makanan: sampah kebun 30:70
 - Feeding* 20 mg/larva/hari
 - Sampah sisa makanan = 30% x 6 g = 1,8 g
 - Sampah kebun = 70% x 6 g = 4,2 g
 - Feeding* 35 mg/larva/hari

Sampah sisa makanan	= 30% x 10,5 g =
3,15 g	
Sampah kebun	= 70% x 10,5 g =
7,35 g	
<i>Feeding 50 mg/larva/hari</i>	
Sampah sisa makanan	= 30% x 15 g
	= 4,5 g
Sampah kebun	= 70% x 15 g
	= 10,5 g

Kebutuhan sampel sampah secara keseluruhan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

- Sampah sisa makanan = $((1,8 + 3,15 + 4,5) \times 3) = 28,35 \text{ g}$
 Dilakukan dua kali pengulangan selama 10 hari
 $= 28,35 \text{ g} \times 2 = 56,7 \text{ g}$
 $= 56,7 \text{ g} + (1,8 + 3,15 + 4,5) \text{ (kontrol)}$
 $\times 10$
 $= 661,5 \text{ g}$
- Sampah sayur
 $= (4,2 + 7,35 + 10,5) = 22,05 \text{ g}$
 Dilakukan dua kali pengulangan selama 10 hari
 $= 22,05 \text{ g} \times 2 = 44,1 \text{ g}$
 $= (44,1 \text{ g} + 4,2 \text{ g (kontrol)}) \times 10 = 483 \text{ g}$
- Sampah buah
 $= (4,2 + 7,35 + 10,5) = 22,05 \text{ g}$
 Dilakukan dua kali pengulangan selama 10 hari
 $= 22,05 \text{ g} \times 2 = 44,1 \text{ g}$
 $= (44,1 \text{ g} + 7,35 \text{ (kontrol)}) \times 10 = 514,5 \text{ g}$
- Sampah kebun
 $= (4,2 + 7,35 + 10,5) = 22,05 \text{ g}$
 Dilakukan dua kali pengulangan selama 10 hari
 $= 22,05 \text{ g} \times 2 = 44,1 \text{ g}$

$$= (44,1 \text{ g} + 10,5 \text{ (kontrol)}) \times 10 = 546 \text{ g}$$

Kebutuhan jumlah sampel dalam berat basah terdapat di Tabel A.4 (Lampiran 2).

- Pemanfaatan sampah sebagai makanan Larva BSF. Penelitian dilakukan terhadap tiga kombinasi jenis sampah yang berbeda. Sebagai kontrol hasil akan digunakan jenis sampah yang sama namun tanpa larva. Prosedur percobaan yang akan dilakukan kedua tahap ini adalah sama. Variasi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Matrik Variasi Bahan Uji Penelitian

Variasi jenis sampah	Variasi <i>feeding</i>			Pengulangan
	20 mg/larva/hari (20)	35 mg/larva/hari (35)	50 mg/larva/hari (50)	
Sisa Makanan + sayur (SM:SY)	SM:SY=20	SM:SY=35	SM:SY=50	2
Sisa Makanan + buah (SM:B)	SM:B=20	SM:B=35	SM:B=50	2
Sisa makanan + sampah kebun (SM:K)	SM:K=20	SM:K=35	SM:K=50	2

Keterangan :

SM:SY=20:perlakuan dengan sisa makanan + sampah sayur dengan *feeding* 20 mg/larva/hari

SM:SY=35:perlakuan dengan sisa makanan + sampah buah dengan *feeding* 20 mg/larva/hari

SM:SY=50:perlakuan dengan sisa makanan + sampah kebun dengan *feeding* 20 mg/larva/hari

SM:B=20:perlakuan dengan sisa makanan + sampah sayur dengan *feeding* 35 mg/larva/hari

SM:B=35: perlakuan dengan sisa makanan + sampah buah dengan *feeding* 35 mg/larva/hari

- SM:B=50:perlakuan dengan sisa makanan + sampah kebun dengan *feeding* 35 mg/larva/hari
- SM:K=20:perlakuan dengan sisa makanan + sampah sayur dengan *feeding* 50 mg/larva/hari
- SM:K=30: perlakuan dengan sisa makanan + sampah buah dengan *feeding* 50 mg/larva/hari
- SM:K=50:perlakuan dengan dengan sisa makanan + sampah kebun dengan *feeding* 50 mg/larva/hari

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa dalam penelitian ini dilakukan 9 perlakuan. Bahan uji kontrol pada penelitian ini berdasarkan pada penelitian pendahulu.

Pada penelitian ini dibutuhkan Larva BSF yang berusia 6 hari sebanyak 300 ekor per reaktor. Sehingga kebutuhan total Larva BSF untuk 18 reaktor adalah 5400 ekor larva. Pemberian makanan pada larva disesuaikan dengan variasi *feeding* yang ditetapkan yaitu 20 mg/larva/hari, 35 mg/larva/hari, dan 50 mg/larva/hari. Pemberian makanan pada larva dilakukan pada hari ke-1, ke-4 dan ke-7. Jumlah makanan yang diberikan saat *feeding* jumlahnya sama dengan *feeding* awal dikalikan tiga. Hasil perkalian diperoleh 60 mg/larva/3hari, 105 mg/larva/3hari, 150 mg/larva/3hari. Porsi makanan yang diberikan sesuai dengan berat kering masing-masing sampah.

Selain diberikan makan juga dilakukan kontrol rutin setiap harinya. Kontrol rutin yang dilakukan mencakup pengukuran suhu (Popa dan Green, 2012, Bullock *et al.*, 2013, Holmes *et al.*, 2012). Selain itu kontrol rutin juga bertujuan untuk mengetahui perubahan fisik pada sampah dan larva. Perubahan fisik larva yang diamati seperti adanya larva yang mati, keluar dari reaktor dan adanya larva yang telah menjadi prepupa. Setiap keadaan yang diamati dicatat setiap harinya sebagai data untuk dianalisa pada pembuatan laporan.

3.4.6 Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini terdapat beberapa bagian. Pertama hasil reduksi sampah. Kedua kualitas larva yang meliputi hasil penambahan berat larva, pengukuran berat kering larva dan kadar air larva. Ketiga kualitas akhir produk dekomposisi yang meliputi beberapa parameter. Parameter tersebut diantaranya kadar air, pH, kadar N organik, kadar C-organik, nilai rasio C/N, dan suhu.

- Tingkat reduksi sampah

Tingkat reduksi sampah ditentukan berdasarkan besarnya residu yang dihasilkan dari proses dekomposisi selama 12 hari. Sebelum residu ditimbang, terlebih dahulu dilakukan pemisahan antara larva dengan campuran. Persentase reduksi dihitung berdasarkan berat akhir dengan berat total sampel yang ada dalam reaktor. Tingkat reduksi sampah dapat diketahui berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus (2.1) dan (2.2) (Diener, 2010). Pengukuran dilakukan pada hari ke-1 dan 12.

- Pengukuran berat larva

Pengukuran berat larva dilakukan pada hari ke-1, ke-4, ke-7 dan ke-12. Pengukuran dilakukan terhadap 20 ekor larva yang hidup pada setiap reaktor, sebagai representative penambahan berat larva secara keseluruhan dalam satu reaktor (Diener, 2010). Pengukuran dilakukan dengan menimbang berat larva dengan neraca analitik agar didapatkan hasil yang presisi. Pada hari ke-4 dan ke-7 sampel larva diambil sebelum diberikan *feeding*.

- Pengukuran berat kering larva

Pengukuran berat larva dilakukan pada hari ke-1, ke-4, ke-7 dan ke-12. Pengukuran berat kering larva dapat menunjukkan penambahan berat larva secara akurat (Diener, 2010). Pengukuran kadar air larva dilakukan terhadap 20 ekor larva pada setiap reaktor. Sampel larva kemudian dioven selama 24 jam pada suhu 105°C. Kemudian didinginkan dengan desikator selama 15 menit.

Langkah selanjutnya ditimbang dengan neraca analitik dan didapat berat kering.

- Pengukuran kandungan protein larva

Pengukuran kandungan protein larva dilakukan pada akhir penelitian. Metode yang digunakan adalah penentuan kadar protein dengan metode total nitrogen pada produk perikanan (SNI 01-2354.4-2006) metode total nitrogen ini hampir sama dengan metode Kjeldahl. Metodenya dengan analisis kuantitatif berdasarkan reaksi penetralan asam basa. Prosedur selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

- Kadar air

Pengukuran kadar air dilakukan setiap akan dilakukan *feeding*. Hal ini bertujuan untuk memastikan sampah tidak dalam keadaan kering. Pengukuran kadar air dilakukan dengan mengambil sampel sampah sebanyak ± 10 g sampel dari reaktor yang kemudian dipanaskan menggunakan oven selama 24 jam (AOAC, 1990). Prosedur percobaan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

- Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan pada setiap akan *feeding*. Pengukuran pH dilakukan sebagai salah satu kontrol kondisi lingkungan. Pengukuran pH diakhir dilakukan pada residu hasil dekomposisi masing-masing jenis sampah oleh Larva BSF. Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh Larva BSF terhadap perubahan pH yang mungkin terjadi pada sampah. Pengukuran pH mengacu pada AOAC (1990), yaitu dengan menggunakan pH meter. Prosedur percobaan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

- Total N organik

Kandungan total N organik dalam kompos diukur menggunakan metode Kjeldahl. Pengukuran total N dilakukan pada hari ke-1, dan 12. Analisa awal dilakukan pada campuran sampah yang digunakan pada penelitian.

Akhir penelitian digunakan sampel residu dari hasil dekomposisi. Prosedur percobaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

- Total C organik

Kandungan C organik dianalisis menggunakan metode gravimetri. Analisa total C dilakukan pada hari ke-1, dan 12. Pada awal penelitian digunakan sampel campuran sampah yang digunakan sebagai makanan larva. Diakhir penelitian sampel berupa residu hasil dekomposisi larva. Prosedur percobaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

- Nilai rasio C/N

Nilai rasio C/N diperoleh dengan membandingkan antara total C organik dengan total N organik pada sampel sampah yang digunakan dan residu hasil dekomposisi. Pengukuran nilai rasio C/N dilakukan pada hari ke-1, dan 12. Pada awal penelitian rasio C/N paling baik untuk pengomposan berkisar antara 20-40. Nilai rasio C/N diakhir penelitian efektif pada kisaran 10-20 berdasarkan SNI 19-7030-2004.

- Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan metode termometrik. Pada penelitian ini pengukuran suhu dilakukan setiap hari. Hal ini bertujuan agar data yang diperoleh lebih akurat dan dapat mengetahui fluktuasi suhu pada setiap harinya. Pengukuran suhu menggunakan thermometer. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan thermometer ke dalam reaktor hingga kedalam setengah dari tinggi masing-masing tumpukan material.

Berdasarkan uraian di atas metode yang sesuai untuk pengukuran data terdapat pada Tabel 3.2. Prosedur analisa selengkapnya terdapat pada Lampiran 1.

Tabel 3. 2 Metode Pengumpulan Data

No	Parameter	Metode	Sumber
1	Tingkat reduksi sampah	Perhitungan WRI	Diener, 2010
2	Penambahan berat larva	Penimbangan	Diener, 2010
3	Berat kering larva	Perhitungan berat kering	Diener, 2010
4	Kandungan protein larva	Total nitrogen	SNI 01-2354.4-2006
5	Kadar air sampah	AOAC	AOAC, 1990
6	pH sampah	AOAC	AOAC, 1990
7	Total N organik	Semi mikro Kjedahl	Thom dan Utomo, 1991
8	Total C organik	Gravimetri	AOAC, 1990
9	Rasio C/N	Perbandingan	-
10	Suhu sampah	Termometrik	Yuwono, 2006

3.4.7 Analisa Data

Analisa data dilakukan terhadap hasil dari dekomposisi larva berdasarkan pada tingkat reduksi pada masing-masing variasi sampah. Penentuan pengaruh tingkat pertumbuhan larva berdasarkan jenis makanan dan rasio komposisi dilakukan berdasarkan berat akhir larva setelah waktu penelitian selesai. Pengukuran tingkat reduksi sampah oleh Larva BSF dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1). Kemudian dianalisis dan dibahas mengenai pengaruh variasi komposisi sampah dan variasi rasio komposisi terhadap tingkat reduksi pada sampah. Data hasil analisa akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisa hasil penelitian dilakukan dengan metode statistik sederhana. Metode statistik dilakukan dengan menyajikan data dalam bentuk tabel kemudian diubah menjadi grafik. Digunakan uji statistik ANOVA *One Way* untuk menguji data yang diperoleh. Data yang telah didapat akan dibahas dalam pembahasan.

3.4.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan tahap akhir dalam penelitian ini. Pada tahap ini, dapat diambil kesimpulan hasil analisis data dan pembahasan dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ditulis sesuai hasil penelitian dan menjawab tujuan. Saran merupakan rekomendasi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Tujuan dari saran ini adalah memperbaiki dan mengembangkan mengenai pemanfaatan BSF untuk mereduksi sampah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Persiapan Sampel Sampah

Sampel sampah yang digunakan dalam penelitian ini ada empat jenis sampah. Terdiri dari sampah sisa makanan, sayur, buah, dan kebun. Penelitian ini menggunakan tiga macam sampel campuran sampah. Campuran terdiri dari sisa makanan dan sayur, sisa makanan dan buah, serta sisa makanan dan kebun. Kontrol digunakan jenis campuran sampah yang sama. Sampah sisa makanan dan kebun diperoleh dari PDU Jambangan, sampah buah dari TPS Gebang, serta sampah sayur dari pasar Keputran. Sampah sisa makanan, sayur, dan buah terlebih dahulu dihaluskan dengan blender. Jenis sampah sayur yang digunakan adalah bayam, sawi, bunga kol, kangkung dan selada. Sampah buah yang digunakan pepaya, semangka, dan melon. Sampah buah tidak dilakukan pemisahan dengan kulitnya. Sampah kebun yang telah dicacah dari PDU Jambangan dilakukan pemisahan antara ranting dan daun-daunnya. Daun hasil pemisahan dicacah untuk membuat ukurannya menjadi lebih kecil dan halus. Sebelum dicampur dengan sampah sisa makanan sampah kebun diberikan sedikit tambahan air, hal ini bertujuan untuk meningkatkan kadar air dari sampah sebagai bahan kompos. Gambar jenis sampah yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Penghalusan dan pencacahan sampel dilakukan karena Larva BSF akan lebih mudah mengkonsumsi makanan yang memiliki ukuran yang lebih kecil. Sampel sampah diambil dan disiapkan setiap hari sebelum dilakukan *feeding*. Sampel yang telah dihaluskan dicampur berdasarkan rasio dan banyaknya *feeding* yang diperlukan. Gambar persiapan sampel dapat dilihat pada Gambar A.3 dan A.4 (Lampiran 3).



a



b



c



d

Gambar 4.1 Sampah yang Digunakan (a) Sampah Sisa Makanan; (b) Sampah Sayur; (c) Sampah Kebun; (d) Sampah Buah

4.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal sampel yang digunakan. Data berupa kadar air, pH awal, kandungan organik C dan N dari setiap jenis sampah yang digunakan.

4.2.1 Pengukuran pH Awal Sampel Sampah

Pengukuran pH awal sampel sampah perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap kemampuan larva dalam mendekomposisi bahan organik. Data pH akan dibandingkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap reduksi sampah. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter

(Lampiran 1). Hasil pengukuran pH sampah dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 pH Sampel Sampah

No	Sampel	pH
1.	Sampah sisa makanan	3,84
2.	Sampah sayur	4,80
3.	Sampah buah	4,35
4.	Sampah kebun	7,5

Pada Tabel 4.1 sampah sisa makanan memiliki pH yang rendah yaitu 3,84. Sampah sayur 4,80 yang tidak jauh berbeda dengan sampah buah yaitu 4,35, sampah kebun memiliki pH 7,5. Menurut Caruso *et al.* (2013), pH optimum untuk Larva BSF hidup adalah pada rentang pH 5-8. Sehingga perlu dilakukan pencampuran jenis sampah untuk membuat pH berada rentang yang diperlukan oleh lingkungan. Karena pada kondisi pH yang kurang dari 7 masih memungkinkan untuk bakteri dan jamur tumbuh sehingga proses dekomposisi masih bisa terjadi (Tchobanoglous dan Keith, 2002).

4.2.2 Pengukuran Kadar Air Sampel Sampah

Pengukuran kadar air dilakukan pada masing-masing jenis sampah yang akan digunakan dalam penelitian. Pengukuran dilakukan dengan dioven selama 24 jam pada suhu 105°C (Lampiran 1). Kadar air diperoleh dengan melakukan pengukuran terhadap berat kering sampah. Kadar air perlu diketahui untuk menghitung kebutuhan berat basah sampah yang akan digunakan. Pemberian makanan larva berdasarkan berat basah sampah tiap jenisnya. Data pengukuran kadar air awal sampah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kadar Air Awal Sampah

No	Sampah	Kadar Air (%)
1.	Sisa makanan	74,88
2.	Sayur	92,92
3.	Buah	90,93
4.	Kebun	38,08

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa kadar air paling rendah pada sampah kebun 38,08%. Kadar air paling tinggi pada sampah sayur 92,92%. Sehingga perlu dilakukan pencampuran jenis sampah untuk membuat kadar air sesuai dengan kebutuhan larva. Kadar air optimum makanan untuk larva adalah pada rentang 60-90% (Alvarez, 2012). Berat basah sampah dapat diketahui berdasarkan data kadar air dan berat kering sampah. Semakin banyak kadar air sampah maka sampah yang dibutuhkan semakin banyak. Perhitungan berat basah untuk masing-masing jenis sampah yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel A.1 (Lampiran 2). Jenis sampah yang digunakan memiliki variasi yang sama untuk setiap kali *feeding*. Kebutuhan sampah disiapkan untuk setiap kali *feeding* yaitu selama 3 hari. Banyaknya porsi sampah yang diperlukan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel A.4 (Lampiran 2).

4.2.3 Pengukuran Rasio C/N Awal Sampah.

Pengukuran kadar C dan N di awal perlu diketahui untuk nanti dibandingkan dengan C dan N diakhir penelitian. Hasil analisa C-organik, TKN dan rasio C/N dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Analisa C-organik, TKN dan Rasio C/N

No	Sampah	C-organik (%)	TKN (%)	C/N
1	Sisa makanan	21,13	0,92	22,96
2	Sayur	33,18	1,46	22,78
3	Buah	36,68	0,97	37,98
4	Kebun	36,54	1,08	33,99

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa sampah buah memiliki nilai rasio C/N paling tinggi. Rasio C/N sampah buah adalah 37,98. Dimana rasio C/N paling rendah pada sampah sayur yaitu 22,78. Rasio C/N untuk campuran jenis sampah diketahui dengan cara melakukan perhitungan rasio C/N untuk masing-masing campuran. Berikut adalah contoh perhitungan rasio C/N campuran sampah yang digunakan.

$$\text{Kebutuhan sisa makanan} = 30\% \times 20 \text{ mg} = 6 \text{ mg}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Berat kering} &&= 6 \text{ mg} \\
&\text{Kandungan N} &&= 0.92 \% \times 6 \text{ mg} \\
&&&= 0,055 \text{ mg} \\
&\text{Kandungan C} &&= 21,13 \% \times 0,055 \text{ mg} \\
&&&= 1,16 \text{ mg} \\
&\text{Kebutuhan sampah sayur} &&= 70\% \times 20 \text{ mg} = 14 \text{ mg} \\
&\text{Berat kering} &&= 14 \text{ mg} \\
&\text{Kandungan N} &&= 1,46 \% \times 14 \text{ mg} \\
&&&= 0,204 \text{ mg} \\
&\text{Kandungan C} &&= 33,18 \% \times 0,204 \text{ mg} \\
&&&= 6,77 \text{ mg} \\
&\text{C/N campuran} &&= \frac{(C \text{ sisa makanan} + C \text{ sampah sayur})}{(N \text{ sisa makanan} + N \text{ sampah sayur})} \\
&&&= \frac{(1,16 + 6,77)}{(0,055 + 0,204)} \\
&&&= 30,62
\end{aligned}$$

Data rasio C/N awal untuk campuran komposisi sampah dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rasio C/N Campuran Sampah

No	Campuran Jenis sampah	C/N
1	Sampah sisa makanan dan sayuran	30,62
2	Sampah sisa makanan dan kebun	32,42
3	Sampah sisa makanan dan buah	32,18

Bedasarkan pada Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa rasio C/N untuk masing-masing campuran sampah masih berada pada rentang 20-40. Dimana rasio C/N tertinggi pada campuran sisa makanan dan kebun yaitu 32,42. Variasi *feeding* tidak memberikan pengaruh terhadap rasio C/N. komposisi campuran untuk semua sampel terdiri dari 30% sampah sisa makanan dan 70% sampah campuran yang terdiri dari sampah sayur, buah atau kebun. Sehingga untuk semua *feeding* memiliki rasio yang sama. Berdasarkan perhitungan semua jenis sampah memiliki rasio C/N yang memenuhi persyaratan. Menurut Rynk *et al.*, (1992), rasio C/N pada bahan utama

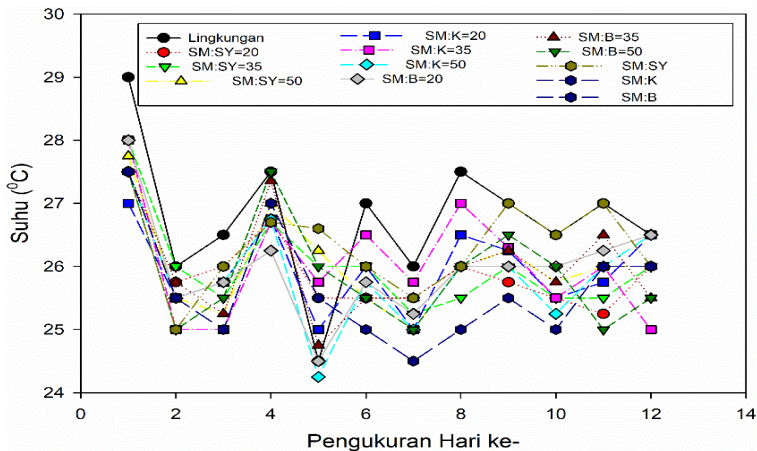
proses komposting adalah pada rentang 20-40. Sehingga hasil akhirnya dapat memenuhi rasio C/N pada rentang 10-20.

4.3 Hasil Analisa Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 12 hari di Departemen Teknik Lingkungan ITS. Reaktor berupa kontainer plastik yang diletakkan di *workshop* secara tersusun dengan rak kayu. Selama penelitian dilakukan *feeding* setiap 3 hari sekali dan analisis terhadap beberapa parameter. Parameter tersebut diantaranya pH, kadar air sampah, suhu, rasio C/N, berat larva dan kadar air larva.

4.3.1 Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari sebagai parameter kontrol. Pengukuran dilakukan pada sampah yang terdapat di dalam reaktor. Selain suhu pada sampah juga dilakukan pengukuran suhu lingkungan sebagai perbandingan. Pengukuran suhu menggunakan *thermometer*. Grafik pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Suhu

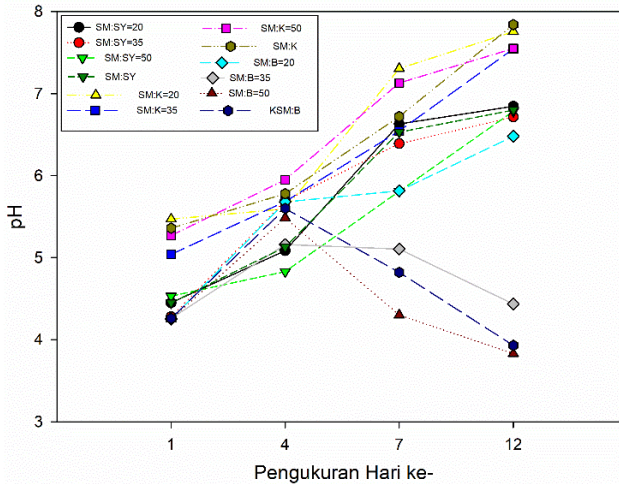
Berdasarkan Gambar 4.2 suhu dalam reaktor paling tinggi terjadi pada campuran antara sampah sisa makanan dan sampah kebun. Komposisi ini suhu mencapai 28,25°C pada *feeding* 50 mg/larva/hari. Suhu terendah terdapat pada reaktor dengan campuran sampah sisa makanan dan kebun yaitu 24,25°C. Suhu pada seluruh reaktor tidak melebihi batas maksimum suhu untuk hidup Larva BSF. Kondisi lingkungan yang baik akan menyebabkan larva tumbuh dengan baik. Secara keseluruhan suhu pada reaktor tidak jauh berbeda dengan suhu lingkungan. Menurut Alvarez (2012), Larva BSF dapat bertahan hidup pada suhu maksimum 45°C. Data pengukuran suhu dapat dilihat pada Tabel A.2 (Lampiran 2).

4.3.2 Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh Larva BSF terhadap perubahan pH yang mungkin terjadi. Gambar pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar A.6 (Lampiran 3). Berdasarkan pengukuran pH, pada awal percobaan masih dalam rentang <7. Seiring bertambahnya hari terjadi peningkatan nilai pH pada hampir semua reaktor. Data pengukuran pH dapat dilihat pada Tabel A.3 (Lampiran 2). Grafik pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Berdasarkan pada Gambar 4.3 bahwa pH tertinggi pada kontrol campuran sampah sisa makanan dan kebun. Pada campuran ini memiliki pH sebesar 7,84. Nilai pH terendah yaitu 4,25 pada campuran sampah sisa makanan dan buah. Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH sebagian besar mengalami kenaikan hanya pada sampel kontrol buah, campuran sisa makanan dan buah pada *feeding* 35 dan 50 mg/larva/hari yang mengalami penurunan. Penurunan nilai pH pada saat proses degradasi material organik terjadi karena adanya aktifitas mikroorganisme yang menghasilkan asam organik dan reduksi dari ion amonium (Meuchang, 2005). Menurut Baharuddin *et al.* (2009), penurunan pH pada akhir proses pengomposan terjadi karena adanya oksidasi enzimatik senyawa anorganik hasil proses dekomposisi. Kenaikan pH selama proses pengomposan dapat terjadi karena adanya

produksi ammonia dari bahan organik yang mengandung nitrogen.



Gambar 4.3 Pengukuran pH

Kenaikan nilai pH dapat diakibatkan karena kenaikan nilai NH_3 dalam reaktor. Berdasarkan hasil pengukuran hampir semua reaktor mengalami kenaikan nilai pH, kecuali SM:B=35, SM:B=50 dan SM:B yang mengalami penurunan nilai pH. Haji *et al.* (2006), menjelaskan bahwa nilai pH merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi aktivitas mikroorganismenya dalam merombak bahan-bahan organik selama proses pengomposan.

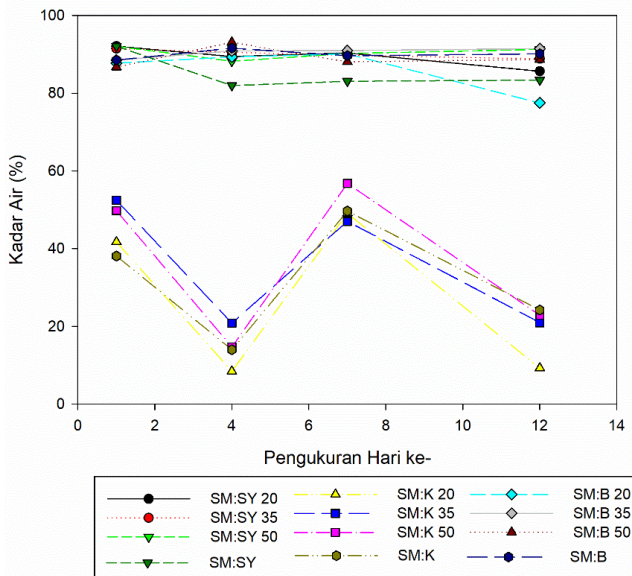
Yang *et al.* (2015), mengungkapkan bahwa nilai pH relatif rendah pada awal pengomposan diduga disebabkan oleh adanya asam organik yang dihasilkan oleh reaksi mikroorganismenya yang tersimpan dalam bahan organik sebelum pengomposan. Sampah sisa makanan dan buah dengan pH terendah pada hari pertama dengan *feeding* 20 dan 50 mg/larva/hari. Larva dapat melakukan proses dekomposisi dengan optimum pada rentang pH 5,00-8,00 (Alvarez, 2012).

Berdasarkan hasil pengukuran terdapat beberapa reaktor yang memiliki nilai pH dibawah 5,00 namun masih memungkinkan untuk terjadi degradasi. Larva dapat hidup pada pH paling asam 2,00 dan paling basa 9,00 (Sipayung, 2015). Larva BSF juga mampu mengubah pH dari 2,7 sampai 12,7 menjadi 7,8-8,9 (Allatar, 2012). Cara untuk mencegah pH terlalu rendah dapat ditambahkan mikroorganismenya atau kapur (Begersen *et al.*, 2009).

4.3.3 Kadar Air Sampah

Kadar air sampah diketahui dengan mengukur berat kering sampah. Kadar air diukur untuk mengetahui berat basah sampel sampah. Pengukuran kadar air dilakukan pada makanan larva yang berada di dalam reaktor. Pengukuran kadar air dilakukan setiap akan *feeding* dan pada residu hasil degradasi. Hasil pengukuran kadar air dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sampah sisa makanan dan sayur dengan *feeding* 50 mg/larva/hari memiliki kadar air yang paling tinggi. Sedangkan kadar air paling rendah terdapat pada komposisi sampah sisa makanan dan kebun dengan *feeding* 20 mg/larva/hari. Kadar air tertinggi diperoleh dihari keempat pada sampah sisa makanan dan sampah sayur dengan *feeding* 50 mg/larva/hari. Tingginya kadar air pada campuran sampah sisa makanan dan sayur serta sisa makanan dan buah dikarenakan bahan yang dikomposkan sebagian besar berupa sayuran dan buah yang memiliki kadar air tinggi dan dilakukan pencacahan. Kadar air terendah pada sampah sisa makanan dan sampah kebun dihari keempat. Rendahnya kadar air pada campuran sampah sisa makanan dan kebun disebabkan karena kadar air pada awal proses dan kurangnya penambahan air yang dilakukan.



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Kadar Air Sampah

Dimana efisiensi degradasi akan menurun karena kurangnya air untuk melarutkan bahan organik yang akan didegradasi oleh mikroorganisme sebagai sumber energi (Pandebesie, 2012). Selain itu juga disebabkan karena suhu udara yang panas dan reaktor yang tidak ditutup dengan kain. Selain itu juga dapat disebabkan karena pengambilan sampel sampah. Kadar air meningkat sesuai dengan jumlah sampah yang ditambahkan.

Kadar air pada reaktor mengalami peningkatan dan penurunan. Hal ini disebabkan karena kadar air pada sampah. Seperti yang telah dibahas pada sub bab 4.1, dimana pada hari pertama suhu rata-rata adalah $27,8^{\circ}\text{C}$, hari ke-4 bersuhu $26,9^{\circ}\text{C}$, hari ke-7 bersuhu $25,3^{\circ}\text{C}$ dan hari ke-12 bersuhu $25,9^{\circ}\text{C}$. Hal ini tidaklah sesuai dengan hasil pengukuran kadar air pada reaktor. Dimana pada campuran sampah sisa

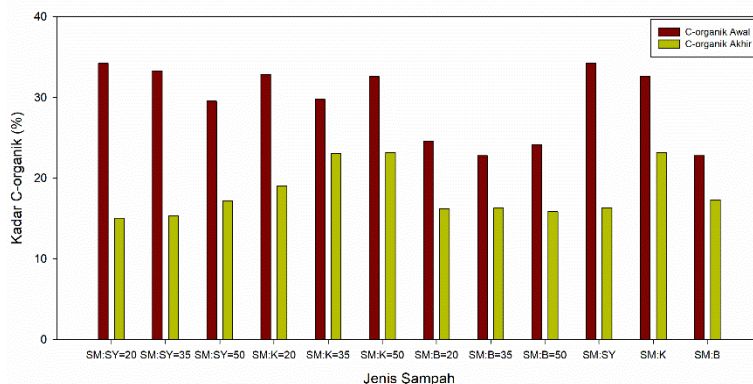
makanan dan kebun hari pertama kadar air dalam reaktor lebih tinggi dari hari ke-2. Sedangkan untuk campuran sisa makanan dan sayuran serta sisa makanan dan buah suhu udara tidaklah memberikan pengaruh yang besar pada kadar air. Pada hari ke-3 dimana seharusnya kadar air lebih rendah dari hari ke-1 dan 2 ternyata lebih tinggi. Bila berdasarkan pengukuran suhu semakin tinggi suhu udara seharusnya kadar airnya semakin rendah. Namun pada percobaan ini ternyata suhu lingkungan tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap kadar air yang terdapat pada reaktor. Selain itu faktor lingkungan lain juga mempengaruhi. Seperti terjadinya hujan atau cuaca yang panas pada sebelum atau saat pengambilan sampel. Pada komposisi sampah sisa makanan dan kebun diberikan tambahan air setiap hari karena memiliki kadar air yang rendah. Menurut Zheng *et al.* (2011), komposisi optimum makanan larva dengan kadar air pada rentang 60-90%.

Tingginya kadar air dalam reaktor menyebabkan larva mati pada awal proses. Air yang berlebih menyebabkan larva yang masih kecil menjadi tenggelam dan mati. Selain itu kadar air yang tinggi membuat larva keluar dari reaktor dan mencari tempat yang lebih kering. Berdasarkan hasil pengukuran kadar air pada residu campuran sisa makanan dan sayur serta sisa makanan dan buah hasil dari proses degradasi masih memiliki kadar air yang tinggi. Residu campuran sisa makanan dan kebun memiliki kadar air yang relative kecil. Hasil pengukuran kadar air selengkapnya terdapat pada Tabel A.12 (Lampiran 2)

4.3.4 Rasio C/N

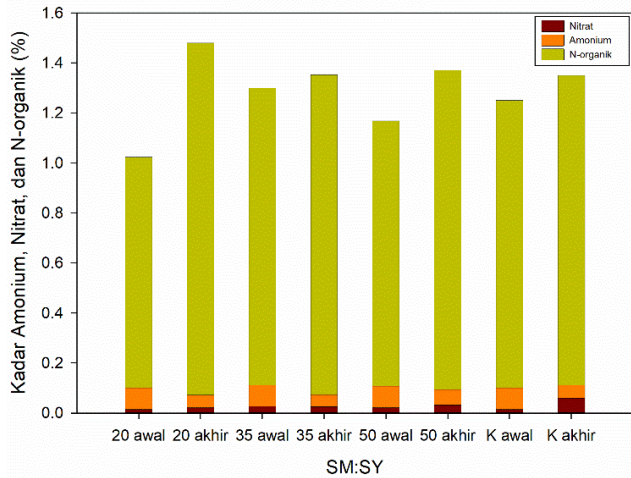
Pengukuran rasio C/N dilakukan untuk dibandingkan antara rasio C/N awal dan akhir. Perhitungan rasio C/N awal terdapat pada Tabel A.7 (Lampiran 2). Pengukuran C/N di akhir dilakukan pada residu sampah yang masih tersisa di reaktor. Selain itu pengukuran rasio C/N juga dilakukan pada saat *feeding* guna mengetahui perubahan yang terjadi. Rasio C/N terdiri dari C-organik dan N-organik. C-organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme. N-organik merupakan

unsur untuk pembentuk sel bakteri. Grafik perhitungan nilai C-organik pada awal dan akhir pada sampah terdapat pada Gambar 4.5. Grafik perhitungan nilai N-organik dalam sampah terdapat pada Gambar 4.6-4.8.

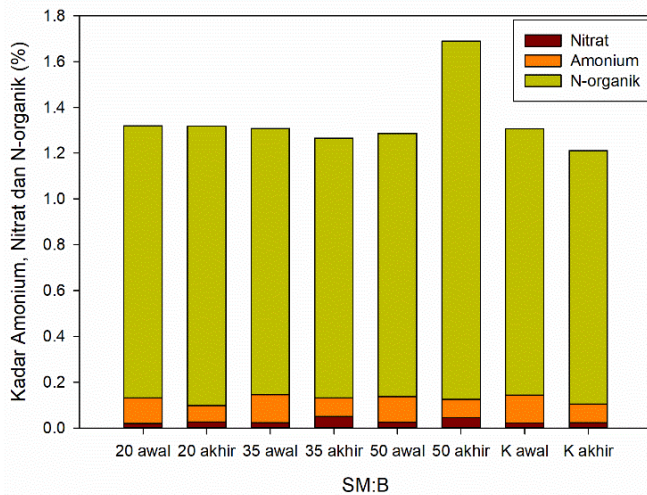


Gambar 4.5 Persentase Kandungan C-organik pada Awal dan Akhir Sampel Sampah

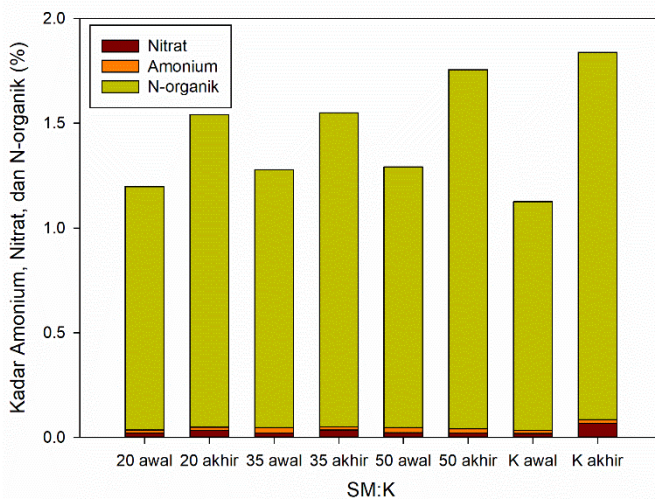
Berdasarkan Gambar 4.4 hasil pengukuran kadar C-organik pada sampel sampah mengalami penurunan pada awal dan akhir. Hal ini dikarenakan C-organik dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan pertumbuhan. Penurunan C-organik paling besar terjadi pada campuran sampah sisa makanan dan sayur pada *feeding* 20 mg/larva/hari sebesar 19,18%. Penurunan kadar C-organik paling kecil terjadi pada kontrol campuran sisa makanan dan buah yaitu sebesar 5,46%. Data pengukuran C-organik dapat dilihat pada Tabel A.8 (Lampiran 2)



Gambar 4.6 Persentase Kandungan N-organik pada Sampel Sisa Makanan dan Sayur



Gambar 4.7 Persentase Kandungan N-organik pada Sampel Sisa Makanan dan Kebun



Gambar 4.8 Persentase Kandungan N-organik pada Sampel Sisa Makanan dan Buah

Kandungan nitrat, amonia dan N-organik mengalami kenaikan dan penurunan. Pada sampel campuran sampah sisa makanan dan sayur kandungan amonia mengalami penurunan. Penurunan kandungan amonia juga terjadi pada sampel sampah sisa makanan dan kebun. Pengukuran kandungan amonia dapat dilihat pada Tabel A.7 (Lampiran 2). Sedangkan kandungan nitrat dan N-organik mengalami kenaikan untuk semua jenis *feeding*. Perubahan terjadi antara kandungan pada awal proses dengan akhir proses. Hasil pengukuran kadar nitrat dapat dilihat pada Tabel A.6 (Lampiran 2). Gambar pengukuran kadar nitrat pada sampel sampah dapat dilihat pada Gambar A. 10 (Lampiran 3).

Nitrogen dalam pengomposan dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Semakin banyak kandungan senyawa nitrogen, semakin cepat bahan terurai karena jasad-jasad renik memerlukan senyawa N untuk perkembangannya

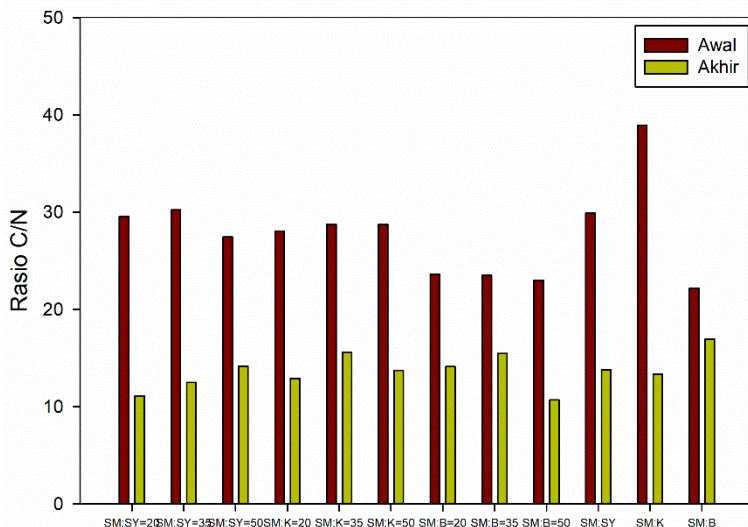
namun konsentrasi yang baik berkisar 200-1500 mg/L dan apabila melebihi 3000 mg/L akan bersifat *toxic* (Tisdale *et al.*, 1990). Hasil perhitungan rasio C/N dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan perbandingan rasio C/N pada Gambar 4.9.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Rasio C/N Sampah

No	Jenis Sampah	C/N Awal	C (%)	N (%)	C/N Organik
1	SM:SY=20	29,5 6	15,04 ±0,55	1,36	11,09±0,4 5
2	SM:SY=35	30,2 2	15,36±0,54	1,23±0,0 5	12,47±0,3 8
3	SM:SY=50	27,4 5	17,19±1,18	1,21±0,0 2	14,16±1,1 2
4	SM:K=20	28,0 4	19,01±1,34	1,48±0,0 1	12,88±0,7
5	SM:K=35	28,7 4	23,07±1,09	1,48	15,56±2,0 4
6	SM:K=50	28,7 2	23,18±0,84	1,69	13,71±3,0 3
7	SM:B=20	23,6 4	16,19±0,48	1,15	14,09±0,4 5
8	SM:B=35	23,4 9	16,28±1,17	1,05±0,0 2	15,47±0,3 6
9	SM:B=50	22,9 9	15,83±1,95	1,48	10,67±0,0 6
10	SM:SY	29,9 0	16,31	1,19	13,76
11	SM:K	38,9 5	23,18	1,74	13,34
12	SM:B	22,1 6	17,32	1,02	16,92

Berdasarkan data Tabel 4.5 rasio C/N untuk semua sampel memiliki nilai di bawah 40. Dimana rasio C/N yang baik untuk bahan kompos adalah rentang 20-40. Rasio C/N yang terlalu tinggi akan memperlambat proses pembusukan, sebaliknya jika terlalu rendah walaupun awalnya proses

pembusukan berjalan dengan cepat, tetapi akhirnya melambat karena kekurangan C sebagai sumber energi bagi mikroorganisme (Pandebesie, 2012). Menurut Isoni (2008), bila rasio C/N terlalu tinggi mikroba akan kekurangan nitrogen untuk sintesis protein sehingga dekomposisi akan berlangsung lama.



Gambar 4.9 Perbandingan Rasio C/N Awal dan Akhir

Berdasarkan Gambar 4.8 terdapat penurunan rasio C/N dari awal proses dengan akhir proses. Rasio C/N merupakan parameter penting yang menunjukkan tingkat kematangan kompos dan menunjukkan proses pengomposan berjalan dengan baik (Kuryntseva *et al.*, 2016). Penurunan rasio C/N diakibatkan oleh adanya aktifitas Larva BSF dan mikroorganisme yang berada dalam sampel sampah (Diener *et al.*, 2011). Meningkatnya kadar N organik pada sampel sampah dapat mengakibatkan penurunan pada rasio C/N. Kadar N organik meningkat karena dimanfaatkan oleh larva sebagai zat

pembangun sel dan metabolisme untuk memenuhi kebutuhan protein. Menurut Tan (1991), meningkatnya kandungan N organik pada sampel sampah menunjukkan adanya kandungan protein pada sampel.

4.3.5 Perbandingan Hasil Analisis Residu BSF dengan Standar Kompos SNI: 19-7030-2004

Setelah dilakukan analisis pada residu BSF untuk semua parameter kemudian dilakukan perbandingan dengan standar kompos SNI. Hal ini dilakukan perbandingan hasil akhir proses dekomposisi dengan standar kompos. Untuk melihat kesesuaian hasil dekomposisi sampah oleh Larva BSF apakah dapat digolongkan sebagai kompos berdasarkan standar kompos pada SNI: 19-7030-2004. Sehingga akan terlihat apakah hasil dari proses dekomposisi Larva BSF dapat digolongkan sebagai kompos atau masih memerlukan proses tambahan untuk menjadi kompos. Perbandingan nilai analisis residu BSF dengan SNI: 19-7030-2004 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Analisis Residu BSF dengan Standar Kompos SNI: 19-7030-2004

No	Parameter	SNI	Hasil Analisa			
			SM:SY =20	SM:SY =35	SM:SY =50	SM:S Y
	Sisa makanan:sayuran					
1.	Suhu	Suhu air tanah	26 ^o C	26 ^o C	26 ^o C	25,5 ^o C
2.	pH	6,8-7,49	6,8	6,7	6,8	6,8
3.	Kadar air	Maks 50%	85,6%	88,9%	91,3%	83,4%
4.	Kadar C	9,8-32%	15%	15,4%	17,2%	16,3%
5.	Kadar N	Min 0,4%	1,4%	1,2%	1,2%	1,2%
6.	Rasio C/N	10-20	11,1	12,5	14,2	13,8
	Sisa makanan:kebun		SM:K= 20	SM:K= 35	SM:K= 50	SM:K

No	Parameter	SNI	Hasil Analisa			
1.	Suhu	Suhu air tanah	26,5°C	25°C	25°C	26°C
2.	pH	6,8-7,49	7,8	7,5	7,5	7,8
3.	Kadar air	Maks 50%	9,2%	20,9%	22,8%	24,2%
4.	Kadar C	9,8-32%	19%	23%	23,2%	23,2%
5.	Kadar N	Min 0,4%	1,5%	1,5%	1,7%	1,7%
6.	Rasio C/N	10-20	12,9	15,6	13,7	13,3
Sisa makanan:buah			SM:B=20	SM:B=35	SM:B=50	SM:B
1.	Suhu	Suhu air tanah	26,5°C	26,5°C	25,5°C	26°C
2.	pH	6,8-7,49	6,5	4,4	3,8	3,9
3.	Kadar air	Maks 50%	77,5%	91,5%	88,7%	90,1%
4.	Kadar C	9,8-32%	16,2%	16,3%	15,8%	17,3%
5.	Kadar N	Min 0,4%	1,1%	1%	1,5%	1%
6.	Rasio C/N	10-20	14,09	15,47	10,67	16,92

Berdasarkan pada Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa hasil analisa untuk residu BSF pada parameter pH hanya campuran sampah sisa makanan dan sayuran pada kontrol dan *feeding* 20, 50 mg/larva/hari yang sesuai dengan standar kompos SNI: 19-7030-2004. Dimana untuk residu BSF campuran sisa makanan dan kebun memiliki pH di atas nilai maksimum dari standar kompos SNI: 19-7030-2004 yaitu 7,49. Sampah sisa makanan dan buah serta sisa makanan dan sayuran pada *feeding* 35 mg/larva/hari memiliki nilai pH dibawah batas minimum standar kompos pada SNI: 19-7030-2004 yaitu 6,8. Kadar air residu BSF yang sesuai dengan standar kompos

pada SNI: 19-7030-2004 yaitu maksimum 50% yaitu campuran sampah sisa makanan dan kebun. Sampah campuran sisa makanan dan sayur dan sisa makanan dan buah memiliki kadar air yang masih sangat tinggi. Tingginya kadar air pada residu dua campuran sampah ini dikarenakan tingginya kadar air pada awal proses dan banyaknya sampah yang diberikan. Parameter kadar C, N dan C/N pada residu BSF masing-masing campuran memiliki hasil yang sesuai dengan standar SNI: 19-7030-2004.

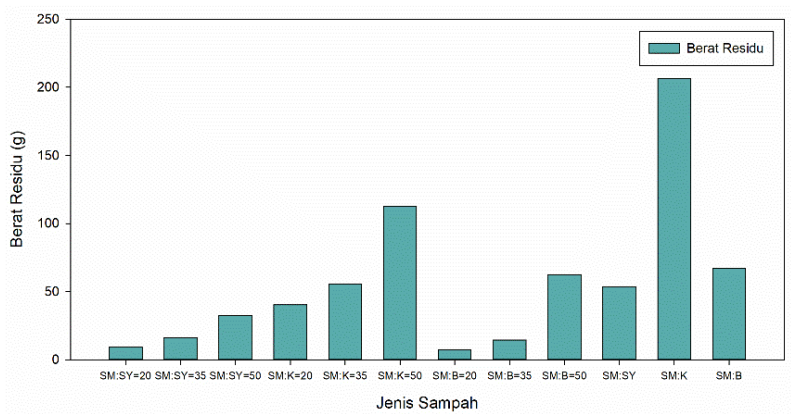
Berdasarkan hasil analisis parameter residu BSF dengan SNI:19-7030-2004 hasil dekomposisi ini belum dapat dikategorikan sebagai kompos. Hal ini dikarenakan pada campuran sisa makanan dan sayur serta sisa makanan dan buah masih memiliki kadar air yang cukup tinggi. Tingginya kadar air ini menyebabkan hasil dekomposisi masih berupa bubur tidak seperti kompos yang seharusnya seperti tanah. Sedangkan untuk campuran sisa makanan dan kebun masih terdapat beberapa sampah yang berukuran besar dan berupa sampah kebun. Selain masalah kadar air, pH untuk campuran sisa makanan dan buah serta sisa makanan dan kebun juga belum sesuai standar kompos SNI: 19-7030-2004. Sehingga perlu dilakukan pemrosesan lagi untuk menjadikannya kompos.

4.3.6 Persentase Reduksi

Penentuan persen reduksi berdasarkan pada berat akhir hasil dekomposisi (Diener, 2010). Berat akhir dapat diperoleh dengan menimbang residu hasil dekomposisi. Gambar residu hasil dekomposisi dapat dilihat pada Gambar A. 7 dan A. 8 (Lampiran 3). Persentase reduksi berdasarkan berat kering. Berat residu yang dihasilkan juga dihitung berat keringnya. Karena kadar air dapat mempengaruhi kevalitan perhitungan. Banyaknya sampah yang ditambahkan dan diambil untuk analisa selengkapnya terdapat pada Tabel A.1 (Lampiran 2). Berdasarkan hasil penimbangan berat residu masing-masing campuran sampah dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa campuran sampah yang terdapat larva memiliki residu yang lebih sedikit dibanding dengan campuran sampah tanpa ditambahkan larva.

Hal ini menunjukkan bahwa larva dapat memberikan hasil reduksi yang signifikan dalam mengurangi timbulan sampah. Residu paling banyak terdapat pada kontrol campuran sisa makanan dan kebun. Semakin banyak pemberian makanan semakin banyak pula residu yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena banyaknya sampah yang tersisa dalam reaktor sehingga larva tidak mampu menuju kemakanannya. Hasil penimbangan berat residu dapat diketahui persentase reduksi untuk masing-masing reaktor. Data persentase reduksi dapat dilihat pada Tabel 4.7.



Gambar 4.10 Berat Residu Sampah pada Reaktor

Tabel 4.7 Persentase Reduksi Sampah

No	Jenis Sampah	Persentase Reduksi (%)
1	SM:SY=20	81,98 ±7,4
2	SM:SY=35	79,41 ±4,33

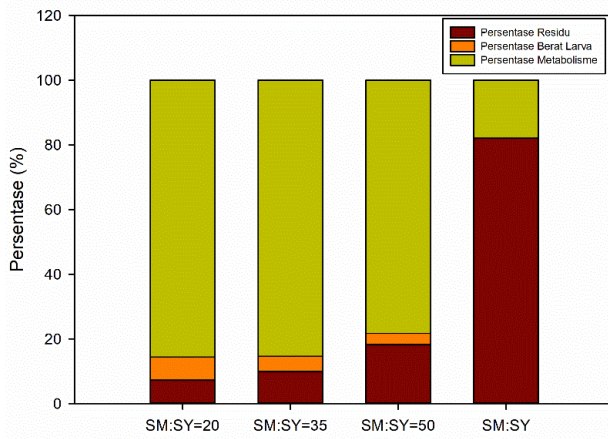
No	Jenis Sampah	Persentase Reduksi (%)
3	SM:SY=50	72,96 ±2,62
4	SM:K=20	28,97 ±5,56
5	SM:K=35	42,71 ±6,51
6	SM:K=50	21,57±3,68
7	SM:B=20	80,26 ±0,12
8	SM:B=35	81,23 ±4,29
9	SM:B=50	52,09 ±11,3
10	SM:SY	26,61
11	SM:K	20,47
12	SM:B	49,42

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat persentase reduksi masing-masing campuran sampah. Campuran sampah sisa makanan dan sayuran memiliki reduksi tertinggi pada *feeding* 20 mg/larva/hari. Besarnya reduksi sampah adalah 81,98%. Campuran sampah sisa makanan dan kebun memiliki tingkat reduksi terbesar pada *feeding* 35 mg/larva/hari. Besarnya reduksi yaitu 42,71%. Hasil ini lebih besar dari yang dilakukan oleh Zakova dan Borkovcova (2013), yang menghasilkan reduksi untuk sampah kebun sebesar 8,47% dan sampah sisa makanan 46,04%. Reduksi terbesar campuran sampah sisa makanan dan buah adalah 81,23%. Dimana terjadi pada *feeding* 35 mg/larva/hari. Persentase reduksi pada kontrol sampah sebesar 49,42% yaitu pada sampah sisa makanan dan buah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan Larva BSF dapat memberikan nilai reduksi yang besar untuk sampah organik. Rendahnya tingkat reduksi pada sampah campuran sisa makanan dan kebun dikarenakan karena kadar air yang dimiliki campuran ini juga rendah. Selain itu juga dapat disebabkan karena kondisi dari sampel bahan awal, dimana pada sampah kebun memiliki ukuran yang lebih besar dari

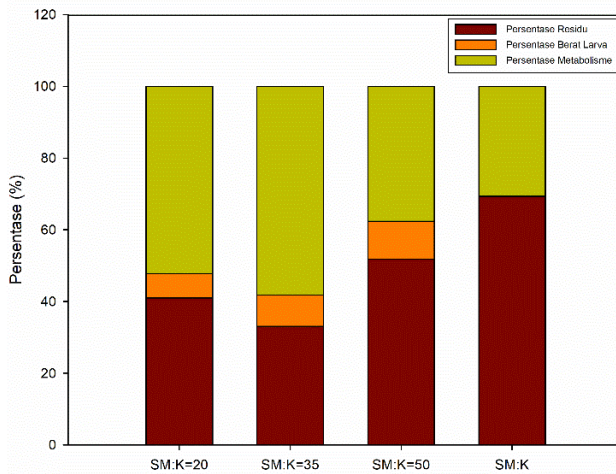
sampah sayur dan buah. Hal ini menyebabkan larva sulit mengkonsumsi makanannya, karena larva lebih menyukai makanan yang berukuran lembut.

Pada *feeding* 50 mg/larva/hari memberikan nilai reduksi paling rendah. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sampah yang diberikan dan tingginya kadar air. Sehingga membuat keadaan menjadi anaerob yang akan menghambat akses larva ke makanannya. Karena akses yang terhambat mengakibatkan penurunan sampah yang kurang signifikan. Selain makanan tingkat reduksi juga dipengaruhi oleh jumlah larva yang terdapat dalam reaktor. Tingkat reduksi campuran sampah sisa makanan dan kebun yang lebih kecil dari yang lain juga dipengaruhi oleh kadar air. Berdasarkan hasil persentase kadar air pada sub bab 4.3.3 dimana kadar air untuk sampah sisa makanan dan kebun memiliki kadar air paling rendah dan persen reduksi yang rendah. Campuran sampah sisa makanan dan sayuran memiliki kadar air 86% dengan persen reduksi 81,98%. Campuran sampah sisa makanan dan buah memiliki kadar air sebesar 90,46% dan persen reduksi 81,23%. Sehingga kadar air optimum untuk Larva BSF melakukan dekomposisi adalah pada kadar air 86%. Menurut Kusuma (2012), kadar air mempengaruhi proses dekomposisi. Karena mikroorganisme membutuhkan kadar air yang optimum untuk menguraikan material organik. Kadar air optimum untuk makanan Larva BSF adalah 60-90% (Alvarez, 2012).

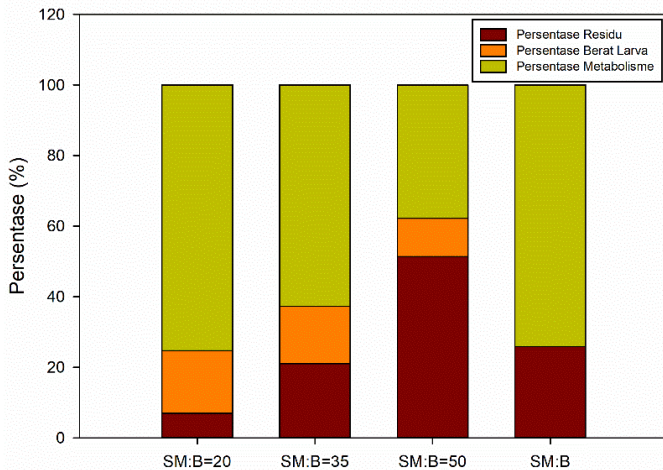
Residu sisa sampah yang tidak terdekomposisi ditimbang untuk mengetahui beratnya. Berat residu digunakan untuk mengetahui persentase dari residu yang tersisa. Grafik persentase kesetimbangan massa terdapat pada Gambar 4.11-4.13. persentase didapat dari pengukuran berat awal kemudian dibagi menjadi berat residu.



Gambar 4.11 Persentase Kesetimbangan Massa Sampah Campuran Sisa Makanan dan Sayur



Gambar 4.12 Persentase Kesetimbangan Massa Sampah Campuran sisa makanan dan kebun



Gambar 4.13 Persentase Kesetimbangan Massa Sampah Campuran Sisa Makanan dan Buah

Berdasarkan Gambar 4.11 campuran sampah sisa makanan dan sayur dari total sampah yang diberikan sebanyak 29,43% menjadi residu. Sebanyak 66,78% merupakan bahan metabolisme dan berat larva sebesar 5,07%. Pada Gambar 4.12 campuran sampah sisa makanan dan kebun dari total sampah, sebanyak 45,98% menjadi residu. Sampah sebanyak 8,71% merupakan berat larva dan 47,48% menjadi bahan metabolisme. Pada Gambar 4.13 campuran sampah sisa makanan dan buah sebanyak 27,12% dari total sampah menjadi residu. Sampah sebanyak 64,83% menjadi bahan metabolisme dan 10,74% merupakan berat larva. Total sampah yang diberikan merupakan banyaknya sampah yang dimasukkan ke dalam reaktor dianggap 100% sampah. Penentuan campuran sampah yang tepat berdasarkan pada jumlah residu dan berat larva. Dimana berdasarkan dua hal

tersebut campuran sampah sisa umakanan dan buah memiliki jumlah residu paling kecil dan berat larva terbesar. Dimana persentase residu merupakan berat residu yang tersisa dari proses dekomposisi. Persen berat larva merupakan banyaknya berat larva yang ada pada akhir proses dekomposisi.

Berdasarkan hasil perhitungan tingginya persentase metabolisme menandakan bahwa semakin besar larva mengkonsumsi sampah. Semakin besar persen metabolisme semakin besar pula persen berat larva. Dimana metabolisme merupakan banyaknya sampah yang hilang sebagai CO₂, H₂O dan energi.

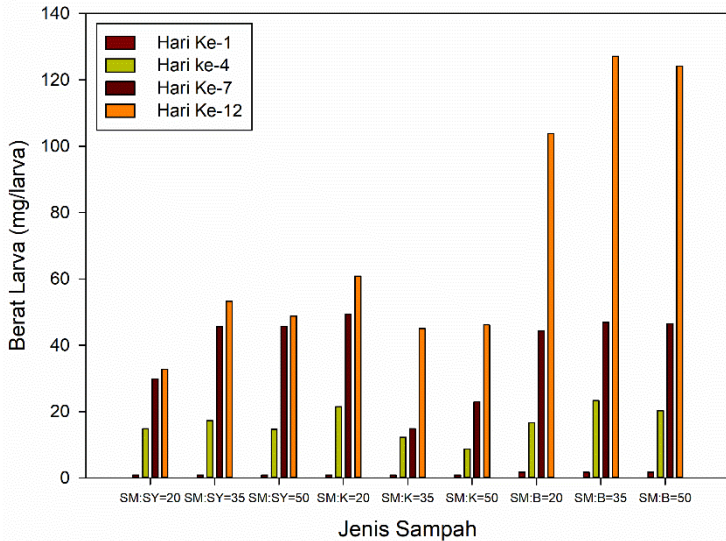
4.3.7 Pertumbuhan Larva BSF

Pengukuran berat larva dilakukan setiap akan *feeding*. Data penambahan berat larva diperoleh dari penimbangan larva. Gambar penimbangan larva dapat dilihat pada Gambar A. 5 (Lampiran 3). Perhitungan penambahan berat larva berdasarkan berat kering. Sebelumnya larva dioven terlebih dahulu selama 24 jam pada suhu 105⁰C. Pengukuran kadar air larva dapat dilihat pada Tabel A.10 (Lampiran 2). Pertambahan berat larva digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi jenis sampah dan *feeding* yang diberikan. Pengukuran dilakukan terhadap 20 ekor larva dari seluruh jumlah larva pada setiap reaktor. Jumlah ini merupakan persentase dari keseluruhan jumlah larva yang ada di tiap reaktor. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan neraca analitik. Data pengukuran berat larva dapat dilihat pada Tabel A.9 (Lampiran 2). Pertumbuhan larva dapat dilihat pada Gambra 4.14.

Pertambahan berat larva mengalami peningkatan dari hari pertama hingga hari keduabelas. Peningkatan berat larva paling besar terjadi pada campuran sampah sisa makanan dan buah pada *feeding* 35 mg/larva/hari. Pertambahan berat larva rata-rata mencapai 49,74 mg/larva setiap tiga hari. Pertambahan berat larva paling kecil terjadi pada campuran sampah sisa makanan dan sayur pada *feeding* 20 mg/larva/hari. Dimana pertambahan berat larva hanya 8,91 mg/larva pada setiap tiga harinya. Pertambahan berat larva

yang baik disebabkan karena nutrisi untuk pertumbuhan larva tercukupi. Selain itu rasio C/N yang baik juga menyebabkan metabolisme yang baik. Sampah campuran sisa makanan dan sayur dan sisa makanan dan buah memiliki rata-rata pertambahan terbesar pada *feeding* 35 mg/larva/hari. Sampah campuran sisa makanan dan kebun pertumbuhan paling baik pada *feeding* 20 mg/larva/hari. Namun pada campuran ini memiliki kenaikan pertumbuhan yang kecil setelah hari ke-7. Hal ini dapat terjadi karena rendahnya kadar air pada sampah. Karena larva dapat hidup optimal pada kadar air 60-90%.

Hal ini menunjukkan bahwa larva akan tumbuh dengan baik bila kebutuhan makanan dan nutrisinya terpenuhi. Pertumbuhan larva pada *feeding* 50 mg/larva/hari kurang baik karena terlalu banyak makanan yang diberikan. Selain itu juga karena banyaknya sampah yang masih tersisa sebagai residu. Sehingga dapat membuat kondisi menjadi anaerob dan menghambat larva menuju ke sumbu makanan. Akibatnya reduksi sampah menjadi kurang baik dan pertumbuhan larva kurang optimal. Data pertambahan berat larva dapat dilihat pada Tabel 4.8.



Gambar 4.14 Pertumbuhan Larva

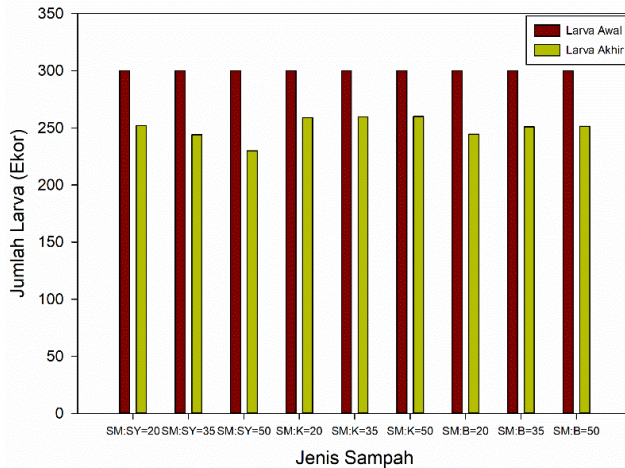
Tabel 4.8 Penambahan Berat Larva

Jenis Sampah	Berat Awal Larva (mg/larva)	Berat Akhir Larva (mg/larva)	Pertambahan Berat (mg/larva)	Pertambahan Berat (mg/hr)
SM:SY=20	0,858	33,55±7,9	32,69±7,9	2,97±0,7
SM:SY=35	0,858	54,13±1,7	53,27±1,6	4,84±0,2
SM:SY=50	0,858	49,66±10,9	48,80±10,9	4,44±1
SM:K=20	0,858	61,69±10,9	60,83±10,9	5,53±1
SM:K=35	0,858	45,90±9,02	45,04±9,02	4,09±0,8
SM:K=50	0,858	46,98±1,97	46,13±1,97	4,19±0,2
SM:B=20	1,677	105,49±39	103,81±39	9,44±3,6
SM:B=35	1,677	128,74±4,7	127,06±4,7	11,55±0,4
SM:B=50	1,677	125,78±13	124,11±13	11,28±1,1

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa campuran antara sampah sisa makanan dan buah memiliki berat larva paling besar. Berat akhir larva mencapai 128,74 mg/larva pada *feeding* 35 mg/larva/hari dengan pertambahan berat 127,06 mg/larva dari berat awal. Pada sampah campuran sisa makanan dan sayur dengan *feeding* 20 mg/larva/hari memiliki tingkat pertumbuhan yang paling rendah. Dimana pertambahan berat larva tertinggi adalah 32,69 mg/larva. Hal ini disebabkan karena jumlah makan yang diberikan pada larva yang lebih sedikit. Proses dekomposisi akan berlangsung lebih cepat apabila memiliki luas permukaan yang luas. Cara untuk meningkatkan luas permukaan dengan cara memperkecil permukaan (Widarti, 2015). Data selengkapnya terdapat pada Tabel A. 14 (Lampiran 2).

Pertambahan berat larva setiap harinya dapat diketahui melalui selisih penambahan berat larva. Penambahan berat larva paling besar terjadi pada campuran sampah sisa makanan dan buah dengan *feeding* 35 mg/larva/hari. Pada campuran ini penambahan berat larva mencapai 11,55 mg/hari sedangkan yang terkecil pada campuran sampah sisa makanan dan sayur. Pertambahan berat sebesar 2,97 mg/hari pada *feeding* 20 mg/larva/hari. Gambar larva saat dipanen dapat dilihat pada Gambar A.2 (Lampiran 3).

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa campuran sampah sisa makanan dan kebun memiliki pertambahan berat yang paling kecil. Namun sampah campuran sisa makanan dan kebun memiliki tingkat kematian yang paling rendah. Besarnya tingkat kematian larva pada setiap reaktor dapat dilihat pada Tabel A.10 (Lampiran2). Larva yang mati merupakan larva yang digunakan sebagai sampel analisis kadar air, larva yang keluar dari reaktor dan larva yang mati di dalam reaktor. Perubahan jumlah larva pada awal proses dan akhir proses dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Jumlah Larva Awal dan Akhir Proses

Jumlah larva pada akhir proses dekomposisi mengalami perubahan jumlah. Perubahan ini terjadi karena larva digunakan sebagai sampel untuk pengukuran berat kering. Selain itu perubahan jumlah larva juga dikarenakan adanya larva yang mati atau keluar dari reaktor. Penurunan jumlah larva terbesar terjadi pada campuran sampah sisa makanan dan sayur. Dimana campuran ini terdapat pengurangan sebanyak 70 ekor larva pada *feeding* 50 mg/larva/hari. Dimana penyebab berkurangnya larva karena tingginya kadar air pada reaktor. Selain itu dapat dilihat bahwa campuran sisa makanan dan kebun memiliki penurunan jumlah larva paling kecil. Hal ini dapat terjadi karena pada campuran ini memiliki kadar air yang rendah. Penurunan jumlah larva paling kecil pada campuran sampah sisa makanan dan kebun dengan *feeding* 35 mg/larva/hari. Persentase kematian larva dapat dilihat pada Tabel A.11 (Lampiran 2).

4.3.8 Kandungan Protein Larva

Analisa kandungan protein larva dilakukan pada akhir percobaan. Pada akhir percobaan ini sebagian larva telah

berubah menjadi prepupa yang ditandai dengan perubahan warna kulit menjadi coklat kehitaman. Gambar larva dan Prepupa dapat dilihat pada Gambar A.9 (Lampiran 3). Larva yang dianalisis merupakan larva yang berasal dari reaktor dengan tingkat reduksi tertinggi untuk setiap campuran komposisi. Reaktor terpilih yang kandungan protein dalam larva dianalisis adalah sisa makanan dan sayur 20 mg/larva/hari, sisa makanan dan kebun 35 mg/larva/hari dan sisa makanan dan buah 35 mg/larva/hari. Jumlah larva yang dianalisis adalah semua larva yang terdapat pada reaktor. Data hasil pengukuran kandungan protein larva dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kandungan Protein Larva

No	Jenis Sampah	Kandungan Protein
1	SM:SY=20	34,94%
2	SM:K=35	44,35%
3	SM:B=35	59,25%

Berdasarkan data hasil pengukuran kadar protein larva pada Tabel 4.9 diketahui bahwa larva pada campuran sisa makanan dan buah memiliki kandungan protein yang tinggi dibanding campuran sisa makanan dan sayur serta sisa makanan dan kebun. Kandungan proteinnya sebesar 59,25%. Kandungan protein larva pada campuran sisa makanan dan buah ini memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dari yang dilakukan oleh Mahardika (2016), yaitu sebesar 41,49%. Berdasarkan penelitian Mutafela (2015), kandungan protein larva pada sisa makanan adalah 39,8%, buah 37,8% dan sayuran 39,9%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan dilakukan pencampuran antara sampah sisa makanan dengan buah atau sayur dapat menghasilkan kandungan protein yang lebih tinggi pada larva. Untuk sampah sayuran memiliki kandungan protein kasar sebesar 12,64% (Muktiani, 2007). Hasil penelitian Azir (2017), kandungan protein pada limbah ikan yang dicampur dengan sayuran sebesar 30,85%. Besar kecilnya kandungan

protein dalam larva juga dipengaruhi oleh jenis makanan yang diberikan. Menurut Diener (2010), untuk dapat digunakan sebagai alternatif pakan ternak larva harus memiliki kandungan protein lebih dari 40%. Sehingga larva pada percobaan ini larva pada campuran sisa makanan dan buah serta sisa makanan dan kebun dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai pakan ternak.

4.3.9 Analisa Statistika

Analisa statistika digunakan untuk mengetahui pengaruh dari setiap variabel terhadap suatu parameter. Analisa statistika yang digunakan adalah Anova *One Way* dengan menggunakan program Minitab. Analisa Anova *One Way* dapat memberikan informasi tingkat signifikansi. Tingkat signifikansi antara komposisi sampah dan *feeding rate* terhadap tingkat reduksi sampah dan pertambahan berat larva. Analisis Anova *One Way* dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% dan nilai signifikansi kurang dari 0,05 ($P < 0,05$). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.10. Data hasil running Anova selengkapnya dapat dilihat pada Tabel A.15 hingga A.18 (Lampiran 2).

Tabel 4.10 Hasil Anlisa statistika Anova *One Way*

Variable	Respon	Nilai P
Feeding rate	Reduksi	0,0143
Jenis makanan		0,005
Feeding rate	Tingkat Pertumbuhan	0,001
Jenis makanan		0,96

Analisa statistik pengaruh komposisi jenis sampah dan *feeding rate* terhadap tingkat reduksi sampah.

Berdasarkan hasil analisa dengan Anova *One Way*. Diperoleh bahwa variasi komposisi jenis sampah memberikan hasil yang signifikan terhadap tingkat reduksi sampah. Hal ini dapat dilihat pada nilai signifikansi $P < 0,05$. Nilai P untuk variasi

jenis komposisi sampah adalah 0,005. Hasil ini menunjukkan bahwa larva BSF akan mengkonsumsi makanan secara baik pada jenis makanan tertentu. Hal ini sesuai dengan pembahasan pada sub bab 4.3.6 dimana tingkat reduksi untuk jenis campuran sampah sisa makanan dan kebun memiliki tingkat reduksi dibawah 50%, sedangkan untuk campuran sampah sayur dan buah tingkat reduksi di atas 50% hingga 80%. *Feeding rate* yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat reduksi sampah. Nilai P untuk *feeding rate* 0,0143. Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah *feeding* yang diberikan kepada larva memberikan pengaruh yang besar terhadap kemampuan larva dalam mereduksi sampah. Dimana banyaknya makanan yang diberikan akan memberikan hasil yang berbeda untuk setiap jumlah makanan yang diberikan.

Analisa statistik pengaruh komposisi jenis sampah dan *feeding rate* terhadap pertambahan berat larva

Hasil analisa statistika Anova *One way* pengaruh komposisi jenis sampah terhadap pertambahan berat larva diperoleh hasil yang baik. Dimana nilai signifikansi ($P < 0,05$) untuk pengukuran berat menunjukkan nilai 0,001. Hal ini menunjukkan bahwa pertambahan berat larva dipengaruhi oleh jenis makanan yang diberikan. Setiap jenis makanan memiliki kandungan nutrisi yang berbeda-beda, dimana makanan yang memiliki banyak nutrisi sesuai dengan kebutuhan larva akan memberikan pertambahan berat yang besar. Berdasarkan pembahasan pada sub bab 4.3.7 dapat diketahui bahwa campuran sampah sisa makanan dan buah memberikan pertambahan berat larva paling besar. Hasil analisis pengaruh *feeding rate* terhadap pertambahan berat larva memberikan hasil yang tidak signifikan. Nilai signifikansi ($P < 0,05$) menunjukkan nilai 0,96. Dari hasil analisis Anova dapat dikatakan bahwa *feeding rate* menunjukkan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertambahan berat larva. Hal ini berarti banyaknya makanan yang diberikan kepada larva tidak memberikan perbedaan yang besar terhadap

pertambahan berat larva. Sesuai dengan hasil perhitungan pada sub bab 4.3.7 dimana perbedaan berat larva untuk berbagai *feeding* tidak memberikan perbedaan yang besar.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Penambahan Larva BSF dalam mereduksi sampah mampu memberikan nilai reduksi paling tinggi hingga 81,98% pada campuran sampah sisa makanan dan sayur. Pada komposisi sampah sisa makanan dan kebun memiliki tingkat reduksi sebesar 42,71%. Tingkat reduksi pada campuran sampah sisa makanan dan buah mencapai 81,23%.
2. Pertumbuhan Larva BSF paling optimal diperoleh pada campuran sampah sisa makanan dan buah 35 mg/larva/hari. Dimana tingkat pertambahan berat mencapai 127,06 mg/larva dari larva awal yang digunakan. Campuran sampah sisa makanan dan sayur 20 mg/larva/hari terjadi pertambahan berat sebanyak 53,27 mg/larva. Campuran sisa makanan dan kebun memiliki pertambahan berat sebesar 60,83 mg/larva.
3. Hasil dekomposisi sampah menunjukkan bahwa:
 - a. Rasio C/N untuk hasil dekomposisi berada pada rentang 10 hingga 16.
 - b. Nilai pH untuk hasil akhir dari hasil dekomposisi terdapat pada rentang 3,8 sampai 7,8.
 - c. Hasil pengukuran kadar air untuk residu campuran sampah sisa makanan dan sayur memiliki nilai antara 83% hingga 91%. Campuran sampah sisa makanan dan kebun memiliki nilai antara 9% hingga 23%. Campuran sisa makanan dan buah memiliki rentang nilai 77% hingga 91%.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah:

1. Kadar air pada makanan yang diberikan kepada larva sebaiknya pada rentang 60-90% agar tidak banyak larva yang mati.
2. Perlu dilakukan pengolahan lanjutan untuk residu hasil dekomposisi Larva BSF, seperti digunakan sebagai biostarter dalam pengomposan *windrow* composting.
3. Makanan yang diberikan kepada larva sebaiknya dihaluskan dulu, hal ini bertujuan agar larva mudah mengkonsumsi makanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamgir, M. Q. H., Bari, I. M., Rafizul, S. M. T., Islam, G., Sarkar, dan Howlader, M. K., editor. *Proceedings of the WasteSafe. 2011. International Conference on Solid Waste Management in Developing Countries*. Khulna. Bangladesh. pp.52-59.
- Alattar, M. A. 2012. *Biological treatment of leachates of microaerobic fermentation*. Theses. Portland State University, Portland.
- Alvarez, L. 2012. *The Role of Black Soldier Fly, Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Waste Management in Northern Climates dissertations*. Windsor (CA): University of Windsor.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Virginia: Association of Official Analytical Chemists
- Baharuddin, A. S., Wakisaka, M., Shirai, S. Y., Abd-Aziz, N. A.A., Rahman, dan Hassan, M.A. 2009. *Co-Composting of Empty Fruit Bunchess and Partially Treated Palm Oil Mill Effluents in Pilot Scale*. International Journal of Agricultural Reaserch. 4(2): 69-78
- Balitbangtan. 2016. Lalat Tentara Hitam Agen Biokonversi Sampah Organik Berprotein Tinggi. Diakses darn http://www.litbang.pertanian.go.id/berita/on_e/2557/ (26 Oktober 2018)
- Banks, I. J. 2014. *“To Assess The Impact of Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Larvae on Faecal Reduction in Pit Latrines”*.
- Barry, T. 2004. *Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes with the Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. PhD Dissertation, University of North Texas.
- Barry, T., Dickson, K. L., Sheppard, C., dan Member, C. 2004. *“Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes with the Black Soldier Fly (Hermetia illucens)”*.

- Barros-Cordeiro, K. B., Nair, B. S., dan Pujol-Luz JR. 2014. *Intrapuparial development of the Black Soldier Fly, Hermetia illucens*. J Insect Sci. 14:1-10.
- Bergersen, Ove, Anne S. Boen dan Roald Sorheim. "Review Strategies to Reduce Short-chain Organic Acids and Synchronously Establish High-rate Composting in Acidic Household Waste". Bioresource Technology 100 (2009): 521–526.
- Bonso, N.K . 2013. *Bioconversion of Organik Fraction of Solid Waste Using The Larvae of The Black Soldier Fly (Hermentia illucens)*. Thesis. Kwame Nkrumah University of Science and Technology Kumasi. Ghana.
- Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elder, B., Givens, M., Jeffay, N., Pierce, B., dan Robbinson, W. 2013. *The Black Sholdier Fly How to Guide*. ENST 698- Environmental Capstone.
- Cammack, J. A., dan Tomberlin, J. K. 2017. *The Impact of Diet Protein and Carbohydrate on Select Life-History Traits of The Black Soldier Fly Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae)*. Insects. 8: 56-69.
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I W., Talamond, P., dan Baras, E. 2013. *Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) Hermetia illucens, Stratiomyidae*.
- Cheng, J. Y.K., Chiu, S. L.H., dan Lo, I.M.C. 2017. *Effects of Moisture Content of Food Waste on Residue Separation, Larval Growth and Larval Survival in Black Soldier Fly Bioconversion*. Waste Management. 67: 315–323.
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. 2010. Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah TL-3104. Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
- Darmawan, M., Sarto, dan Prasetya, A. 2017. *Budidaya Larva Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) dengan Pakan Limbah Dapur (Daun Singkong)*.

- Diener, S., Zurbrugg, C., dan Tockner, K. 2009. *Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates*.
- Diener, S. 2010. *A Dissertation: Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly, Hermetia illucens, in Low and Middle-Income Countries*. Swiss: ETH Zurich.
- Diener, S. 2011. "Black Soldier Fly Larvae for Organic Waste Treatment – Prospects and Constraints," *Proc. WasteSafe 2011 – 2nd Int. Conf. Solid Waste Manag. Dev. Ctries*. vol. 52. pp. 978–984.
- Djuarnani, N. 2005. "Cara Cepat Membuat Kompos". PT. Agromedia Pustaka: Jakarta.
- Dortmans, B. 2015. *Valorisation of Organic Waste-Effect of the Feeding Regime on Process Parameters in a Continuous Black Soldier Fly Larvae Composting System*. Theses. Swedish University of Agricultural Sciences. Swedish.
- Dortmans, B, Diener, S., Verstappen, B.M., dan Zurbrügg, C. 2017. *Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide*. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf. Switzerland.
- EAWAG. 2017. *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)*. Paul Donahue (ed). Departemen of Sanitation, Water and Solid Waste for Development (Sandec).
- Ekawati, N., dan Kusuma, A. A. 2018. *Pengomposan Sampah Organik dengan Menggunakan EM4*. TEDC Vol. 2. No. 1
- Fahmi, M.R., Hem, S., dan Subamia, I.W. 2015. *Potensi Manggot Sebagai Salah Satu Sumber Protein Pakan Ikan*. Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia XXVII. Hal 128
- Gary. 2009. *Black soldier fly larva*. <http://www.microponics.net> (on-line). (9 Desember 2016)
- Gobbi, P., Martínez, S. A., dan Rojo, S. 2013. *The Effects of Larval Diet on Adult Life-History Traits of The Black*

- Soldier Fly, Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Eur J Entomol.* 110(3):461-468
- Hakim, A. R., Agus, P., Himawan, T. B. M., dan Petrus. 2017. Studi Laju Umpan pada Proses Biokonversi Limbah Pengolahan Tuna Menggunakan Larva *Hermetia illucens*. *JPB Kelautan dan Perikanan.* 12(2): 179-192.
- Hakim, A.R., 2017. Produksi Pakan Ikan dari Larva *Hemeticia illucens* Berbasis Limbah Industri Pengolahan Ikan dan Kajian Keekonomia. Tesis. Program Pascasarjana Fakultas Teknik UGM.
- Holmes, L.A., Vanlaerhoven, S.L., dan Tomberlin, J.K. 2012. *Relative Humidity Effects on the Life History of Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae).* *Environmental Entomology.* 41(4): 971-978.
- Indriani. 2013. Membuat Kompos Secara Kilat. Cetakan III. Depok (ID): Penebar Swadaya.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2015. Rangkaian Hari Lingkungan Hidup 2015-Dialog Penanganan Sampah Plastik (terhubung berkala).
- Kim, W., Bae, S., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., dan Koh, Y. 2011. *Biochemical Characterization of Digestive Enzymes in the Black Soldier Fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae).* *Jurnal of Asia-Pasific Entomology.* 14:1114.
- Kusuma, M. A. 2012. Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap Laju Dekomposisi Kompos Sampah Organik di Kota Depok. (Tesis). Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Lalander, C.H., Fidjelan, J., Diener, S., Eriksson, S., dan Vinneras, B. 2014. "High Waste-to-Biomass Conversion and Efficient Salmonella spp. Reduction using Black Soldier Fly For Waste Recycling" *Agron Suistain Development.* Vol. 36 pp. 261 – 271.
- Lamond, J., Bhattacharya, N., dan Bloch, R. 2012. *The Role of Solid Waste Management as A Response to Urban Flood Risk in Developing Countries, A Case Study Analysis.* Bristol: University of the West of England.

- Lohri, C. R., Diener, S., Zabaleta, I., Mertenat, A., dan Zurbrügg, C. 2017. *Treatment Technologies for Urban Solid Biowaste to Create Value Products: a Review with Focus on Low- and Middle-Income Settings*. Rev Environ Sci Biotechnol. 16: 81-130.
- Mahardika, T.S. 2016. Teknologi Reduksi Sampah dengan Memanfaatkan Larva Black Soldier Fly (BSF) di Kawasan Pasar Puspa Agro Sidoarjo. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan ITS.
- Mohd, N., Siti, N., Wong, C. Y., Lim, J. W., Mah, H., Mah, L.A., Uemura, Y., Lam, M. K., Ramli, A., Bashir, M. J. K.; dan Tham, L. 2017. *Optimization of Self-Fermented Period of Waste Coconut Endosperm Destined to Feed Black Soldier Fly Larvae in Enhancing the Lipid and Protein Yields*. Renewable Energy. 111: 646-654.
- Monita, L., Sutjahjo, S. H., Amin, A. A., dan Fahmi, M. R. 2017. Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. Jurnal pengelolaan sumberdaya Alam dan Lingkungan. 7(3):227-234.
- Mutafela, R.N. 2015. *High Value Organic Waste Treatment via Black Soldier Fly Bioconversion: Onsite Pilot Study*. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Nikmah, L., dan Warmadewanti, I.D.A.A. 2013. Prediksi Potensi Pencemaran Pengolahan Sampah dengan Metode Gasifikasi Fluidized Bed. *POMITS*. (2):14
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., dan Vanlaerhoven, S. 2015. *Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste*. *Environ. Entomol.* 1–5.
- Nur T., Noor A.R., dan Elma M. 2016. Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Bioaktivator EM4, Konversi, Jilid 22, No. 2. :19-21.
- Pandebesie, E dan Rayuanti, D. 2013. Pengaruh Penambahan Sekam pada Proses Pengomposan Sampah Domestik. *Jurnal Lingkungan Tropis*. 6(1):30-41.

- Paz, A. S. P., Carrejo, N. S., dan Rodriguez, C. H. G. 2015. *Effects of Larval Density and Feeding Rates on the Bioconversion of Vegetable Waste Using Black Soldier Fly Larvae *Hermetia illucens**. Waste Biomass Valor. 6: 1059-1065
- Perednia, D.A. 2017. *A Comparison of the Greenhouse Gas Production of Black Soldier Fly Larvae Versus Aerobic Microbial Decomposition of an Organik Feed Material*. Research & Reviews: Journal of Ecology and Environmental Sciences.
- Popa, R. dan Green, T. 2012. *DipTerra LCC e-Book 'Biology and Ecology of the Black Soldier Fly'*. DipTerra LCC.
- Rachmawati, Buchori D., Hidayat P., Hem S., dan Fahmi M.R. 2010. Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. *J Entomol Indon*. 7(1):28-41.
- Rehman, K., Cai, M., Xia, X., Zheng, L., Wang, H., Soomro, A. A., Zhou, Y., Li, W., Yu, Z., dan Zhang, J. 2017a. *Cellulose Decomposition and Larval Biomass Production From the Co-digestion of Dairy Manure and Chicken Manure by Mini-livestock (*Hermetia illucens* L.)*. Journal of Environmental Management. 196: 458-465.
- Rehman, K., Rehman, A., Cai, M., Zheng, L., Xia, X., Soomro, A. A., Wang, H., Li, W., Yu, Z., dan Zhang, J. 2017b. *Conversion of Mixtures of Dairy Manure and Soybean Curd Residue by Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.)*. Journal of Cleaner Production. 154: 366-373.
- Rithika, P. R., dan Sharma S. P. 2015. *Study on Occurrence of Black Soldier Fly Larvae in Composting of Kitchen Waste*. International Journal of Research in Biosciences. Vol. 4 Issue 4, pp. (38-45).
- Saragi, E. S., dan Bagastyo, A. Y. 2015. *Reduction of Organik Solid Waste by Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)*

- Larvae*. Proceeding. Enviromental Technologi and Management Cobference. ISBN: 978-979-98278-5-2
- Sarpong, D., Kwarteng, S. O., Gyast, S. F., Buamah, R., Donkor, E., Botchway, E. Y., dan Acquah, A. 2018. *Biodegradation of Heterogeneous Mixture of Organik Fraction of Municipal Solid Waste by Black Soldier Fly Larvae (Hermetia Illucens) under the Tropical Climate Conditions*. International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology. Vol. 5 Issue 3.
- Sastro, Y. 2016. Teknologi Pengomposan Limbah Organik menggunakan Black Solder Fly. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Jakarta. ISBN:978-979-3628-39-4.
- Sipayung, P. 2015. Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Sebagai Salah satu Upaya Reduksi Sampah Daerah Perkotaan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopembar Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2004. Standar Nasional Indonesia Nomor 19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2006. Standar Nasional Indonesia Nomor 01-2354-4-2006 Tentang Cara Uji Kimia-Bahan 4: Penentuan Kandungan Protein dengan Metode Total Nitrogen pada Produk Perikanan.
- St-Hilaire, S., Cranfill, K., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Tomberlin, J.K., Newton, G.L., Sealey, W., Sheppard, D.C., dan Irving, S. 2007. *Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids*. Journal of the World Aquaculture Society. 38 (2): 309313.
- Suciati, R., dan Hilman, F. 2017. Efektifitas Media Pertumbuhan Manggots *Hermetia illucens* (Lalat Tentara Hitam) sebagai Solusi Pemanfaatan Sampah Organik. *BIOSFER, J.Bio. & Pend.Bio. Vol.2, No.1*.
- Supriyatna, A., Kurahman, O. T., Cahyanto, T. Yuliawati, A., dan Kulsum, Y. 2018. *The Pothency of Black Soldier Larvae (Hermetia illucens L.) as a Source of Protein for*

- Livestock Feed*. Jurnal of Biology and Biology Education. 10(2): 449-455
- Supriyatna, A., dan Ukit. 2016. *Screening and Isolation of Cellulolytic Bacteria from Gut of Black Soldier Fly Larva (Hermetia illucens) Feeding with Rice Straw*. *Journal of Biology & Biology Education*. Biosaintifika. 8(3): 314-320.
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air*. Bandung (ID): PT Alumni.
- Syananta, F.P. 2009. Uji Fisik Wafer Limbah Sayuran Pasar dan Palatabilitasnya Pada Ternak Domba. (Bogor : Fakultas Peternakan IPB. 2009), h. 32.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. New York: McGrawHill.
- Thom, O. W., dan Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Tombe, M., dan Sipayung, H. 2010. *Pupuk Organik Generasi Terbaru: Kompos Biopestisida*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., dan Myers, H. M. 2009. *Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperatur*. *Environmental Entomology*. 38 (3):930-934
- Troschinetz, A. M., dan Mihelcic, J. R. 2009. "Sustainable Recycling of Municipal Solid Waste in Developing Countries," *Waste Manag.* vol. 29, no. 2, pp. 915–923.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Velis, C. A., dan Alabaster, G. 2012. "Waste Management & Research,"
- Widarti, B. N, Wardhini, W. K., Sarwono, Edhi. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku pada Pembuatan Kompos dari Kubis dan Kulit Pisang. Samarinda: Teknik Lingkungan Unmul.
- Yang F, Li G, Shi H, Wang Y. 2015. *Effects of phosphogypsum and superphosphate on compost maturity and gaseous*

emissions during kitchen waste composting. Waste Manage. 36:70-76.

- Yuwono, T. 2005. Kompos. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Zakova, M. dan Barkovcova, M. 2013. *Hermetia illucens* Application in Management of Selected Types of Organik Waste. Rangkuman 'the 2nd Electronics International Interdisciplinary Conference. 2-6 September 2013. Hal 367-370.
- Zhang, J., Huang, L., He, J., Tomberlin, J.K., Li, J., Lei, C., Sun, M., Liu, Z., dan Yu, Z. 2010. *An Artificial Light Source Influences Mating and Oviposition of Black Soldier Flies, Hermetia illucens. J Insect Sc.*10(202).
- Zheng, L., Hou, Y., Li, W., Yang, S., Li, Q., dan Yu, Z. 2012. *Biodiesel Production from Rice Straw and Restaurant Waste Employing Black Soldier Fly Assisted by Microbes. Energy.* 47: 225-229.
- Zheng, L., Li Q., Zhang, J. dan Yu, Z. 2011. *Dooble the Biodiesel Yield: Rearing Black Soldier Fly Larvae, Hermetia illucens, on Solid Residual Fraction of Resteurant Waste After Grease Extraction for Biodiesel Production. Renewable energy.* 1-5.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1:

METODE ANALISIS

1. Analisis Total Nitrogen-*Metode Kjeldahl*

a. Peralatan dan bahan

Alat:

- Neraca analitik
- Tabung kjeldahl
- Peralatan kjeldahl apparatus
- Labu erlenmeyer 250 mL
- Gelas beaker 50 mL
- Gelas ukur 100 mL
- Pipet 1 mL dan 10 mL
- Peralatan destilasi
- Labu destilasi 250 mL
- Timbel 125 mL
- Reagen campuran CuSO_4 dan K_2SO_4
- H_2SO_4 pekat
- Larutan natrium hidroksida 40%
- Larutan asam borat 1%
- Indikator phenolphthalein (PP)
- Garam signet
- Larutan nessler
- Spektrofotometer dan kuvet

Bahan:

- Digestion reagen:
134 g K_2SO_4 ditambah 7.3 g CuSO_4 dilarutkan dengan aquades hingga 800 ml, kemudian ditambahkan dengan 134 mL H_2SO_4 pekat dan diencerkan hingga 1000 mL
- Larutan nessler
Dicampurkan dan dihaluskan 10 g serbuk HgI_2 dan 7 g KI, kemudian dilarutkan dengan 16 g NaOH yang sudah dilarutkan dalam aquades 100 mL. dibiarkan mengendap dan diambil seperlunya

- Garam signet
Dilartukan 10 g K.Na. Tartrat ke dalam 100 mL aquades. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan nessler sebagai pengawet.
 - Larutan Asam borat 1%
10 g H₃BO₃ diencerkan hingga 1000 mL
 - Larutan Natrium Hidroksida 40%
400 g NaOH dilarutkan dalam aquades 600 mL, setelah dingin diencerkan hingga 1000 mL.
- b. Prosedur kerja analisis:
Destruksi sampel
1. Timbang 0,2 g sampel kering dan dimasukkan ke dalam tabung kjeldahl.
 2. Ditambahkan digestion reagen sebanyak 10 mL. kemudian diencerkan menjadi 100 mL.
 3. Dilakukan proses destruksi dengan pemanasan tabung kjeldahl dalam lemari asam selama ± 4 jam (diharapkan N sudah larut semuanya) dan tersisa sedikit larutan ± 5 mL.
 4. Hasil destruksi didinginkan.
 5. Ditambahkan aquades hingga 100 mL.
 6. Dituang ke dalam labu destilasi 250 mL.
 7. Ditambahkan indikator PP 3 tetes.
 8. Ditambahkan larutan NaOH 40% sebanyak 20 mL.
 9. Dimasukkan 10 mL larutan H₃BO₃ ke dalam timbel 125 mL.
 10. Peralatan destilasi dirangkai dan dilakukan proses destilasi. Proses destilasi selesai bila volume destilat mencapai sekitar 75 mL.

Analisa nitrat (NO₃) – metode spektrofotometri

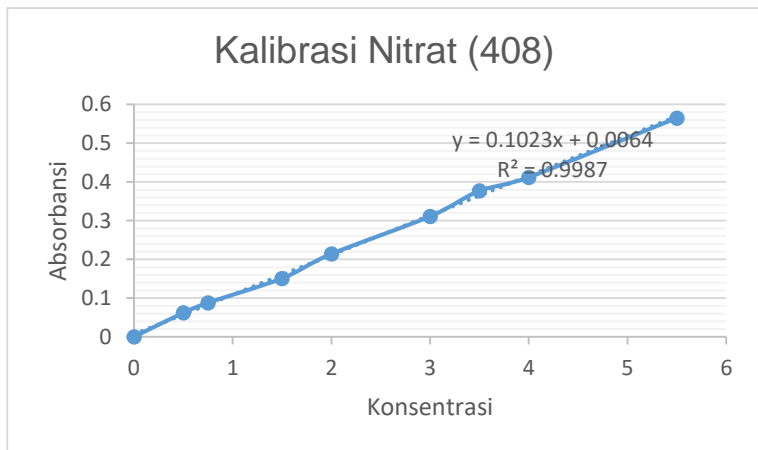
a. Peralatan dan bahan

Alat:

- Labu erlenmeyer 100 mL
- Pipet volumetrik 10 mL

Bahan:

- Larutan brucin asetat 5 %
 - H₂SO₄ pekat
- b. Prosedur kerja analisis:
1. Larutkan 0.5 g sampel kering dengan aquades hingga volume 100 mL.
 2. Ambil 2 mL I larutan sampel kemudian tambahkan dengan 2 mL brucin asetat
 3. Tambahkan 4 mL larutan H₂SO₄ pekat, diamkan selama kurang lebih 30 menit
4. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang ($\lambda = 408$ nm)



Analisa Amonium – metode spektrofotometri

a. Peralatan dan bahan

Alat:

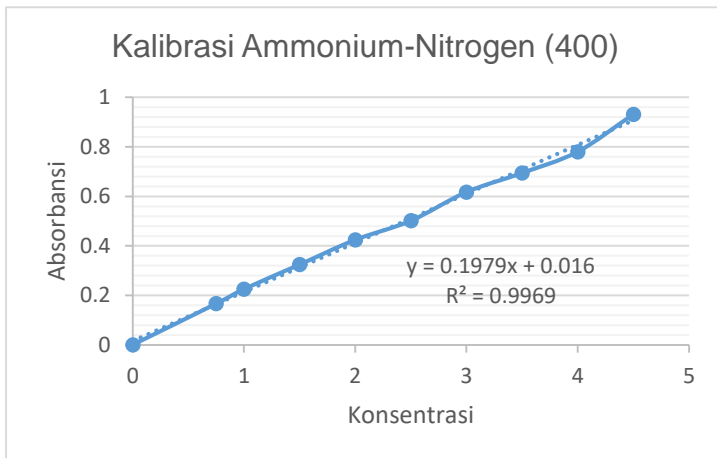
- Labu erlenmeyer 100 mL
- Pipet volumetrik 10 mL

Bahan:

- Larutan nessler
- Larutan garam signet

b. Prosedur kerja analisis:

1. Larutkan 0.5 g sampel kering dengan aquades hingga volume 100 mL.
2. Ambil 25 mL larutan sampel kemudian tambahkan dengan 1 mL nessler.
3. Tambahkan 1,25 mL larutan garam signet, diamkan selama kurang lebih 10 menit.
4. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang ($\lambda = 400 \text{ nm}$)



2. Analisis Total C-Organik (Metode Gravimetri)

a. Peralatan dan Bahan

Alat

- Cawan porselen
- Oven
- Furnace
- Desikator
- Spatula

Bahan

- sampel

b. Prosedur kerja analisis:

1. Siapkan cawan porselen yang sudah dikeringkan di oven selama +/- 1 jam, kemudian dinginkan di dalam desikator.
2. Timbang cawan porselen kosong dengan menggunakan neraca analitik, catat hasil pembacaannya (a).
3. Tambahkan sampel ke dalam cawan kosong, kemudian timbang dan catat hasil pembacaannya (b).
4. Keringkan pada oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Dinginkan di dalam desikator, kemudian timbang dengan neraca analitik dan catat hasil pembacaannya (c).
5. Masukkan ke dalam furnace dan dilakukan pembakaran pada suhu 550°C selama 1 jam.
6. Masukkan ke dalam oven selama 15 menit dan ke dalam desikator selama 15 menit untuk menurunkan suhunya. Timbang dengan neraca analisis dan catat hasil pembacaannya (d).
7. Hitung kadar C-organik dengan rumus:

$$C_{organik} = \frac{1}{1,8} \times VOC$$

Dimana:

VOC = Berat kering – berat *ash*

Berat kering = c - b

Berat *ash* = d - b

3. Analisa Kandungan Protein

Analisa Total Nitrogen

a. Peralatan dan bahan

Alat

- Neraca analitik
- Alat ditruksi kjeldahl ukuran 250 mL
- Alat destilasi uap
- Peralatan gelas: labu destruksi 250 mL, labu takar, corong gelas, burret 50 mL, pipet volumetric 25 mL, Labu erlenmeyer 250 mL,

gelas ukur 50 mL, gelas piala 50 mL, pipet tetes dan batang pengaduk.

- Saringan No. 20 ukuran *mesh* 0,0331 inchi, diameter kawat 0,355 mm.

Bahan

- Tablet katalis
Terdiri dari 7 g K_2SO_4 dan 0,5 g $CuSO_4$ (0,83 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)
- Kertas timbangan bebas N (Whatman 541)
- Batu didih
- Asam borat 4%
- Larutan absorban
Larutkan 4 g H_3BO_3 dalam air yang ditambahkan 0,7 mL larutan indikator *methyl red* 0,1%, dalam etanol dan 1 mL larutan indikator *bromcresol green* 0,1%, dalam etanol dan diencerkan sampai 100 mL.
- Asam sulfat (H_2SO_4) pekat
- Hydrogen peroksida (H_2O_2) 30-35% pekat
- Larutan natrium hidroksida-natrium thiosulfate
Larutkan 2000 g NaOH dan 125 g $Na_2S_2O_3$ dalam air dan diencerkan menjadi 5 L (kira-kira penggunaan peranalisis 50 mL)
- Larutan standar asam klorida 0,2 N
Larutan HCl 37% (pekat) sebanyak 16 mL dilarutkan dalam 1 L air.

b. Prosedure kerja

1. Timbang kira-kira 2 g homogenate contoh pada kertas timbang, lipat-lipat dan masukkan ke dalam labu destruksi.
2. Tambahkan 2 buah tablet katalis serta beberapa butir batu didih.
3. Tambahkan 15 mL H_2SO_4 pekat (95-97%) dan 3 mL H_2O_2 secara perlahan-lahan dan diamkan 10 menit dalam ruang asam.

4. Destruksi pada suhu 410°C selama \pm 2 jam atau sampai larutan jernih, diamkan hingga mencapai suhu kamar dan tambahkan 50-75 mL aquades.
5. Siapkan Labu erlenmeyer berisi 25 mL larutan H₃BO₃ 4% yang mengandung indikator sebagai penampung destilat.
6. Pasang labu yang berisi hasil destruksi pada rangkaian alat destilat uap.
7. Tambahkan 50-75 mL larutan natrium hidroksida-thiosulfat.
8. Lakukan destilasi dan tamping destilat dalam Labu erlenmeyer tersebut hingga volume mencapai minimal 150 mL (hasil destilat akan berubah menjadi kuning).
9. Titrasi hasil destilat dengan HCl 0,2 N yang sudah dilakukan sampai warna berubah dari hijau menjadi abu-abu netral (*natural grey*).
10. Lakukan pengerjaan blanko sampai tahapan sampel.
11. Lakukan pengujian sampel minimal duplo (dua kali).
12. Hasil titrasi dihitung dalam rumus perhitungan.
Kandungan protein (%) = % N x faktor konversi
Nilai faktor konversi berbeda tergantung sampel:
 1. Sereal 5,7
 2. Roti 5,7
 3. Sirup 6,25
 4. Biji-bijian 6,25
 5. Buah 6,25
 6. Beras 5,95
 7. Susu 6,38
 8. Kelapa 5,20
 9. Kecang tanah 5,45

Apabila faktor konversi tidak diketahui, faktor 6,25 dapat digunakan. Faktor ini diperoleh dari fakta rata-rata nitrogen dalam protein adalah 16%.

Kandungan protein

$$(\%) = \frac{(V_a - V_b) \text{ HCl} \times \text{NHCl} \times 14,007 \times 6,25 \times 100\%}{W \times 1000}$$

Dimana:

V_a = mL HCl untuk titrasi sampel

V_b = mL HCl untuk titrasi blanko

N = normalitas HCl standar yang digunakan

14,007 = berat atom nitrogen

6,25 = faktor konversi protein

W = berat sampel

4. Analisis Kadar Air

a. Peralatan:

- Neraca analitik
- Oven 105°C
- Cawan porselen
- Desikator

b. Prosedur kerja analisis:

1. Siapkan cawan porselen yang sudah dikeringkan di oven selama +/- 1 jam, kemudian dinginkan di dalam desikator.
2. Timbang cawan porselen kosong dengan menggunakan neraca analitis, catat hasil pembacaannya (a).
3. Tambahkan sampel ke dalam cawan kosong, kemudian timbang dan catat hasil pembacaannya (b).
4. Keringkan pada oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Dinginkan di dalam desikator, kemudian timbang dengan neraca analisis dan catat hasil pembacaannya (c).
5. Hitung kadar air sampah dengan rumus:

$$\% \text{air} = \frac{(b-a) - (c-a)}{(b-a)} \times 100\%$$

Dimana :

a = berat awal cawan kosong

b = berat awal cawan kosong + sampel

c = berat cawan + sampel setelah dioven

5. Analisis pH

a. Peralatan dan bahan:

Alat

- pH meter
- Labu Labu erlenmeyer 100 mL
- *Magnetic stirrer*
- Neraca analitis
- Spatula

Bahan

- Sampel
- Aquades

b. Prosedur kerja analisis

1. Timbang sampel sebanyak 2 g dengan neraca analitis, lalu masukkan ke dalam tabung Labu erlenmeyer 100 mL.
2. Tambahkan 20 mL aquades.
3. Aduk dengan *magnetic stirrer* selama 10 menit.
4. Tuangkan larutan ke dalam gelas ukur 50 mL, biarkan kompos yang tidak terlarut di dalam gelas Labu erlenmeyer.
5. Ukur dan catat hasil pembacaan pH meter.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2:
Tabel A. 1 Perhitungan Berat

Perhitungan Berat Basah SM:SY								
	Berat Kering SM (g)	6	<i>Feeding Rate 20 mg/larva/hari (30:70)</i>	Berat Kering SM (g)	10,5	<i>Feeding Rate 50 mg/larv a/hari (30:70)</i>	Berat Kering SM (g)	15
	Kadar Air	75%		Kadar Air	75%		Kadar Air	75%
	Berat Basah (g)	23,89		Berat Basah (g)	41,80		Berat Basah (g)	59,72
	Berat Kering SY (g)	14	<i>Feeding Rate 35 mg/larva/hari (30:70)</i>	Berat Kering SY (g)	14		Berat Kering SY (g)	14
	Kadar Air	95%		Kadar Air	95%		Kadar Air	95%
	Berat Basah (g)	309,83		Berat Basah (g)	542,2		Berat Basah (g)	774,58

Perhitungan Berat Basah SM:K									
Feeding Rate 20 mg/larva /hari (30:70)	Berat Kering SM (g)	6	Berat Kering SM (g)	10,5	Berat Kering SM (g)	15	Feeding Rate 50 mg/larva /hari (30:70)	Berat Kering SM (g)	15
	Kadar Air	75%	Kadar Air	75%	Kadar Air	75%		Berat Basah (g)	59,72
	Berat Basah (g)	23,89	Berat Basah (g)	41,80	Berat Basah (g)	59,72		Berat Kering K (g)	14
	Berat Kering K (g)	14	Berat Kering K (g)	14	Berat Kering K (g)	14		Kadar Air	38,08%
	Kadar Air	38,08 %	Kadar Air	38,08%	Kadar Air	38,08%	Berat Basah (g)	71,1	
	Berat Basah (g)	28,43	Berat Basah (g)	49,77	Berat Basah (g)	71,1			
Perhitungan Berat Basah SM:B									
Feeding Rate 20 mg/larva /hari (30:70)	Berat Kering SM (g)	6	Berat Kering SM (g)	10,5	Berat Kering SM (g)	15	Feeding Rate 50 mg/larva /hari (30:70)	Berat Kering SM (g)	15
	Kadar Air	75%	Kadar Air	75%	Kadar Air	75%		Berat Basah (g)	385,84
	Berat Basah (g)	23,89	Berat Basah (g)	41,80	Berat Basah (g)	59,72		Berat Kering B (g)	14
	Berat Kering B (g)	14	Berat Kering B (g)	14	Berat Kering B (g)	14		Kadar Air	90,93%
	Kadar Air	90,93 %	Kadar Air	90,93%	Kadar Air	90,93%	Berat Basah (g)	385,84	
	Berat Basah (g)	154,34	Berat Basah (g)	270,09	Berat Basah (g)	385,84			

Tabel A.2 Data pengukuran suhu

Nama	Hari (°C)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lingkungan	29	26	26,5	27,5	24,5	27	26	27,5	27	26,5	27	26,5
SM:SY	27,5	25	25,5	27,5	26	25,5	25	26	26,5	26	25	26
SM:SY=20	27,5	26	26	27	25,5	25,5	25,5	26	26	25,5	25,5	26
SM:SY=20	27,5	25,5	26	26,5	25,5	25,5	25,5	26	25,5	25,5	25	26
SM:SY=35	28	26	25,5	26,7	26	26	25,5	25,5	25,5	25	25	25,5
SM:SY=35	28	26	25,5	26,7	26	26	25	25,5	26,5	26	26	25,5
SM:SY=50	28	25,5	25,5	27	26	25,5	25	26	26	26	25,5	25
SM:SY=50	27,5	25,5	25	27	26,5	25,5	25	26	26,5	25,5	26,5	25
SM:K	27,5	25	26	26,7	26,6	26	25,5	26	25,5	26	26	26
SM:K=20	27	25,5	26	27	25	26	25	26,5	26	25,5	25,5	26,5
SM:K=20	27	25,5	25,5	26,5	25	26	25	26,5	26,5	25,5	26	26
SM:K=35	28	25	25	26,7	26	26,5	25,5	27	26,6	26	26	26
SM:K=35	28	25	25	26,7	26	26,5	25,5	27	26,6	26	26	26
SM:K=35	28	25	25	26,7	25,5	26,5	26	27	26	25	26	25,5

Nama	Hari (°C)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SM:K=50	28	25,5	25,5	26,7	26,5	26,5	26	27	26	26	25,5	26,6
SM:B	27,5	25,5	25	27	25,5	25	24,5	25	25,5	25	26	25,5
SM:B=20	27,5	25,5	25,5	27	24	25,5	25	26	26,5	25,5	26	26
SM:B=20	27,5	25,5	26	26,5	24,5	26	25	26	26,5	25,5	26,5	26
SM:B=35	28	25,5	26	26	24	26	25,5	25,5	26	26	26	26,5
SM:B=35	28	25,5	25,5	26,5	25	25,5	25	26,5	26	26	26,5	25,5
SM:B=50	27,5	26	25,5	27,7	25	25,5	25,5	26	26,5	26	26,5	26
SM:B=50	27,5	25,5	25	27	24,5	25,5	25,5	26	26	25,5	26,5	25,5

Tabel A.3 Pengukuran pH

Nama	Hari			
	1	4	7	12
SM:SY	4,45	5,13	6,53	6,8
SM:SY=20	4,45	5,15	6,54	6,83
SM:SY=20	4,45	5,02	6,72	6,86
SM:SY=35	4,28	5,67	6,32	6,74
SM:SY=35	4,28	5,72	6,46	6,69
SM:SY=50	4,53	4,89	5,88	6,77
SM:SY=50	4,53	4,77	5,74	6,8
SM:K	5,36	5,78	6,72	7,84
SM:K=20	5,47	5,59	7,38	7,59
SM:K=20	5,47	5,6	7,23	7,92
SM:K=35	5,04	5,62	6,46	7,51
SM:K=35	5,04	5,75	6,63	7,58
SM:K=50	5,27	5,87	7,01	7,46
SM:K=50	5,27	6,03	7,25	7,64
SM:B	4,26	5,6	4,82	3,93
SM:B=20	4,25	5,67	5,89	6,46
SM:B=20	4,25	5,69	5,74	6,5
SM:B=35	4,26	7,43	5,22	4,36
SM:B=35	4,26	6,89	4,99	4,51
SM:B=50	4,25	5,42	4,21	3,81
SM:B=50	4,25	5,55	4,39	3,85

Tabel A.4 Penambahan Makanan Larva Hasil Residu

No	Jenis Sampah	Berat Basah (g)										Sisa sampah akhir (g)
		Hari ke-0		Hari ke-4		Hari ke-7						
		Sampah awal (g)	Sampah ditambahkan (g)	Sampah dalam reaktor (g)	Sampah digunakan (g)	Sampah ditambahkan (g)	Sampah dalam reaktor (g)	Sampah digunakan (g)	Sampah ditambahkan (g)	Sampah dalam reaktor (g)	Sampah digunakan (g)	
1	SM:SY=20	300,35	273,32	565,48	8,19	252,29	799,80	17,97				65,00
2	SM:SY=35	525,61	470,42	984,89	11,14	427,49	1388,20	24,18				149,50
3	SM:SY=50	750,87	653,25	1393,21	10,92	575,67	1945,33	23,54				375,00
4	SM:K=20	47,09	43,80	86,74	4,16	54,21	134,98	5,97				59,50
5	SM:K=35	82,42	76,78	154,61	4,59	54,32	202,31	6,62				70,50
6	SM:K=50	117,74	109,89	222,18	5,45	54,42	266,75	9,85				146,00
7	SM:B=20	138,90	124,09	248,88	14,11	113,90	339,77	23,01				32,00
8	SM:B=35	243,08	221,61	448,58	16,11	205,41	630,97	23,01				168,50
9	SM:B=50	347,26	317,17	646,31	18,11	292,86	916,16	23,01				551,50
10	SM:SY	300,35	300,35	592,23	8,46	400,46	970,45	22,25				622,00

Lanjutan Tabel A 4.

No	Jenis Sampah	Berat Basah (g)						Sisa sampah akhir (g)	
		Hari ke-0	Sampah ditambahkan (g)	Sampah dalam reaktor (g)	Sampah digunakan (g)	Sampah ditambahkan (g)	Sampah dalam reaktor (g)		Sampah digunakan (g)
11	SM:K	117,74	117,74	229,92	5,55	156,98	377,25	9,65	272,00
12	SM:B	243,08	243,08	473,55	12,61	593,19	1043,72	23,01	679,00

Tabel A.5 Kadar C-organik Setiap Reaktor

Nama	C-Organik (%)	
	1	12
SM:SY	34,22	16,31
SM:SY=20	34,22	14,65
SM:SY=20	34,22	15,43
SM:SY=35	33,30	16,20
SM:SY=35	33,30	14,52
SM:SY=50	29,55	16,42
SM:SY=50	29,55	17,96
SM:K	32,59	19,15
SM:K=20	32,86	19,83
SM:K=20	32,86	18,18
SM:K=35	29,77	20,93
SM:K=35	29,77	25,21
SM:K=50	32,59	26,83
SM:K=50	32,59	19,54
SM:B	22,78	17,32
SM:B=20	24,54	16,63
SM:B=20	24,54	15,75
SM:B=35	22,78	16,69
SM:B=35	22,78	15,88
SM:B=50	24,15	15,73
SM:B=50	24,15	15,93

Tabel A.6 Kadar Nitrat

Nama	Nitrat (%)	
	1	12
SM:SY	0,015	0,059
SM:SY=20	0,015	0,022
SM:SY=20	0,015	0,020
SM:SY=35	0,026	0,024
SM:SY=35	0,026	0,026
SM:SY=50	0,021	0,033
SM:SY=50	0,021	0,031
SM:K	0,019	0,069
SM:K=20	0,022	0,035
SM:K=20	0,022	0,035
SM:K=35	0,022	0,034
SM:K=35	0,022	0,037
SM:K=50	0,023	0,026
SM:K=50	0,023	0,015
SM:B	0,022	0,023
SM:B=20	0,020	0,022
SM:B=20	0,020	0,032
SM:B=35	0,024	0,050
SM:B=35	0,024	0,051
SM:B=50	0,026	0,044
SM:B=50	0,026	0,046

Tabel A.7 Kadar Amonia

Nama	Amonia (%)	
	1	12
SM:SY	0,086	0,053
SM:SY=20	0,085	0,051
SM:SY=20	0,085	0,051
SM:SY=35	0,085	0,054
SM:SY=35	0,085	0,042
SM:SY=50	0,085	0,062
SM:SY=50	0,085	0,062
SM:K	0,015	0,016
SM:K=20	0,015	0,020
SM:K=20	0,015	0,011
SM:K=35	0,025	0,018
SM:K=35	0,025	0,013
SM:K=50	0,025	0,025
SM:K=50	0,025	0,018
SM:B	0,122	0,083
SM:B=20	0,112	0,071
SM:B=20	0,112	0,071
SM:B=35	0,122	0,082
SM:B=35	0,122	0,081
SM:B=50	0,112	0,081
SM:B=50	0,112	0,081

Tabel A.8 Perhitungan Rasio C/N Awal

Nama	C/N Awal		
	C	N	C/N
SM:SY	34,217	1,144	29,90
SM:SY=20	34,217	1,158	29,56
SM:SY=20	34,217	1,158	29,56
SM:SY=35	33,300	1,102	30,22
SM:SY=35	33,300	1,102	30,22
SM:SY=50	29,553	1,077	27,45
SM:SY=50	29,553	1,077	27,45
SM:K	32,593	0,837	38,95
SM:K=20	32,860	1,172	28,04
SM:K=20	32,860	1,172	28,04
SM:K=35	29,774	1,036	28,74
SM:K=35	29,774	1,036	28,74
SM:K=50	32,593	1,135	28,72
SM:K=50	32,593	1,135	28,72
SM:B	22,778	1,028	22,16
SM:B=20	24,536	1,038	23,64
SM:B=20	24,536	1,038	23,64
SM:B=35	22,778	0,970	23,49
SM:B=35	22,778	0,970	23,49
SM:B=50	24,153	1,051	22,99
SM:B=50	24,153	1,051	22,99

Tabel A.9 Data Pertambahan Berat Larva

Nama	Pertambahan Berat Larva (mg/larva)			
	1	4	7	12
SM:SY=20	0,858	13,483	36,360	38,800
SM:SY=20	0,858	17,967	25,500	27,620
SM:SY=35	0,858	16,100	54,886	52,986
SM:SY=35	0,858	19,840	38,400	55,271
SM:SY=50	0,858	16,175	40,788	57,620
SM:SY=50	0,858	14,935	49,075	42,160
SM:K=20	0,858	4,450	72,950	54,200
SM:K=20	0,858	38,038	31,667	69,667
SM:K=35	0,858	12,700	15,630	39,460
SM:K=35	0,858	13,450	15,580	52,220
SM:K=50	0,858	9,820	23,580	42,960
SM:K=50	0,858	9,240	23,950	40,180
SM:B=20	1,677	15,600	42,460	79,080
SM:B=20	1,677	20,900	49,040	134,660
SM:B=35	1,677	19,080	56,800	131,433
SM:B=35	1,677	31,200	40,740	124,800
SM:B=50	1,677	19,120	43,540	115,820
SM:B=50	1,677	24,840	51,840	133,800

Tabel A.10 Kadar Air pada Larva

No	Jenis Sampah	Kadar Air Hari ke- (%)			
		0	4	7	12
1	SM:SY=20	92	89	90	86
2	SM:SY=35	91	91	90	89
3	SM:SY=50	92	88	90	91

No	Jenis Sampah	Kadar Air Hari ke- (%)			
		0	4	7	12
4	SM:K=20	42	8	49	9
5	SM:K=35	52	21	47	21
6	SM:K=50	50	15	57	23
7	SM:B=20	88	89	90	77
8	SM:B=35	89	91	91	91
9	SM:B=50	87	93	88	89
10	SM:SY	92	82	83	83
11	SM:K	38	14	50	24
12	SM:B	89	92	90	90

Tabel A.11 Persentase Kematian Larva

Nama	Larva Awal (ekor)	Larva Akhir (ekor)	Larva Mati (ekor)	Tingkat kematian (%)
SM:SY=20	300	255	45	15
SM:SY=20	300	249	51	17
SM:SY=35	300	246	54	18
SM:SY=35	300	242	58	19
SM:SY=50	300	223	77	26
SM:SY=50	300	237	63	21
SM:K=20	300	258	42	14
SM:K=20	300	260	40	13
SM:K=35	300	260	40	13
SM:K=35	300	259	41	14
SM:K=50	300	260	40	13
SM:K=50	300	260	40	13
SM:B=20	300	243	57	19

Nama	Larva Awal (ekor)	Larva Akhir (ekor)	Larva Mati (ekor)	Tingkat kematian (%)
SM:B=20	300	246	54	18
SM:B=35	300	249	51	17
SM:B=35	300	253	47	16
SM:B=50	300	248	52	17
SM:B=50	300	255	45	15

Tabel A.12 Pengukuran Kadar Air Sampel Sampah

Nama	Kadar Air Hari ke- (%)			
	1	4	7	12
SM:SY	92,07	87,56	83,07	83,40
SM:SY=20	92,07	89,23	90,05	86,07
SM:SY=20	92,07	89,63	90,69	85,21
SM:SY=35	91,48	90,62	89,55	89,81
SM:SY=35	91,48	90,43	89,97	87,91
SM:SY=50	92,09	83,50	90,43	92,49
SM:SY=50	92,09	92,99	90,07	90,05
SM:K	38,08	13,99	49,70	24,19
SM:K=20	41,70	10,75	52,34	10,81
SM:K=20	41,70	6,08	45,91	7,69
SM:K=35	52,45	7,21	45,29	26,57
SM:K=35	52,45	34,42	48,80	15,33
SM:K=50	49,77	12,05	57,06	28,27
SM:K=50	49,77	17,32	56,52	17,41
SM:B	88,53	91,61	89,66	90,12
SM:B=20	87,74	89,33	90,13	78,92

Nama	Kadar Air Hari ke- (%)			
	1	4	7	12
SM:B=20	87,74	90,47	89,90	76,06
SM:B=35	88,53	91,27	92,05	91,73
SM:B=35	88,53	91,77	84,60	91,22
SM:B=50	86,72	94,41	91,54	90,75
SM:B=50	86,72	81,97	92,67	86,60

Tabel A. 13 Rasio C/N Akhir

Nama	C/N Akhir		
	C	N	C/N
SM:SY	16,31	1,19	13,76
SM:SY=20	14,65	1,36	10,80
SM:SY=20	15,43	1,35	11,44
SM:SY=35	16,20	1,27	12,73
SM:SY=35	14,52	1,19	12,20
SM:SY=50	16,42	1,21	13,52
SM:SY=50	17,96	1,19	15,11
SM:K	19,15	1,74	11,02
SM:K=20	19,83	1,47	13,48
SM:K=20	18,18	1,45	12,50
SM:K=35	20,93	1,49	14,09
SM:K=35	25,21	1,48	16,98
SM:K=50	26,83	1,69	15,90
SM:K=50	19,54	1,68	11,61
SM:B	17,32	1,02	16,92
SM:B=20	16,63	1,15	14,47
SM:B=20	15,75	1,14	13,83
SM:B=35	16,69	1,05	15,86

Nama	C/N Akhir		
	C	N	C/N
SM:B=35	15,88	1,04	15,34
SM:B=50	15,73	1,48	10,60
SM:B=50	15,93	1,49	10,69

Tabel A. 14 Penambahan Berat Larva

Nama	Berat Awal Larva (mg/larva)	Berat Akhir Larva (mg/larva)	Pertambahan Berat (mg/larva)	Pertambahan Berat (mg/hr)
SM:SY=20	0,858	38,800	37,942	3,449
SM:SY=20	0,858	27,620	26,762	2,433
SM:SY=35	0,858	52,986	52,128	4,739
SM:SY=35	0,858	55,271	54,413	4,947
SM:SY=50	0,858	57,620	56,762	5,160
SM:SY=50	0,858	42,160	41,302	3,755
SM:K=20	0,858	54,200	53,342	4,849
SM:K=20	0,858	69,667	68,809	6,255
SM:K=35	0,858	39,460	38,602	3,509
SM:K=35	0,858	52,220	51,362	4,669
SM:K=50	0,858	42,960	42,102	3,827
SM:K=50	0,858	40,180	39,322	3,575
SM:B=20	1,677	79,080	77,403	7,037
SM:B=20	1,677	134,660	132,983	12,089
SM:B=35	1,677	131,433	129,756	11,796
SM:B=35	1,677	124,800	123,123	11,193
SM:B=50	1,677	115,820	114,143	10,377
SM:B=50	1,677	133,800	132,123	12,011

Tabel A. 15 Analisis Statistika dengan Anova One Way Feeding Rate Terhadap Tingkat Reduksi

f	N	Mean	StDev	95% CI	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sampah sisa makanan dan sayur										
20	2	84,92	3,21	(78,38, 91,47)	f	2	212,06	106,031	12,54	0,035
35	2	80,58	3,76	(74,04, 87,13)	Error	3	25,36	8,455		
50	2	70,715	0,949	(64,172, 77,259)	Total	5	237,43			
Sampah sisa makanan dan buah										
20	2	49,48	2,22	(44,75, 54,22)	f	2	348,15	174,074	39,27	0,007
35	2	64,64	1,72	(59,91, 69,38)	Error	3	13,3	4,433		
50	2	47,64	2,32	(42,91, 52,38)	Total	5	361,45			
Sampah sisa makanan dan kebun										
20	2	76,979	0,16	(71,814, 82,144)	f	2	1642,67	821,336	155,91	0,001
35	2	71,84	3,2	(66,67, 77,00)	Error	3	15,8	5,268		
50	2	39,59	2,35	(34,43, 44,76)	Total	5	1658,48			

Tabel A. 16 Analisis Statistika dengan Anova One Way Jenis Makanan Terhadap Tingkat Reduksi

f	N	Mean	StDev	95% CI	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Feeding 20 mg/larva/hari										
1	2	84,92	3,21	(79,85; 90,00)	C10	2	1383	691,682	135,96	0,001
2	2	49,48	2,22	(44,41; 54,56)	Error	3	15,26	5,087		
3	2	76,979	0,16	(71,903; 82,055)	Total	5	1399			
Feeding 35 mg/larva/hari										
1	2	80,58	3,76	(73,78; 87,38)	C10	2	254,8	127,42	13,96	0,03
2	2	64,64	1,72	(57,85; 71,44)	Error	3	27,39	9,129		
3	2	71,84	3,2	(65,04; 78,64)	Total	5	282,2			
Feeding 50 mg/larva/hari										
1	2	70,715	0,949	(66,249; 75,182)	C10	2	1044	521,923	132,48	0,001
2	2	47,64	2,32	(43,18; 52,11)	Error	3	11,82	3,94		
3	2	39,59	2,35	(35,13; 44,06)	Total	5	1056			

Tabel A. 17 Analisis Statistika dengan Anova One Way Feeding Rate Terhadap Pertumbuhan Larva

f	N	Mean	StDev	95% CI	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sampah sisa makanan dan sayur										
20	2	32,35	7,91	(14,70; 50,00)	f	2	489,2	244,59	3,97	0,143
35	2	53,27	1,62	(35,62; 70,92)	Error	3	184,6	61,54		
50	2	49,03	10,93	(31,38; 66,68)	Total	5	673,8			
Sampah sisa makanan dan kebun										
20	2	61,08	10,94	(42,48; 79,67)	f	2	461,3	230,63	3,38	0,171
35	2	44,98	9,02	(26,39; 63,58)	Error	3	204,9	68,29		
50	2	40,71	1,97	(22,12; 59,31)	Total	5	666,1			
Sampah sisa makanan dan buah										
20	2	105,2	39,3	(51,2; 159,2)	f	2	522,8	261,4	0,45	0,673
35	2	126,44	4,69	(72,43; 180,45)	Error	3	1728	576,1		
50	2	123,13	12,71	(69,12; 177,14)	Total	5	2251			

Tabel A. 18 Analisis Statistika dengan Anova One Way Jenis Makanan Terhadap Pertumbuhan Larva

f	N	Mean	StDev	95% CI	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Feeding 20 mg/larva/hari										
1	2	32,35	7,91	(-21,64; 86,34)	js	2	5385	2692,4	4,68	0,12
2	2	61,08	10,94	(7,09; 115,06)	Error	3	1727	575,6		
3	2	105,2	39,3	(51,2; 159,2)	Total	5	7111			
Feeding 35 mg/larva/hari										
1	2	53,27	1,62	(39,89; 66,65)	js	2	8039	4019,26	113,73	0,001
2	2	44,98	9,02	(31,60; 58,36)	Error	3	106	35,34		
3	2	126,44	4,69	(113,06; 139,82)	Total	5	8145			
Feeding 50 mg/larva/hari										
1	2	49,03	10,93	(27,10; 70,97)	js	2	8236	4117,8	43,34	0,006
2	2	40,71	1,97	(18,78; 62,65)	Error	3	285	95		
3	2	123,13	12,71	(101,20; 145,07)	Total	5	8521			

LAMPIRAN 3: DOKUMENTASI



Gambar A.1 Susunan Reaktor



Gambar A.2 Larva Hasil Panen



Gambar A.3 Persiapan Sampel Buah



Gambar A.4 Persiapan Sampel Sayur



Gambar A.5 Penimbangan Berat Larva



Gambar A.6 Pengukuran pH sampel



Gambar A.7 Sampah sisa makanan dan buah dalam reaktor



Gambar A.8 Sampah sisa makanan dan sayur dalam reaktor



Gambar A.9 Larva dan prepupa BSF



Gambar A.10 Pengukuran kadar nitrat

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Rini Hartono. Lahir di Klaten, Jawa Tengah pada tanggal 3 Mei 1997. Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 1 Gombang, SMP Negeri 1 Cawas dan SMA Negeri 1 Cawas. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan ITS dengan program studi Teknik Lingkungan dan terdaftar dengan NRP 03211540000050.

Semasa kuliah penulis aktif sebagai panitia kegiatan di departemen maupun fakultas. Penulis juga aktif sebagai anggota organisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL ITS) sebagai staff divisi sosial masyarakat pada periode 2016/2017 dan sekertaris divisi sosial masyarakat pada periode 2017/2018. Penulis melakukan kerja praktik pada tahun 2018 di PT. Cheil Jedang Jombang, Indonesia dengan judul Studi Pengolahan Limbah Cair PT. Cheil Jedang, Jombang. Penulis dapat dihubungi melalui email: rinihartono12@gmail.com.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rini Hartono
NRP : 03211090000050
Judul : Penentuan Optimalisasi Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (Hermetia illucens) dalam Mereduksi Sampah Organik.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	5 April 2019	Asistensi data hasil lab	Ag
2.	23 April 2019	Asistensi analisa data hasil lab. Revisi pertumbuhan larva. Buat grafik perbandingan nitrat, amonia dan N organik awal dan akhir. Grafik di buat dengan sigma plot.	Ag
3.	30 April 2019	Pertemuan yang diperlukan supaya memenuhi standar SNI kompos Ubah konsentrasi amonia campuran sayur di akhir	Ag Ag
4.	4 Mei 2019	Progres pembahasan Penjelasan perubahan pH Analisa Statistika Pertumbuhan larva dibuat grafik bar chart.	Ag
5.	27 Mei 2019	Revisi hasil sidang progres Hasil analisa protein Publikasi	Ag
6.	10 Juni 2019	Perbaikan dan tambahan pembahasan BAB 9. Analisa statistika	Ag
7.	17 Juni 2019	Buat sub bab pembahasan hasil residu BSF dengan Standar Kompos SNI	Ag
8.	28 Juni 2019	Perbaiki kesimpulan dan saran. Asistensi laporan TA	Ag

Surabaya,
Dosen Pembimbing



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141681 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019
Pukul : 15.00-17.00 WIB
Lokasi : TL 102
Judul : Penentuan Optimalisasi Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik
Nama : Rini Hartono
NRP. : 0321154000050
Topik : Penelitian

Nilai TOEFL 443

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	Perbaiki kesalahan ketik pp
2	Mass balance → diagram in and out
3	Data-data hasil rata-rata di mana??

Ab 24/19
/7

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastya ST., MT., M.Phil., Ph.D.



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141561 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Selasa, 16 Juli 2019
Pukul 15.00-17.00 WIB
Lokasi TL 102
Judul Penentuan Optimalisasi Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik
Nama Rini Hartono
NRP. 0321154000050
Topik Penelitian

Tabel statistik di cantumkan pada hasil :

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
-	Apakah alasan digunakannya ratio SR : sampel kurang 30:1? Jika tidak ada 20, 35, 50 mg/larva.hari?
-	Apakah alasan tidak ada 3 mg/larva.hari dianggap optimum? hasil analisis tidak ditunjukkan di TA.
-	Jelaskan prosedur ² di lampiran
-	" SYLATTI TIK SENUA ! ✓
hal 44	dituliskan pH media di semua reaktor? → Ada yg dmn.
-	Jelaskan kenapa pH ↑ & ada yg ↓ ✓
hal 48	C org → sumber energi bakteri N → pembentukan sel bakteri jernih.
Slide 13	Ada 78% sampah pindah ke larva larva.
-	Ubahlah mass balance? Jelmif

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Prof. Dr. Yulnah Trihadiningrum, M. App.Sc

Dosen Pembimbing Arseto Yekti Bagastya ST., MT., M.Phil., Ph D.

Jelmif
Ar



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019
Pukul : 15.00-17.00 WIB
Lokasi : TL 102
Judul : Penentuan Optimalisasi Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik
Nama : Rini Hartono
NRP. : 0321154000050
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Perbaiki penulisan dapat dilihat di buku ✓
2.	Saran diperbaiki ✓
3.	Bagaimana dengan perlakuan sampah kebun? ✓
	- d, 22/7 2019

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Alfan Purnomo, ST, MT
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM

()

Dosen Pembimbing Arselo Yekti Bagastya ST., MT., M.Phil., Ph.D.

()



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019
Pukul : 15.00-17.00 WIB
Lokasi : TL 102
Judul : Penentuan Optimalisasi Feeding Rate Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik
Nama : Rini Hartono
NRP. : 0321154000050
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
①	<p><u>Penulisan</u> Kata pengantar Daftar isi Reaktor? Lampiran belum diinput ke dalam bab-bab. Foto? Tabel melebihi margin penulisan. Standard Error? Uji statistik \rightarrow uji t uji p \rightarrow <u>lampiran</u> hasil uji redeli & patrel bint. Carr</p> <p>25/7/2019 Rini</p>

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Harmin Sulistyoning Titah, S.T., M.T., Ph.D

(Harmin)

Dosen Pembimbing Arseto Yekti Bagastya ST., MT., M.Phil., Ph.D.

(Arseto)



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Rini Hartono
NRP : 0321154000050
Judul Tugas Akhir : Penentuan Optimalisasi Feeding Rate Larva Black Soldier Fly
(Hermetia illucens) dalam Mereduksi Sampah Organik.

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Perbaiki kesabahan ketik	1. Telah diperbaiki
2	Massbalance → diagram in dan out	2. Perbaikan pada halaman 65-68.
3	Data - data hasil rata-rata	3. Perbaikan terdapat pada lampiran 2.

Dosen Pembimbing,

Aristo Fefti Bogasty, ST., MT., M.Phil., Ph.D

Mahasiswa Ybs.,

Rini Hartono

