



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PEMANFAATAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY*
(*HERMETIA ILLUCENS*) UNTUK MEREDUKSI SAMPAH
ORGANIK DENGAN VARIASI JENIS DAN KOMPOSISI
SAMPAH**

NIKI FADHILLAH
0321154000026

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



FINAL PROJECT - RE 184804

UTILIZATION OF BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE TO REDUCE ORGANIC SOLID WASTE WITH VARIATIONS OF TYPES AND COMPOSITION OF SOLID WASTE

NIKI FADHILLAH
NRP. 0321154000026

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

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

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS)* UNTUK MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK DENGAN VARIASI JENIS DAN KOMPOSISI SAMPAH

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

Oleh:
NIKI FADHILLAH
NRP. 0321154000026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.
NIP. 19820804 200501 1001



PEMANFAATAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*HERMETIA ILLUCENS*) UNTUK MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK DENGAN VARIASI JENIS DAN KOMPOSISI SAMPAH

Nama Mahasiswa : Niki Fadhillah
NRP : 0321154000026
Departemen : Teknik Lingkungan ITS
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T.,
M.Phil., Ph.D.

ABSTRAK

Metode pengelolaan sampah di Indonesia masih dititik beratkan pada metode penimbunan sampah di TPA. Sampah di Indonesia didominasi oleh sampah organik. Sampah organik di Kota Surabaya menduduki tingkat pertama dengan persentase 71,96%. Pengelolaan sampah memanfaatkan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dari spesies *Hermetia illucens* mampu mereduksi sampah organik sebesar 50-85%. Selain itu, larva BSF dapat dipanen dan dijadikan pakan ternak karena mampu mengonversi sampah menjadi kandungan nutrisi dalam tubuhnya. Penelitian ini memiliki tiga tujuan yaitu tujuan pertama untuk menentukan rasio komposisi sampah dengan variasi jenis sampah yang dapat memberikan persentase reduksi terbesar. Tujuan kedua adalah menentukan tingkat pengaruh pertumbuhan larva dari variasi rasio terpilih. Tujuan ketiga menentukan karakteristik fisik-kimia hasil dekomposisi sampah organik oleh larva BSF.

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, dengan menggunakan larva BSF berusia enam hari. Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel penelitian yaitu variabel jenis sampah yang digunakan dan variabel rasio komposisi campuran sampah. Jenis sampah campuran yang digunakan adalah sampah sisa makanan yang dicampurkan dengan masing-masing residu kompos *windrow*, kompos *windrow* setengah matang, dan kotoran sapi. Rasio komposisi sampah yang digunakan adalah 90:10, 70:30, dan 60:40.

Hasil penelitian didapatkan persentase reduksi sampah organik terbesar oleh larva BSF adalah pada rasio 90:10 disetiap komposisi sampah campuran. Reduksi sampah pada campuran sisa makanan dan *windrow* setengah matang (SM:WS) 90:10 sebesar 82,18%. Reduksi sampah pada campuran sisa makanan dan residu kompos *windrow* (SM:RW) 90:10 sebesar 79%. Reduksi sampah pada campuran sisa makanan dan kotoran sapi (SM:KS) 90:10 sebesar 74,5%. Kandungan protein yang terkonversi pada jenis SM:WS (90:10) adalah 54,6%, SM:RW (90:10) adalah 63,11% dan pada SM:KS (90:10) 48,75%.

Kata kunci : *Black Soldier Fly*, *Hermetia illucens*, larva, reduksi sampah, dan sampah organik

UTILIZATION OF BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE TO REDUCE ORGANIC SOLID WASTE WITH VARIATIONS OF TYPES AND COMPOSITION OF SOLID WASTE

Name of Student : Niki Fadhillah
Student ID : 0321154000026
Department : Environmental Engineering ITS
Advisor : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T.,
M.Phil., Ph.D.

ABSTRACT

The solid waste management method in Indonesia was still focused on the landfilling method. Solid waste composition in Indonesia was dominated by organic waste. Organic solid waste in Surabaya City occupies the first level, that reaching up to 71,96%. The alternative management of organic waste will be able to reduce the waste load which is enter the landfill. Waste management using Black Soldier Fly (BSF) larvae from the *Hermetia illucens* species capable of reducing organic waste by 50-85%. Besides, BSF larvae can be harvested and used as animal feed because they can convert waste into nutrients in the body. This study has three objectives, the first objective is to determine the composition ratio of waste with variations in the type of waste that can provide the largest reduction percentage. The second objective is to determine the level of larval growth from each selected variation ratio. The third objective is to determine the physical-chemical characteristics of the decomposition of organic waste carried out by BSF larvae.

This research was carried out on a laboratory scale, using BSF larvae aged six days. The types of waste that used was mixtures of fresh food waste with other organic waste types, i.e., immature windrow composting material, windrow compost residue, and fresh cow manure at three different composition ratios. The composition ratio of food waste with the other wastes used was 90:10, 70:30, and 60:40.

The results showed that the highest reduction was at the ratio of 90:10 achieved for each component of mixtures waste.

Waste reduction in mixtures of food waste and immature windrow composting material (SM:WS) 90:10 was 82,18%. Waste reduction in mixtures of food waste and windrow compost residue (SM:RW) 90:10 was 79%. Waste reduction in mixtures of food waste and cow manure (SM:KS) 90:10 was 74,5%. The converted protein content in type SM:WS (90:10) was 54,6%, SM:RW (90:10) was 63,11% and in SM:KS (90:10) was 48,75%.

Keywords: Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, larvae, organic waste, and waste reduction

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan ilmu, perlindungan, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Pemanfaatan Larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* untuk Mereduksi Sampah Organik dengan Variasi Jenis dan Komposisi Sampah". Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran pembuatan laporan tugas akhir ini, yakni:

1. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu, bantuan, kesabaran, motivasi dan waktu dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
2. Bapak Welly Herumurti, S.T., M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir 2019.
3. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc., Ibu IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM., Ibu Harmin Sulistyoning Titah, ST., MT., PhD., dan Bapak Alfian Purnomo, S.T., M.T. selaku dosen pengarah, terima kasih atas arahan, kritik yang membangun dan saran yang telah diberikan.
4. Segenap dosen pengajar beserta staff dan karyawan Teknik Lingkungan FTSLK ITS yang telah memberikan bantuan, ilmu, dan pengajaran.
5. Bapak Hadi, Bapak Ashari, Mbak Lia, dan seluruh karyawan PDU Jambangan Surabaya, terimakasih atas bantuan, waktu dan kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian.
6. Bapak Hadi Sutrisno, Bapak Ashari dan Ibu Iin selaku laboran yang senantiasa membantu selama di Laboratorium.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan 2015 khususnya Pingky, Zulfa, Icha, Meyana, Fani, dan Kukuh yang tidak henti-hentinya menjadi penyemangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman setim Kurniawan, Rini, Fahrudin dan Arum yang telah berjuang bersama dan senantiasa membantu.
9. Semua pihak yang telah membantu pembuatan tugas akhir ini.

Penulisan tugas akhir ini tidak akan berhasil tanpa adanya dukungan dan do'a bapak, ibu, adik, dan kakak. Kedua orang tua penulis yang selalu mendengarkan keluh dan kesah penulis, serta memberikan banyak bantuan moral maupun materi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat berterimakasih atas dukungan dari keluarga penulis. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2019
Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Ruang Lingkup | 4 |
| 1.5 Manfaat | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Sampah Organik Bahan Baku Pakan Larva BSF | 5 |
| 2.1.1 Sampah Sisa Makanan dan Sampah Kebun | 5 |
| 2.1.2 Sampah Rumah Potong Hewan (RPH) | 6 |
| 2.1.3 Sampah <i>Windrow Composting</i> | 7 |
| 2.2 Pengomposan Sampah Organik | 8 |
| 2.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan | 8 |
| 2.2.2 Tingkat Kematangan Kompos | 10 |
| 2.3 Gambaran Umum <i>Black Soldier Fly</i> | 11 |
| 2.3.1 Siklus Hidup <i>Black Soldier Fly</i> | 11 |
| 2.3.2 Kandungan Kimia Larva BSF | 13 |
| 2.3.3 Kondisi Optimum Larva BSF | 15 |
| 2.4 Reduksi Sampah Organik dengan BSF | 15 |
| 2.5 Penelitian Terdahulu | 16 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 19 |
| 3.1 Deskripsi Umum | 19 |
| 3.2 Kerangka Penelitian | 19 |
| 3.3 Tahapan Penelitian | 22 |
| 3.3.1 Ide Penelitian | 23 |
| 3.3.2 Studi Literatur | 23 |
| 3.3.3 Persiapan Penelitian | 23 |
| 3.3.4 <i>Survey</i> dan Penelitian Pendahuluan | 27 |
| 3.3.5 Penelitian Utama | 31 |
| 3.3.6 Pengumpulan Data | 37 |
| 3.3.7 Analisis Data | 40 |

| | |
|---|-----|
| 3.4.8 Kesimpulan dan Saran | 41 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 43 |
| 4.1 Karakteristik Awal dan Penelitian Pendahuluan..... | 43 |
| 4.1.1 Kadar Air Awal Sampel Sampah | 44 |
| 4.1.2 pH Awal Sampel Sampah..... | 45 |
| 4.1.3 Suhu Awal Sampel Sampah..... | 45 |
| 4.1.4 Rasio C/N Awal Sampel | 45 |
| 4.2 Hasil Analisis Penelitian Utama..... | 46 |
| 4.2.1 Karakteristik Awal Sampah Campuran..... | 47 |
| 4.2.2 Kondisi Suhu dan pH Sampah | 50 |
| 4.2.3 Kadar Air Sampah | 55 |
| 4.2.4 Kadar C dan N dalam Sampah..... | 57 |
| 4.2.5 Rasio C/N Hasil Dekomposisi..... | 61 |
| 4.2.6 Persentase Reduksi Sampah | 64 |
| 4.2.7 Rekapitulasi Karakteristik Fisik-Kimia Hasil Dekomposisi | 67 |
| 4.3 Pertumbuhan Larva BSF | 68 |
| 4.3.1 Pertambahan Berat Larva BSF | 69 |
| 4.3.2 Kandungan Protein Larva BSF | 74 |
| 4.3.3 Analisis Statistika ANOVA | 75 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 77 |
| 5.1 Kesimpulan | 77 |
| 5.2 Saran | 78 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 79 |
| LAMPIRAN A | 87 |
| LAMPIRAN B | 99 |
| LAMPIRAN C | 101 |
| BIOGRAFI PENULIS | 123 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Daur Hidup <i>Black Soldier Fly</i> | 13 |
| Gambar 3.1 Kerangka Penelitian | 22 |
| Gambar 3.2 Desain Reaktor Larva BSF | 25 |
| Gambar 3.3 Detail Desain Reaktor | 26 |
| Gambar 3.4 Reaktor Larva BSF Skala Penelitaian | 26 |
| Gambar 4.1 Sampel Sampah | 43 |
| Gambar 4.2 <i>Feeding</i> Reaktor Sampah BSF | 47 |
| Gambar 4.3 Hasil Perubahan Suhu | 51 |
| Gambar 4.4 Perubahan pH Reaktor Kontrol | 52 |
| Gambar 4.5 Perubahan pH Reaktor Utama | 53 |
| Gambar 4.6 Hasil Pengukuran Kadar Air Sampah | 56 |
| Gambar 4.7 Pengukuran C-Organik Awal dan Akhir Kontrol | 58 |
| Gambar 4.8 Pengukuran C-Organik Awal dan Akhir Sampah Campuran | 58 |
| Gambar 4.9 Pengukuran N Awal dan Akhir Kontrol | 59 |
| Gambar 4.10 Pengukuran N Awal dan Akhir Reaktor Campuran | 60 |
| Gambar 4.11 Perbandingan C/N Awal dan Akhir Kontrol | 62 |
| Gambar 4.12 Perbandingan C/N Awal dan Akhir Sampah Campuran | 62 |
| Gambar 4.13 Penimbangan Residu Akhir | 64 |
| Gambar 4.14 Keseimbangan Massa | 66 |
| Gambar 4.14 Larva BSF hari ke-12 | 69 |
| Gambar 4.15 Kadar Air Larva BSF | 70 |
| Gambar 4.16 Pertambahan Berat Kering Larva BSF | 71 |
| Gambar LA.1 Kurva Kalibrasi Amonium | 95 |
| Gambar LA.2 Kurva Kalibrasi Nitrat | 97 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Karakteristik Sampah Sisa Makanan dan Sampah Kebun | 5 |
| Tabel 2.2 Jumlah dan Komposisi Limbah Padat RPH | 6 |
| Tabel 2.3 Karakteristik Unsur Hara Kotoran Ternak | 7 |
| Tabel 2.4 Standart Kualitas Kompos | 10 |
| Tabel 2.5 Kandungan Kimia Tubuh BSF | 13 |
| Tabel 2.6 Kandungan Asam Amino pada Tubuh Larva BSF | 14 |
| Tabel 2.7 Hasil Penelitian Terdahulu | 16 |
| Tabel 3.1 Karakteristik Awal Sampah | 27 |
| Tabel 3.2 Rekapitulasi Perhitungan Karakteristik Awal Campuran Sampah | 30 |
| Tabel 3.3 Jenis Perlakuan dan Variasi Reaktor | 33 |
| Tabel 3.4 Total Kebutuhan Sampel Sampah | 36 |
| Tabel 3.5 Pengukuran Data | 40 |
| Tabel 4.1 Kadar air Awal Sampel Sampah | 44 |
| Tabel 4.2 pH Awal Sampel Sampah | 45 |
| Tabel 4.3 Suhu Awal Sampel Sampah | 45 |
| Tabel 4.4 C-organik, N-organik dan C/N Awal Sampel Sampah | 46 |
| Tabel 4.5 Rekapitulasi Karakteristik Awal Sampah Campuran | 48 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengukuran C/N Hasil Dekomposisi | 61 |
| Tabel 4.7 Reduksi Hasil Dekomposisi | 64 |
| Tabel 4.8 Rekapitulasi Karakteristik Fisik-Kimia Hasil Dekomposisi | 67 |
| Tabel 4.9 Pertambahan Berat Per-ekor Larva BSF | 72 |
| Tabel 4.10 Perhitungan Larva BSF Akhir | 74 |
| Tabel 4.11 Kandungan Protein Larva BSF | 75 |
| Tabel 4.12 Referensi Kandungan Protein Larva BSF | 75 |
| Tabel LA.1 Kalibrasi Spektrofotometer NH ₄ | 94 |
| Tabel LC.1 Pengukuran Suhu | 101 |
| Tabel LC.2 Pengukuran pH | 103 |
| Tabel LC.3 Pengukuran Kadar C dan N Awal | 105 |
| Tabel LC.4 Pengukuran Kadar C dan N Akhir | 107 |
| Tabel LC.5 Pengukuran Berat Basah Larva | 109 |
| Tabel LC.6 Pengukuran Kadar Air Larva | 110 |
| Tabel LC.7 Pengukuran Kadar Sampah | 110 |
| Tabel LC.8 Kadar N-amonium dan N-nitrat (Data Duplo) | 112 |
| Tabel LC.9 Kadar N dan N-organik Awal Akhir | 113 |

| | |
|---|-----|
| Tabel LC.10 Kadar C Awal dan Akhir (Data Duplo) | 114 |
| Tabel LC.11 ANOVA Pengaruh Variabel Komposisi Terhadap Reduksi Sampah (%)..... | 116 |
| Tabel LC.12 ANOVA Pengaruh Variabel Komposisi Terhadap Pertumbuhan Larva | 118 |
| Tabel LC.13 ANOVA Pengaruh Larva BSF Terhadap Penurunan C/N Akhir | 120 |
| Tabel LC.14 Pengukuran Berat Substrat dalam Reaktor | 121 |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan sampah di Indonesia masih dititik beratkan pada metode penimbunan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Menurut data Badan Pusat Statistik Kota Surabaya (2018), jumlah sampah yang dihasilkan pada tahun 2017 mencapai 2.058 ton per harinya. Jumlah ini mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya, dimana pada tahun 2016 jumlah sampah di Surabaya adalah 1.500 ton per hari. Sampah di Kota Surabaya lebih banyak didominasi oleh sampah organik *biodegradable*. Besarnya komposisi sampah organik di Kota Surabaya pada tahun 2012 menduduki tingkat pertama yaitu sebesar 71,96% (Nikmah dan Warmadewanthi, 2013).

Selain itu, sampah organik juga dihasilkan dari berbagai sektor industri. Salah satunya industri Rumah Potong Hewan (RPH). RPH terbesar di Kota Surabaya adalah RPH Pegirian. RPH ini mampu memotong 150 ekor hewan sapi, 40 ekor kambing setiap harinya, dan 30 ekor babi setiap dua hari. Limbah padat RPH yang dihasilkan terdiri atas rumen sebesar 0,38 ton, kotoran hewan ternak, dan rumput sisa pakan sebesar 5,26 ton (Ratnawati dan Trihadiningrum, 2014). Menurut data tersebut limbah padat RPH Pegirian belum dilakukan pengelolaan. Limbah padat RPH Pegirian biasanya ditumpuk di tempat terbuka dan ada pula yang langsung dibuang ke TPA. Hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan bila tidak diolah.

Mengatasi permasalahan sampah organik seperti yang telah disebutkan di atas, perlu adanya alternatif pengelolaan sampah organik. Salah satunya adalah metode pengelolaan sampah memanfaatkan Larva *Black Soldier Fly* (BSF). Metode pengelolaan sampah berkelanjutan dengan larva BSF ini dapat mengurangi beban sampah di TPA (Nguyen *et al.*, 2015). Larva BSF (*Hermetia illucens*) memiliki aktivitas selulolitik dengan adanya bakteri pada ususnya (Supriatna dan Ukit, 2016). Keberadaan bakteri dalam usus larva BSF tersebut dapat membantu larva dalam mengonversi limbah organik khususnya degradasi selulosa. Larva BSF mampu mengonversi sampah organik menjadi protein dan

lemak dalam biomassa tubuhnya. Kandungan protein yang terkonversi dalam tubuh larva BSF cukup tinggi, yaitu 30-47,6% bergantung pada jenis makan yang diberikan (Diener *et al.*, 2009, Wang dan Shelomi., 2017). Kandungan lemak dan protein yang tinggi ini membuat larva BSF dapat dijadikan bahan pakan ternak (Barragan-Fonseca *et al.*, 2017).

Studi terdahulu telah meneliti bahwa proses biokonversi oleh larva BSF mampu mereduksi sampah organik sebesar 66,4-78,9% pada campuran sampah sisa makanan (Diener *et al.*, 2011). Reduksi sampah sebesar 56% pada pemberian sampah kotoran ternak (Newton *et al.*, 2005). Pada campuran sampah sisa makanan dan kotoran manusia dihasilkan reduksi sebesar 85% berat basah (Dortmans, 2015). Menurut penelitian Diener (2010), pertumbuhan larva BSF sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang diberikan pada larva BSF saat proses dan *feeding rate* yang diberikan.

Pusat Daur Ulang (PDU) Jambangan Surabaya memanfaatkan sampah kebun untuk pengomposan dengan metode *windrow composting*. Pada proses *windrow composting* ini masih dihasilkan residu. PDU Jambangan memanen kompos *windrow* setiap lima hari sekali. Reduksi sampah pada sistem *windrow composting* adalah 21,96-78,59% (Rohim dan Bagastyo, 2016). Residu kompos *windrow* biasanya dibuang ke TPA, tanpa ada pengelolaan lanjutan. Selain residu kompos *windrow*, untuk mengurangi timbulan sampah *windrow*, sampah *windrow* setengah matang juga dimanfaatkan sebagai bahan campuran sampah untuk pakan larva BSF. Selain itu, sampah *windrow* juga dipilih karena sampah *windrow* adalah jenis sampah yang telah melalui proses dekomposisi. Menurut Dortmans *et al.* (2017), jenis sampah organik yang telah melalui proses penguraian bakteri maupun jamur lebih mudah dikonsumsi oleh larva BSF.

Pemilihan sampah sisa makanan sebagai bahan makanan BSF adalah karena jumlah sampah sisa makanan memiliki persentase sampah organik terbesar di Surabaya. Jumlah sampah sisa makanan yaitu sebesar 310497,14 ton pada tahun 2012 (Nikmah dan Warmadewanthi, 2013). Sampah sisa makanan juga memberikan persentase reduksi sampah oleh larva BSF sebesar 51,3%, nilai ini lebih besar dari pada sampah buah yaitu 24,3% (Mahardika, 2016).

Kotoran sapi RPH dipilih sebagai bahan campuran pada proses biokonversi menggunakan larva BSF. Kotoran ternak mengandung unsur makro (nitrogen, fosfor, kalium) dan unsur mikro (kalsium dan magnesium) yang baik untuk tanah (Suparman dan Supiati, 2004). Menurut penelitian Sheppard (1983), larva BSF mampu mereduksi kotoran hewan ternak hingga 56% berat basah. Larva BSF juga mampu mereduksi kotoran sapi segar hingga 53,02% (Li *et al.*, 2011).

Didukung oleh faktor tersebut, maka penelitian ini akan membahas mengenai pemanfaatan larva BSF untuk mereduksi sampah organik. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan dua variabel yaitu variasi jenis sampah dan rasio komposisi sampahnya. Jenis sampah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah sisa makanan, sampah *windrow composting* dan sampah RPH berupa kotoran sapi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapakah rasio komposisi sampah dengan variasi jenis sampah yang dapat memberikan persentase reduksi terbesar?
2. Bagaimana tingkat pengaruh pertumbuhan larva dari masing-masing variasi rasio terpilih?
3. Bagaimana karakteristik fisik-kimia hasil dekomposisi sampah organik yang dilakukan oleh larva BSF?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan rasio komposisi sampah dengan variasi jenis sampah yang dapat memberikan persentase reduksi terbesar.
2. Menentukan tingkat pengaruh pertumbuhan larva dari masing-masing variasi rasio terpilih.
3. Menentukan karakteristik fisik-kimia hasil dekomposisi sampah organik yang dilakukan oleh larva BSF.

1.4 Ruang Lingkup

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

1. Penelitian ini dilaksanakan pada rentang waktu Februari 2019 hingga Mei 2019.
2. Penelitian ini dilaksanakan di *Workshop* dan Laboratorium Teknologi Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS.
3. Larva yang digunakan adalah larva dari spesies *Hermetia illucens* yang berusia 6 hari.
4. Pelaksanaan penelitian pada tiap tahapan dilaksanakan selama 12 hari sesuai dengan waktu pertumbuhan larva BSF sebelum terbentuknya prapupa.
5. Sampel sampah yang digunakan adalah sampah sisa makanan, sampah residu kompos *windrow*, sampah *windrow* setengah matang, dan sampah RPH berupa kotoran sapi.
6. Parameter yang diamati adalah suhu selama proses pengomposan, pH, C-organik, N-organik, kadar air, suhu, penambahan berat larva BSF, dan kandungan protein larva.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai informasi potensi reduksi sampah sisa makanan, sampah residu kompos *windrow*, sampah *windrow* setengah matang, dan sampah kotoran sapi oleh larva BSF.
2. Sebagai alternatif pengolahan sampah organik yang dapat dikembangkan di daerah lain.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Organik Bahan Baku Pakan Larva BSF

Sampah adalah bahan buangan padat maupun semi padat yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan hewan yang dibuang karena tidak dibutuhkan (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Sampah organik *biodegradable* adalah sampah yang dapat terurai oleh organisme hidup lainnya yang berasal dari tumbuhan atau hewan.

2.1.1 Sampah Sisa Makanan dan Sampah Kebun

Jumlah sampah sisa makanan sangat dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan kesadaran masyarakat. Sampah sisa makanan banyak menimbulkan permasalahan diantaranya menimbulkan bau tak sedap, lingkungan tercemar serta mengganggu kesehatan manusia. Berdasarkan data Nikmah dan Warmadewanthi (2013), sampah organik di Kota Surabaya menempati posisi teratas dengan persentase 71,96%. Menurut data tersebut sampah organik terbagi menjadi sampah sisa makanan sebesar 310497,14 ton dan sampah kebun sebesar 21757,88 ton. Pengelolaan sampah makanan dan sampah kebun secara tepat merupakan sebuah tantangan yang harus dihadapi oleh setiap daerah.

Larva BSF mampu mengonsumsi sampah organik yang berasal dari sampah buah, sayur, kebun, sisa makanan, kotoran hewan dan kotoran manusia (Dortmans *et al.*, 2017). Jumlah sampah sisa makanan dan sampah kebun yang tinggi inilah yang akan dimanfaatkan. Karakteristik sampah sisa makanan dan *windrow composting* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Sampah Sisa Makanan dan Sampah Kebun

| Jenis Sampah | Parameter | Nilai | Satuan |
|--|-----------|-------|--------|
| Sampah Sisa Makanan (Mahardika, 2016) | Kadar air | 66 | % |
| | C-organik | 35,4 | % |
| | TKN | 1,7 | % |
| | C/N | 21 | - |
| | pH | 5,09 | - |

| Jenis Sampah | Parameter | Nilai | Satuan |
|--|-----------|-------|--------|
| Sampah Kebun (Rahmawati dan Herumurti, 2016) | Kadar air | 59,02 | % |
| | C-organik | 27,53 | % |
| | TKN | 1,47 | % |
| | C/N | 18,73 | - |
| | pH | 7,64 | - |
| <i>Windrow Composting</i> Sampah Taman (Wahyono, 2008) | Kadar air | 30 | % |
| | C-organik | 15,64 | % |
| | TKN | 0,84 | % |
| | C/N | 18,62 | - |
| | pH | 6,7 | - |

2.1.2 Sampah Rumah Potong Hewan (RPH)

Rumah Potong Hewan adalah kompleks bangunan dengan konstruksi khusus, digunakan sebagai tempat memotong hewan potong selain unggas bagi konsumsi masyarakat (SNI 01-6159-1999). Kegiatan Rumah Potong Hewan (RPH) menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah padat dan limbah cair RPH berasal dari kotoran ternak, isi rumen, sisa makanan, darah, dan potongan daging yang terlontar (Wahyono *et al.*, 2003). Jumlah dan komposisi limbah padat RPH dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jumlah dan Komposisi Limbah Padat RPH

| Bahan | Jumlah (per ekor sapi) |
|---------------------|--|
| Sisa Pakan | 5 – 7 kg/ekor |
| Kotoran Sapi | 7,5 – 10 kg |
| Darah | Total: 15 – 20 L/ekor |
| Isi Rumen | 25 – 35 kg/ekor |
| Limbah Cair Total | 300 – 400 m ³ /hari |
| Isi Rumen Fase Cair | 0,5 – 0,6 m ³ /m ³ isi rumen |

Sumber: Baller *et al.*, 1982

Limbah padat kotoran ternak dari RPH dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk maupun kompos. Kotoran ternak dapat digunakan sebagai bahan organik pada pembuatan pupuk kandang karena kandungan unsur haranya relatif tinggi (Surya, 2013). Larva BSF dapat mendekomposisi berbagai jenis sampah organik tanpa perlu memisahkan antara sampah hewani dengan sampah nabati, dan dapat dicampur dengan kotoran hewan (Dortmans *et al.*, 2017). Kotoran ternak mengandung unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman dan kesuburan tanah (Hapsari, 2013). Karakteristik pada kotoran ternak dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik Unsur Hara Kotoran Ternak

| Jenis Kotoran | Parameter | Nilai | Satuan |
|--|-----------|-------|--------|
| Kotoran Kambing (Muhammad, 2017) | Kadar air | 50,89 | % |
| | C-organik | 22,78 | % |
| | TKN | 1,14 | % |
| | C/N | 19,9 | - |
| | pH | 7,08 | - |
| Kotoran Sapi (Dewi <i>et al.</i> , 2017) | Kadar air | 50 | % |
| | C-organik | 16,77 | % |
| | TKN | 0,68 | % |
| | C/N | 24,79 | - |
| | pH | 7,5 | - |

2.1.3 Sampah *Windrow Composting*

Studi terdahulu menunjukkan bahwa sampah organik yang telah melalui proses penguraian bakteri atau jamur dapat lebih mudah dikonsumsi oleh larva BSF (Dortmans *et al.*, 2017). Sampah *windrow composting* adalah salah satu jenis sampah yang telah melalui proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga residu maupun kompos *windrow* setengah matang ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan makanan larva BSF. Selain itu, sampah *windrow composting* juga memiliki fungsi sebagai *bulking agent*. *Bulking agent* merupakan bahan campuran

dalam proses *composting* yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas bahan baku. Penambahan *bulking agent* dapat mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan kualitas serta nutrisi dalam bahan organik (Batham *et al.*, 2013). Selain itu, *bulking agent* juga memiliki fungsi untuk menjaga kelembapan, pH serta menyediakan pori udara sehingga memudahkan pergerakan udara melewati campuran bahan. Jenis-jenis *bulking agent* yaitu sampah tebu, limbah unggas, serbuk kayu, sabut kelapa, sekam padi dan kotoran sapi.

Persyaratan penambahan *Bulking agent* dalam proses degradasi aerobik adalah sebagai berikut (Shea *et al.*, 1980 ; Spellman, 1997) :

1. Pencampuran bahan *bulking agent* harus seimbang, khususnya dalam hal komposisi dan kadar air.
2. Bahan *bulking agent* itu sendiri mampu didegradasi secara biologis serta meningkatkan koloni mikroba di bahan baku.
3. Bahan material memiliki porositas untuk pertukaran udara.
4. Bahan mudah menyerap dan menyimpan air.
5. Bahan *bulking agent* itu sendiri dapat menjadi komoditas serta produk sampingan.

Pada percobaan Monita (2017), penambahan *bulking agent* pada bahan makanan larva BSF mampu menaikkan suhu, memberikan kadar air, aerasi serta porositas yang baik selama proses dekomposisi.

2.2 Pengomposan Sampah Organik

Pengomposan adalah proses dekomposisi secara biologis dari material organik *biodegradable* dengan kontrol kondisi yang stabil, bebas dari gangguan, dan aman untuk diaplikasikan (Tchobanoglous dan Kreith, 2002). Pengomposan dengan mudah mendegradasi material organik *degradable* khususnya yang berasal dari tumbuhan dan hewan.

2.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan produksi kompos. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi kompos diantaranya adalah sebagai berikut:

- Kadar air sampah dipresentasikan sebagai berat kandungan air per berat basah dari sampah. Kadar air sampah dapat ditentukan melalui persamaan (2.1).

$$\text{Kadar air} = \left(\frac{a-b}{a}\right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :
 a = berat awal (berat basah) sampah
 b = berat akhir sampah (berat kering)

Kadar air merupakan salah satu faktor penting dalam pengomposan. Jika kadar air terlalu tinggi akan menghambat aliran oksigen mikroba, dan jika terlalu rendah dapat menyebabkan penurunan aktivitas mikroba (Godlewska *et al.*, 2017).

- Suhu merupakan parameter penting untuk menilai kinerja proses pengomposan. Suhu dapat mempengaruhi tingkat dekomposisi dan aktivitas mikroba (Zhang *et al.*, 2015). Kenaikan suhu bukan hanya bergantung pada sifat sampah tetapi juga pada mineralisasi bahan organik pada sampah (De-Guardia *et al.*, 2010).
- Rasio C/N sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganismenya karena menunjukkan kandungan unsur karbon dan nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan (Zhang *et al.*, 2016). Rasio C/N yang efektif pada awal proses pengomposan berkisar antara 25-40 (Chen *et al.*, 2011). Rasio C/N pada kompos akan menurun seiring waktu pengomposan (Wang *et al.*, 2016).
- Karbon dibutuhkan untuk mensuplai energi dan unsur nitrogen dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri (Firdausiyah, 2015). Jika C/N terlalu tinggi, maka nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya (Kigozi *et al.*, 2014). Sebaliknya jika rasio C/N terlalu rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk NH₄OH (Windyasmara *et al.*, 2012).
- pH optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6,5-7 (Zhang *et al.*, 2016). Jika pH terlalu rendah akan menghambat pertumbuhan mikroorganismenya, memperlambat kenaikan suhu dan memperpanjang waktu pengomposan (Jiang *et al.*, 2014).

- Aerasi atau pasokan oksigen (O_2) sangat berpengaruh dalam proses pengomposan. Efisiensi pengomposan sangat dipengaruhi oleh kadar O_2 , karena proses pengomposan berhubungan langsung dengan mikroorganisme (Nakasaki dan Hirai, 2017). Aerasi sangat berpengaruh pada proses degradasi dan suhu selama proses pengomposan. Jika aerasi terlalu sedikit akan menyebabkan terjadinya proses *composting* secara anaerob, sebaliknya jika aerasi terlalu banyak akan mengganggu kondisi termofilik (Ahn *et al.*, 2007). Aerasi yang tinggi dapat meningkatkan emisi NH_3 (Jiang *et al.*, 2015). Proses aerasi dapat dilakukan dengan cara pengadukan.
- Ukuran bahan mempengaruhi proses penguraian, semakin kecil ukuran partikel maka proses penguraian berlangsung lebih cepat (Bolado-Rodriguez *et al.*, 2016). Ukuran partikel yang semakin kecil dapat menghasilkan kadar N dan P yang tinggi (Duong, 2012).

2.2.2 Tingkat Kematangan Kompos

Tingkat kematangan pada kompos dapat diukur berdasarkan standar kompos dalam SNI 19-7030-2004. Standar kualitas kompos dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Standart Kualitas Kompos

| No. | Parameter | Satuan | Minimum | Maksimum |
|-----|--------------------|--------|---------|----------------|
| 1. | Kadar air | % | | 50 |
| 2. | Temperatur | °C | | Suhu air tanah |
| 3. | Warna | | | Kehitaman |
| 4. | Bau | | | Berbau tanah |
| 5. | Ukuran partikel | mm | 0,55 | 25 |
| 6. | Kemampuan ikat air | % | 58 | |
| 7. | pH | | 6,8 | 7,49 |

| No. | Parameter | Satuan | Minimum | Maksimum |
|--------------------|--|--------|---------|----------|
| 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

2.3 Gambaran Umum *Black Soldier Fly*

Black Soldier Fly (BSF) atau dalam bahasa latin *Hermetia illucens* termasuk dalam spesies lalat dari ordo *Diptera*, family *Stratomydae* dengan genus *Hermetia*. Lalat BSF berasal dari Amerika dan selanjutnya tersebar ke wilayah subtropis dan tropis (Čičková *et al.*, 2015). Lalat BSF bukan merupakan jenis lalat hama dan tidak dijumpai pada pemukiman padat penduduk, sehingga relatif aman bagi kesehatan manusia (Li *et al.*, 2011).

2.3.1 Siklus Hidup *Black Soldier Fly*

Siklus hidup BSF berlangsung 40-43 hari, tergantung pada kondisi lingkungan dan media pakan yang diberikan (Tomberlin dan Sheppard, 2002). Siklus hidup *Black Soldier Fly* merupakan siklus metamorfosis sempurna dengan empat fase. Fase-fase tersebut terdiri dari fase telur, larva, pupa dan lalat BSF dewasa (Popa dan Green, 2012).

- Fase Telur

Lalat betina bertelur sekitar 400-800 butir telur didekat bahan organik yang membusuk dan memasukkannya ke dalam rongga-rongga kecil dan terlindung (Dortmans *et*

al., 2017). Larva betina tersebut akan mati tidak lama setelah bertelur. Telur-telur tersebut diletakkan dekat dengan bahan organik yang telah membusuk. Hal ini agar saat menetas nanti, larva-larva tersebut dapat menemukan sumber makanan. Telur ditempatkan dalam rongga terlindungi agar larva tersebut terjaga dari ancaman predator, serta sinar matahari langsung yang dapat menghilangkan kadar air. Suhu optimum pemeliharaan telur BSF adalah berkisar antara 28-35°C. Pada suhu kurang dari 25°C telur akan menetas lebih dari 4 hari, bahkan telur bisa menetas 2-3 minggu (Sipayung, 2015).

- Fase Larva

Dalam waktu 2-4 hari, telur akan menetas menjadi larva kulit kelas satu dan berkembang hingga ke kulit kelas enam dalam waktu 18 hari (Barros-Cordeiro *et al.*, 2014). Ukuran larva yang baru menetas dari telur kurang lebih 2-5 mm. Setelah terjadi pergantian kulit, larva berkembang dan tumbuh lebih besar dengan panjang tubuh 20-25 mm. Pada fase larva hingga mencapai tahap prepupa, BSF mampu mereduksi hingga kurang lebih 55% media sampah yang diberikan (Diener, 2010). Larva kulit kelas akhir akan meninggalkan media pakan/sampahnya ke tempat yang lebih kering untuk menghindari predator dan cekaman lingkungan (Wardhana, 2016).

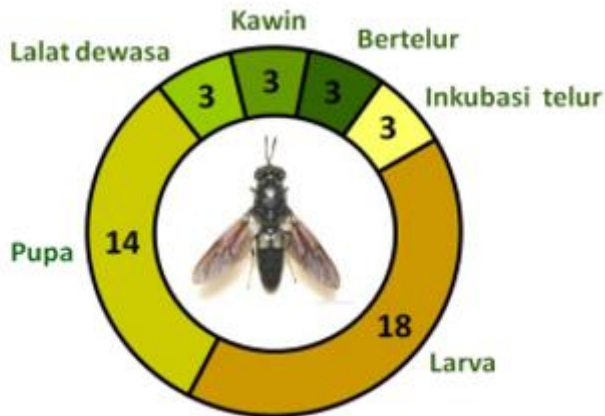
- Fase Pupa

Pada kulit kelas keenam, kulit larva BSF akan lebih keras dari kulit-kulit sebelumnya, dimana larva mulai memasuki fase prepupa (Sipayung, 2015). Pada tahap ini, prepupa akan bermigrasi untuk mencari tempat yang lebih kering dan gelap, sebelum mulai berubah menjadi pupa. Setelah 14 hari, pupa BSF akan berkembang menjadi lalat dewasa (imago). Dua atau tiga hari kemudian lalat dewasa siap untuk melakukan perkawinan.

- Fase Lalat Dewasa

Panjang lalat BSF berkisar antara 15-20 mm dengan waktu hidup lima sampai delapan hari (Wardhana, 2016). Lalat BSF dewasa mulai dapat kawin setelah berumur dua hari, dan siklus kembali berlanjut.

Siklus hidup BSF seperti yang telah dijabarkan di atas dapat dilihat di Gambar 2.1.



*Angka yang tercantum dalam skema gambar menunjukkan waktu perkembangan BSF dalam

Gambar 2.1 Daur Hidup *Black Soldier Fly*
Sumber: Tomberlin dan Sheppard, 2002

2.3.2 Kandungan Kimia Larva BSF

Pada fase larva, BSF memiliki kandungan protein dan lemak yang cukup tinggi. Kualitas protein pada larva BSF setara dengan protein pada pakan ikan (Oonincx *et al.*, 2015). Kadar air pada tubuh larva BSF menurun seiring dengan pertumbuhannya. Kadar air paling rendah terjadi pada fase pupa. Hal ini dikarenakan saat memasuki fase prepupa, BSF mulai berhenti makan. Pada fase prepupa dan fase pupa, BSF juga memiliki kandungan yang kaya akan kalsium (Ca) dan fosfor (P). Kandungan kimia pada tubuh BSF dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kandungan Kimia Tubuh BSF

| Kandungan Kimia | Persentase Komponen (%) | | |
|-----------------|-------------------------|----------|-------|
| | Larva <i>Premature</i> | Pre-pupa | Pupa |
| Protein | 17,30 | 36-48 | 42,10 |
| Lemak | 9,40 | 28-35 | 34,80 |

| Kandungan Kimia | Persentase Komponen (%) | | |
|-----------------|-------------------------|---------------|-------|
| | Larva <i>Premature</i> | Pre-pupa | Pupa |
| Kalsium | 0,82 | 5 | 5 |
| Fosfor | 0,54 | 0,88 – 1,51 | 1,50 |
| Debu | -15 | 14,60 – 16,60 | 14,60 |
| Nilai Kalor | - | 3,51 – 5,95 | - |

Sumber: Popa dan Green, 2012

Kandungan asam amino khususnya jenis lysine, lucine, phenylanine, dan threonine pada larva BSF yang diberi makan kotoran babi hampir setara dengan kedelai (Newton *et al.*, 2005). Menurut data tersebut juga menyebutkan bahwa kandungan methionine, histidine, valine, and tryptophan lebih tinggi dari kedelai; namun memiliki kandungan isoleucine and arginine lebih rendah. Kandungan asam amino yang terdapat pada tubuh larva BSF dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kandungan Asam Amino pada Tubuh Larva BSF

| Asam Amino Esensial | % | Asam Amino Non Esensial | % |
|---------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| Methionine | 0,83-0,9 | Tyrosine | 2,38-2,50 |
| Lysine | 2,21-3,4 | Aspartic acid | 4,60-3,04 |
| Leucine | 2,61-3,5 | Serine | 0,10-1,47 |
| Isoleucine | 1,51-2,00 | Glutamic acid | 3,80-3,99 |
| Histidine | 0,96-1,90 | Glycine | 2,90-2,07 |
| Phenylanine | 1,49-2,20 | Alanine | 2,55-3,70 |
| Valine | 2,23-3,40 | Proline | 2,12-3,30 |
| I-Arginine | 1,77-2,20 | Cystine | 0,10-0,31 |
| Threonine | 0,60-1,41 | Ammonia | 1,30 |
| Tryptophan | 0,2-0,59 | | |

Sumber : Newton *et al.*, 2005

2.3.3 Kondisi Optimum Larva BSF

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi larva *Black Soldier Fly* (BSF) dalam mendekomposisi sampah organik. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan proses dekomposisi oleh larva BSF adalah sebagai berikut (Dortmans *et al.*, 2017) :

- Suhu: suhu optimum bagi pertumbuhan larva BSF adalah antara 24-30°C. Jika suhu terlalu panas, larva BSF akan keluar untuk mencari tempat yang lebih dingin. Jika terlalu dingin, metabolisme larva BSF akan melambat.
- Lingkungan yang teduh: larva BSF menyukai kondisi yang teduh dan terhindar dari cahaya matahari. Jika sumber makanan larva terpapar oleh cahaya, larva akan bergerak menjauhi sumber cahaya tersebut.
- Kadar air makanan atau sampah: kadar air sampah sumber makanan larva adalah 60-90%, agar sampah mudah dicerna oleh larva.
- Nutrisi makanan larva: sumber makanan yang mengandung protein dan karbohidrat akan menghasilkan pertumbuhan yang baik bagi larva BSF. Penelitian yang sedang berlangsung menunjukkan bahwa sampah yang telah melalui proses dekomposisi oleh bakteri atau jamur lebih mudah dikonsumsi oleh larva.
- Ukuran partikel makanan: larva BSF tidak memiliki bagian mulut untuk mengunyah, sehingga ukuran partikel haruslah kecil halus dan berbentuk seperti bubuk.

2.4 Reduksi Sampah Organik dengan BSF

Sampah organik dibagi menjadi sampah organik lunak dan sampah organik padat atau keras. Pada umumnya, jenis sampah organik lunak dapat didaur ulang dengan teknik pengomposan menghasilkan kompos (Gani, 2007), dan teknik *anaerobic digestion* (Davis *et al.*, 2014). Larva BSF mampu mereduksi sampah organik sebesar 65,5%-78,9% bergantung pada banyaknya sampah yang diberikan (Diener *et al.*, 2011). Hasil akhir dari larva BSF pada fase prepupa juga dapat dipanen dan menghasilkan nilai tambah yang tinggi. Hasil residu larva BSF

mengandung kadar protein sebesar 40% dan lemak sebesar 30% (Diener *et al.*, 2009). Sehingga larva BSF dapat dimanfaatkan menjadi pakan hewan ternak.

Menentukan tingkat reduksi sampah oleh larva BSF dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu tingkat degradasi sampah dan waktu untuk mendegradasi sampah (Diener, 2010). Tingkat degradasi dipengaruhi oleh jumlah sampah sebelum terdegradasi dan jumlah sisa yang tidak terdegradasi. Perhitungan tingkat reduksi dapat dilihat pada persamaan (2.3). Diener (2010), mendefinisikan tingkat reduksi sampah oleh larva BSF sebagai *Waste Reduction Index* (WRI) dengan persamaan (2.2)

$$WRI = \left(\frac{D}{t}\right) \times 100 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$D = \left(\frac{W-R}{W}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dimana:
- WRI = Indeks reduksi sampah
 - D = tingkat degradasi sampah
 - t = waktu yang diperlukan untuk mendegradasi sampah
 - W = jumlah sampah sebelum terdegradasi
 - R = jumlah residu

Laju konsumsi sampah atau *Waste Reduction Rate* (WRR) adalah salah satu parameter yang penting untuk perencanaan fasilitas pengelolaan ke depannya (Sipayung, 2015). Perhitungan WRR ini dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4).

$$WRR = \left(\frac{\text{Banyak Sampah}}{\text{jumlah larva} \times \text{waktu konsumsi}}\right) \dots\dots\dots(2.4)$$

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi referensi dalam pengembangan penelitian selanjutnya terkait pemanfaatan larva BSF sebagai biokonversi sampah organik. Berikut ini merupakan hasil penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Hasil Penelitian Terdahulu

| Hasil Penelitian | Referensi |
|---|-----------------------------|
| Dalam penelitian tersebut larva BSF mampu mereduksi hingga 56% dalam waktu 14 hari. | Newton <i>et al.</i> , 2005 |

| Hasil Penelitian | Referensi |
|---|-------------------------|
| <p>Pada penelitian tersebut jenis kotoran yang digunakan adalah kotoran unggas dan kotoran babi. Pertambahan kandungan nutrisi larva BSF yang diberi makan kotoran babi adalah 43,2% protein dan 28% lemak. Penambahan kandungan nutrisi pemberian makan kotoran unggas adalah sebesar 42,1% protein dan 34,8% lemak.</p> | |
| <p>Dalam penelitian tersebut sekitar 1248,6 g kotoran sapi segar dikonversi menjadi 273,4 g residu kering oleh 1200 larva BSF. Pada penelitian tersebut juga didapatkan hasil bahwa 70,8 g berat kering larva BSF mampu menghasilkan 15,8 g biodiesel.</p> | Li <i>et al.</i> , 2011 |
| <p>Dalam penelitian tersebut didapatkan hasil rasio pencampuran antara sampah buah dan sisa makanan optimal pada rasio 70:30 dengan persentase reduksi sebesar 82,8%. Pertambahan kandungan protein larva BSF pada campuran tersebut adalah sebesar 41,49%. Pada campuran sampah buah dan kotoran ayam didapatkan persentase reduksi terbesar pada rasio 80:20 yaitu sebesar 62,1%. Pertambahan kandungan protein larva BSF pada campuran tersebut adalah sebesar 34,15%.</p> | Mahardika, 2016 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

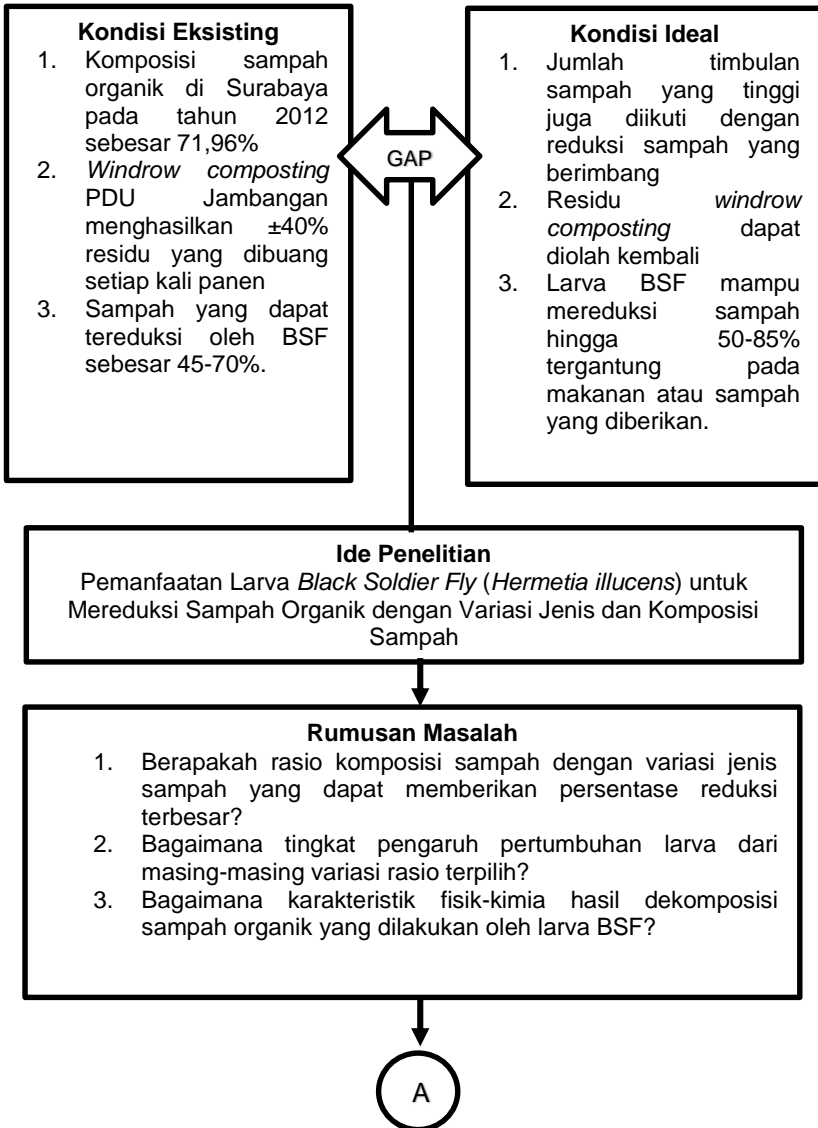
BAB 3 METODE PENELITIAN

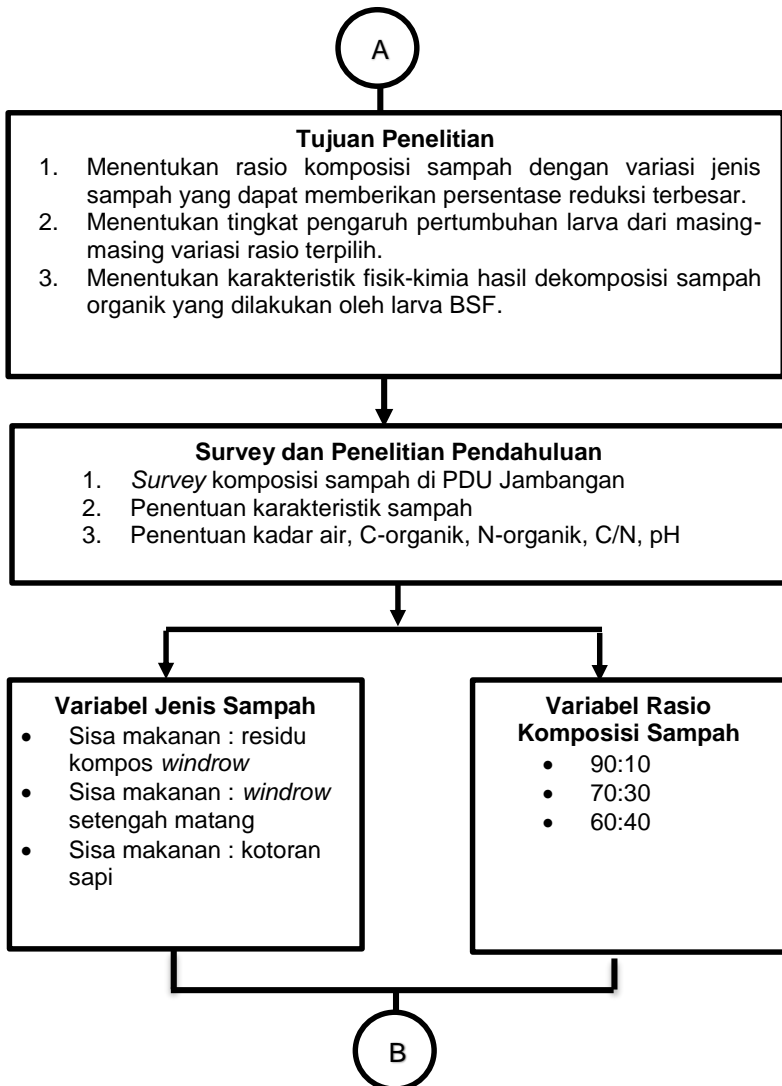
3.1 Diskripsi Umum

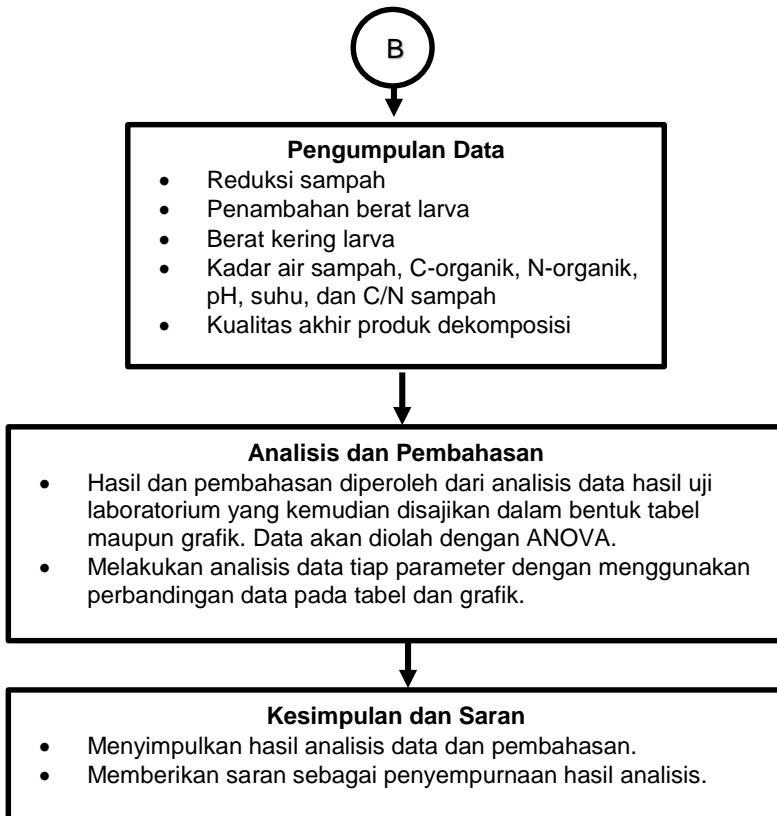
Tugas akhir ini meneliti tentang reduksi sampah organik dengan menggunakan Larva *Black Soldier Fly* (BSF). Tujuan dari penelitian ini salah satunya adalah untuk menentukan jenis sampah dan variasi rasio komposisi sampah yang menghasilkan persentase reduksi sampah terbesar. Penelitian ini dilakukan selama bulan Februari hingga Mei 2019. Bertempat di *Workshop* Teknik Lingkungan ITS untuk pembuatan reaktor BSF. Pengukuran dan analisis akan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS. Penelitian dilaksanakan pertahapan selama 12 hari dan dengan dua kali pengulangan. Hasil akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui persentase reduksi sampah organik melalui pemanfaatan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Persentase reduksi yang diperoleh kemudian digunakan untuk melihat potensi pemanfaatan larva BSF sabagai salah satu upaya reduksi sampah organik *biodegradable*.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar atau alur pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan tahapan dalam penelitian. Penyusunan kerangka penelitian yang sistematis dapat menjadi pedoman awal dalam pelaksanaan penelitian, sehingga dapat mengurangi kesalahan yang berisiko selama penelitian berlangsung. Kerangka penelitian juga dapat memudahkan pembaca dalam memahami gambaran umum penelitian yang akan dilakukan. Kerangka penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri atas langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian. Bagian ini merupakan penjabaran dari kerangka penelitian yang dibuat lebih detail dan terstruktur. Pembuatan tahapan pelaksanaan penelitian yang terstruktur ini akan memudahkan peneliti dalam melaksanakan penelitiannya. Tahapan penelitian ini dibuat agar peneliti tidak menyimpang dari tujuan dan sasaran awal yang telah direncanakan.

3.3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian ini berasal dari gap antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal. Hal yang mendasari ide penelitian ini adalah kebutuhan alternatif pengolahan dalam mereduksi sampah organik. Proses reduksi sampah dengan memanfaatkan BSF saat ini sedang menjadi perhatian karena sangat efektif untuk mereduksi sampah organik. Pada proses pemanfaatan larva BSF juga menghasilkan residu yang menguntungkan karena dapat dipanen. Sehingga, perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai komposisi sampah untuk mendapatkan persentase reduksi sampah terbesar dan pertumbuhan larva BSF.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap pencarian informasi untuk meningkatkan pengetahuan peneliti. Informasi ini dapat diperoleh melalui buku, jurnal penelitian, artikel, laporan tugas akhir, tesis, asistensi dengan dosen pembimbing, dan sebagainya. Literatur yang dapat menunjang penelitian ini adalah mengenai hal-hal berikut ini:

- Definisi sampah dan kompos.
- Studi terhadap larva *Black Soldier Fly* (BSF).
- Potensi reduksi sampah organik *biodegradable* oleh larva BSF.
- Penelitian terdahulu.

3.3.3 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian diawali dengan mengurus perijinan. Perijinan dilakukan ke Bangkesbangpol Kota Surabaya yang nantinya mendapatkan surat rekomendasi untuk diteruskan kepada Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau Surabaya. Pada persiapan penelitian ini yang perlu dilakukan sebelum melakukan penelitian yaitu menyiapkan alat serta bahan yang diperlukan selama penelitian. Alat yang dipersiapkan yaitu segala keperluan pembuatan reaktor dan keperluan selama pelaksanaan penelitian. Berikut merupakan rincian alat dan bahan yang diperlukan selama penelitian ini:

A. Alat

- Reaktor BSF terbuat kotak plastik ukuran 30 x 20 x 15 cm sejumlah 28 buah.
- Rak untuk meletakkan reaktor.

- Pinset.
- Sarung tangan *rubber* lateks.
- Ember ukuran 20 L sebagai tempat mengumpulkan sampah.
- ATK.
- Pipet tetes untuk memasukkan larutan yang perlu ditambahkan.
- Labu erlenmeyer untuk analisis pH.
- *Magnetic stirrer* untuk analisis pH.
- Cawan petri dan cawan porselen sebagai wadah sampah saat dioven atau furnace pada analisis H₂O, analisis C, dan analisis N.
- *Beaker glass* sebagai wadah sampah pada analisis N.
- Spektrofotometer untuk mengetahui nilai absorbansi pada saat analisis N.
- Oven, cawan, furnace, dan desikator untuk mendapatkan berat kering sampah.
- Termometer untuk mengukur suhu udara di lokasi pembiakan larva.
- pH meter untuk mengukur besar pH sampah dan material pada reaktor BSF.
- Neraca analitik untuk menimbang sampah, menimbang berat larva, dan bahan-bahan lainnya.
- Blander untuk merubah bentuk sampah menjadi kecil.

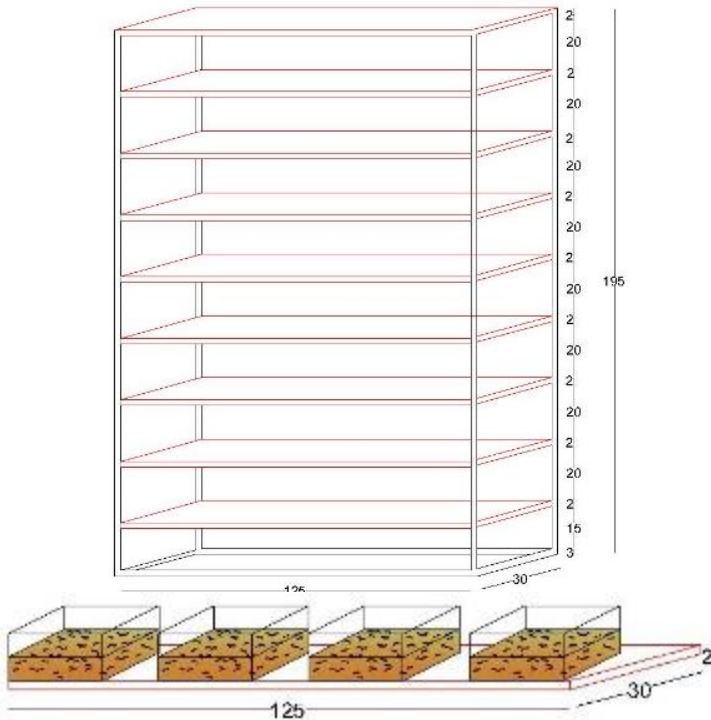
B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

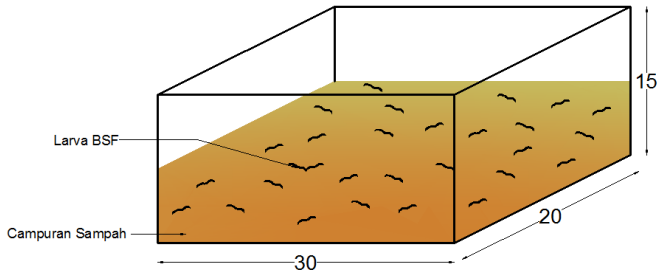
- Larva BSF usia 6 hari. Pada tiap reaktor digunakan 300 ekor larva BSF.
- Sampah sisa makanan. Sampah sisa makanan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari PDU Jambangan yang berasal dari rumah makan dan penduduk sekitar Jambangan.
- Sampah *windrow composting* yang berasal dari PDU Jambangan berupa residu dan *windrow* setengah matang.
- Sampah Rumah Potong Hewan (RPH) berupa kotoran sapi. Pemilihan kotoran sapi karena sapi selalu ada dan

juga jumlah sapi di RPH Surya Pegirian adalah yang terbesar.

Penelitian akan dilakukan dengan dua variabel. Variabel pertama berdasarkan variasi rasio komposisi sampah dan variabel kedua berdasarkan variasi jenis sampah. *Feeding rate* yang digunakan sama pada setiap reaktor, yaitu 20 mg/ekor.hari (Sipayung, 2015). Gambar desain reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Desain Reaktor Larva BSF



Gambar 3.3 Detail Desain Reaktor



Gambar 3.4 Reaktor Larva BSF Skala Penelitaian

3.3.4 Survey dan Penelitian Pendahuluan

Survey dan penelitian pendahuluan dilakukan untuk memperoleh data pendukung yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian. *Survey* pendahuluan dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel sampah organik di PDU Jambangan untuk mengetahui komposisinya. Komposisi sampah yang didapat dari PDU Jambangan digunakan untuk menentukan komposisi yang akan digunakan dalam penelitian. Sampah sisa makan dan sampah kebun adalah jenis sampah yang banyak ditemui di PDU Jambangan. Berdasarkan data PDU Jambangan (2018), jumlah sampah sisa makanan yang masuk ke PDU Jambangan Surabaya setiap harinya berkisar antara 2000-5000 kg per hari. Sampah ini diambil dari masyarakat dan rumah makan sekitar PDU Jambangan Surabaya. PDU Jambangan juga merupakan rumah kompos yang memanfaatkan sampah kebun dan campuran sampah organik lainnya yang diproses dengan metode *windrow composting*.

Selain itu, dilakukan pula penelitian pendahuluan untuk mendapatkan data pendukung yaitu berupa uji karakteristik sampah. Parameter yang diuji adalah pH awal, kadar air, C-organik, N-organik, dan nilai rasio C/N pada sampel sampah. Nilai karakteristik awal ini digunakan untuk menghitung rasio C/N awal dan kadar air campuran sampah. Pengukuran kebutuhan sampel didasarkan pada kadar air dan rasio C/N sampah.

Karakteristik awal dari sampah dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Karakteristik Awal Sampah

| Jenis Sampah | Parameter | Nilai | Satuan |
|---------------------|-----------|-------|--------|
| Sampah sisa makanan | Kadar air | 77,4 | % |
| | C-organik | 35,54 | % |
| | TKN | 0,762 | % |
| | C/N | 46,67 | - |
| | pH | 3,36 | - |
| Kotoran sapi | Kadar air | 85,7 | % |
| | C-organik | 16,77 | % |

| Jenis Sampah | Parameter | Nilai | Satuan |
|-------------------------|-----------|--------|--------|
| | TKN | 0,68 | % |
| | C/N | 24,79 | - |
| | pH | 7,03 | - |
| Sampah residu windrow | Kadar air | 34,29 | % |
| | C-organik | 19,841 | % |
| | TKN | 1,145 | % |
| | C/N | 17,326 | - |
| | pH | 8,37 | - |
| Windrow setengah matang | Kadar air | 50,52 | % |
| | C-organik | 24,025 | % |
| | TKN | 0,961 | % |
| | C/N | 24,98 | - |
| | pH | 8,34 | - |

Menurut Sweeten dan Auvermann (2003), kondisi awal rasio C/N yang ideal untuk proses pengomposan adalah 20-40. Kadar air makanan larva adalah pada rentang 60-90% dan optimum pada kadar air 70,4% (Zheng *et al.*, 2011). Kemudian dihitung karakteristik dari campuran sampah. Perhitungan karakteristik kondisi awal sampel sampah sesuai dengan variasi dan karakteristik awal adalah sebagai berikut.

➤ Perhitungan kondisi sampah awal

Direncanakan:

- Ukuran reaktor = 30 x 20 x 15 cm
= 9000 cm³
- Kebutuhan makan per larva = 20 mg/ekor.hari berat kering (Sipayung, 2015)
- Jumlah larva BSF tiap reaktor = 300 ekor larva
- *Feeding* dilakukan 3 hari sekali yaitu pada hari ke-1, 4, dan 7 sesuai dengan kebutuhan *feeding*.
- Jumlah larva per reaktor = 300 ekor

- Kebutuhan *feeding* per 3 hari = 300 ekor x 20 mg/ekor.hari x 3 hari
= 18000 mg = 18 g

Kondisi awal campuran sampah sisa makanan:residu windrow composting

Rasio sampah sisa makanan:residu *windrow composting* (90:10)

Kebutuhan sampah

sisa makanan (berat kering) = 90% x 18 g = 16,2 g

Kadar air (%) = $\frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat basah}} \times 100\%$
77,4% = $\frac{\text{berat basah} - 16,2 \text{ g}}{\text{berat basah}} \times 100\%$

Berat basah = 71,681 g

Kandungan N = %N x Berat Kering
= 0,762% x 16,2 g = 0,123 g

Kandungan C = C/N x N
= 46,67 x 0,123 g = 5,76 g

Kebutuhan residu windrow (berat kering)

= 10% x 18 g = 1,8 g

Kadar air (%) = $\frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat basah}} \times 100\%$
34,29% = $\frac{\text{berat basah} - 1,8 \text{ g}}{\text{berat basah}} \times 100\%$

Berat basah = 2,739 g

Kandungan N = %N x Berat Kering
= 1,145% x 1,8 g = 0,020 g

Kandungan C = C/N x N
= 17,326 x 0,020 g = 0,35 g

C/N campuran = $\frac{\text{Csisa makanan} + \text{Cresidu windrow}}{\text{Nsisa makanan} + \text{Nresidu windrow}}$
= $\frac{5,76 + 0,35}{0,123 + 0,02}$

$$= 42,4 \text{ (memenuhi) } \gg \\ = \text{ Rentang } 20\text{-}40$$

Rekapitulasi perhitungan karakteristik awal campuran sampah sesuai variasi variabel dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Rekapitulasi Perhitungan Karakteristik Awal Campuran Sampah

| Parameter | Rasio | | | Satuan |
|---|-------|-------|-------|--------|
| | 90:10 | 70:30 | 60:40 | |
| Sampah Sisa Makanan : Residu Kompos <i>Windrow</i> | | | | |
| Kebutuhan sampah sisa makanan | 16,20 | 12,60 | 10,80 | g |
| Berat basah | 71,68 | 55,75 | 47,79 | g |
| berat kering | 16,20 | 12,60 | 10,80 | g |
| Berat air | 55,48 | 43,15 | 36,99 | g |
| Kandungan N | 0,12 | 0,10 | 0,08 | % |
| Kandungan C | 5,76 | 4,48 | 3,84 | % |
| Kebutuhan sampah residu <i>windrow</i> | 1,80 | 5,40 | 7,20 | g |
| Berat basah sampah | 2,74 | 8,22 | 10,96 | g |
| berat kering | 1,80 | 5,40 | 7,20 | g |
| Berat air | 0,94 | 2,82 | 3,76 | g |
| Kandungan N | 0,02 | 0,06 | 0,08 | % |
| Kandungan C | 0,36 | 1,07 | 1,43 | % |
| C/N campuran | 42,47 | 35,18 | 31,99 | - |
| Kadar air campuran | 75,81 | 71,86 | 69,36 | % |
| Sampah Sisa Makanan : <i>Windrow</i> Setengah Matang | | | | |
| Kebutuhan sampah sisa makanan | 16,20 | 12,60 | 10,80 | g |
| Berat basah | 71,68 | 55,75 | 47,79 | g |
| berat kering | 16,20 | 12,60 | 10,80 | g |
| Berat air | 55,48 | 43,15 | 36,99 | g |
| Kandungan N | 0,12 | 0,10 | 0,08 | % |
| Kandungan C | 5,76 | 4,48 | 3,84 | % |
| Kebutuhan <i>windrow</i> setengah matang | 1,80 | 5,40 | 7,20 | g |

| Parameter | Rasio | | | Satuan |
|---|-------|-------|-------|--------|
| | 90:10 | 70:30 | 60:40 | |
| Berat basah sampah | 3,64 | 10,91 | 14,55 | g |
| berat kering | 1,80 | 5,40 | 7,20 | g |
| Berat air | 1,84 | 5,51 | 7,35 | |
| Kandungan N | 0,02 | 0,05 | 0,07 | % |
| Kandungan C | 0,43 | 1,30 | 1,73 | % |
| C/N campuran | 44,00 | 39,06 | 36,76 | - |
| Kadar air campuran | 76,10 | 73,00 | 71,13 | % |
| Sampah Sisa Makanan : Kotoran sapi | | | | |
| Kebutuhan sampah sisa makanan | 16,20 | 12,60 | 10,80 | g |
| Berat basah | 71,68 | 55,75 | 47,79 | g |
| berat kering | 16,20 | 12,60 | 10,80 | g |
| Berat air | 55,48 | 43,15 | 36,99 | g |
| Kandungan N | 0,12 | 0,10 | 0,08 | % |
| Kandungan C | 5,76 | 4,48 | 3,84 | % |
| Kebutuhan kotoran sapi | 1,80 | 5,40 | 7,20 | g |
| Berat basah sampah | 12,59 | 37,76 | 50,35 | g |
| berat kering | 1,80 | 5,40 | 7,20 | g |
| Berat air | 10,79 | 32,36 | 43,15 | g |
| Kandungan N | 0,01 | 0,04 | 0,05 | % |
| Kandungan C | 0,30 | 0,91 | 1,21 | % |
| C/N campuran | 44,70 | 40,62 | 38,51 | - |
| Kadar air campuran | 78,64 | 80,75 | 81,66 | % |

3.3.5 Penelitian Utama

Penelitian akan dilakukan dengan waktu *running* selama 12 hari per tahapan, dengan usia larva yang digunakan adalah larva usia 6 hari. Hal ini dikarenakan fase larva pada *Black Soldier Fly* berlangsung selama 18 hari. Bobot tubuh BSF akan terus

bertambah pada fase larva, dan pada tahap prapupa larva akan berhenti makan (Rachmawati *et al.*, 2010). Setelah tahap prapupa ini bobot tubuh akan mengalami penyusutan. Oleh karena itu percobaan akan dihentikan sebelum fase prepupa. Proses dekomposisi oleh BSF ini akan dilakukan selama 12 hari. Larva akan diberi makanan setiap tiga hari sekali sesuai porsi yang disediakan dan dihentikan pada hari ke-12. Prosedur pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tahap sebagai berikut:

➤ **Pembiakan Larva BSF**

Pembiakan larva BSF dilakukan di PDU Jambangan, Surabaya. Pembiakan BSF dilakukan dengan menyediakan reaktor tempat pertumbuhan telur dan kandang untuk reproduksi lalat dewasa. Gambar pembiakan BSF dapat dilihat pada Lampiran LB.1. Sebagai media tempat telur disediakan batangan kayu yang diberi lubang pada sisinya atau dengan menggunakan kertas karton berlapis. Dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran LB. 2. Telur yang sudah diletakkan oleh BSF dewasa di dalam media tersebut kemudian dipisahkan. Telur akan ditempatkan pada reaktor kosong dan diberi tanda berdasarkan waktu pengumpulannya. Media telur diperiksa setiap hari, untuk mengecek bilamana telur sudah menetas. Larva mulai diberi makan bila telur yang menetas di dalam reaktor sudah banyak yang menetas menjadi larva. Makanan awal yang diberikan adalah pakan ayam yang telah dicampur dengan air. Waktu pengumpulan telur dan waktu tetas (pada saat mulai diberi makan) dicatat pada reaktor yang digunakan sebagai kontrol umur larva. Setiap reaktor yang digunakan diisi dengan larva yang sama tanggal waktu tetasnya, sehingga dapat diketahui umur larva tiap reaktor. Larva BSF yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva dengan usia 6 hari (Lampiran LB. 3).

➤ **Pengukuran Berat Kering dan Kebutuhan Sampel**

Pengukuran kebutuhan sampel dilakukan guna mengestimasi kebutuhan sampel sesuai dengan variasi variabel yang telah ditentukan. Jenis perlakuan dan variasi variabel pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jenis Perlakuan dan Variasi Reaktor

| Variasi Rasio Komposisi Campuran Sampah | Variasi Jenis Sampah | Frekuensi Pemberian Makan | Feeding Rate (mg/ekor. hari) | Pengulangan |
|--|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 100% kontrol | RW* | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| 100% kontrol | WS* | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| 100% kontrol | KS* | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| 100% kontrol | SM* | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| 90:10 | SM : RW | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| | SM : WS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| | SM : KS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| 70:30 | SM : RW | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| | SM : WS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| | SM : KS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| 60:40 | SM : RW | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| | SM : WS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| | SM : KS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 2 |
| Kontrol tanpa BSF | RW | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| Kontrol tanpa BSF | WS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| Kontrol tanpa BSF | KS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| Kontrol tanpa BSF | SM | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| Kontrol tanpa BSF (90:10) | SM:RW | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |
| Kontrol tanpa BSF (70:30) | SM:WS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |

| Variasi Rasio Komposisi Campuran Sampah | Variasi Jenis Sampah | Frekuensi Pemberian Makan | Feeding Rate (mg/ekor. hari) | Pengulangan |
|---|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------|
| Kontrol tanpa BSF (60:40) | SM:KS | Hari 1, 4, dan 7 | 20 | 1 |

Keterangan:

- SM : RW = Sisa makanan : residu *windrow*
- SM : WS = Sisa makanan : *windrow* setengah matang
- SM : KS = Sisa makanan : kotoran sapi
- * = Kontrol BSF

Perhitungan kebutuhan sampel sampah

Direncanakan:

- Ukuran reaktor = 30 x 20 x 15 cm
= 9000 cm³
- Kebutuhan *feeding* per larva = 20 mg/ekor.hari berat kering (Sipayung, 2015)
- *Feeding* dilakukan 3 hari sekali yaitu pada hari ke-1, 4, dan 7 sesuai dengan kebutuhan *feeding*.
- Jumlah larva = 300 ekor
- Kebutuhan *feeding* per 3 hari = 300 ekor x 20 mg/ekor.hari x 3 hari = 18000 mg = 18 g

Sehingga didapatkan total kebutuhan sampel sampah sesuai dengan variasi yang telah ditentukan dan perlakuan *feeding* setiap tiga hari sekali yaitu hari ke-1, 4, dan 7 sebagai berikut

- Sampah sisa makanan 100% (kontrol) = 100% x 18 g = 18 g
- Sampah *windrow* composting setengah matang 100% (kontrol) = 100% x 18 g = 18 g
- Sampah residu *windrow* composting 100% (kontrol) = 100% x 18 g = 18 g

| | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------|---|--------|
| • Kotoran sapi RPH 100% (kontrol) | = | 100% x 18 g | = | 18 g |
| • SM : RW (90:10) | | | | |
| Sisa makanan | = | 90% x 18 g | = | 16,2 g |
| Residu windrow | = | 10% x 18 g | = | 1,8 g |
| • SM : RW (70:30) | | | | |
| Sisa makanan | = | 70% x 18 g | = | 12,6 g |
| Residu windrow | = | 30% x 18 g | = | 5,4 g |
| • SM : RW (60:40) | | | | |
| Sisa makanan | = | 60% x 18 g | = | 10,8 g |
| Residu windrow | = | 40% x 18 g | = | 7,2 g |
| • SM : WS (90:10) | | | | |
| Sisa makanan | = | 90% x 18 g | = | 16,2 g |
| Windrow setengah matang | = | 10% x 18 g | = | 1,8 g |
| • SM : WS (70:30) | | | | |
| Sisa makanan | = | 70% x 18 g | = | 12,6 g |
| Windrow setengah matang | = | 30% x 18 g | = | 5,4 g |
| • SM : WS (60:40) | | | | |
| Sisa makanan | = | 60% x 18 g | = | 10,8 g |
| Windrow setengah matang | = | 40% x 18 g | = | 7,2 g |
| • SM : KS (90:10) | | | | |
| Sisa makanan | = | 90% x 18 g | = | 16,2 g |
| Kotoran sapi | = | 10% x 18 g | = | 1,8 g |
| • SM : KS (70:30) | | | | |
| Sisa makanan | = | 70% x 18 g | = | 12,6 g |
| Kotoran sapi | = | 30% x 18 g | = | 5,4 g |
| • SM : KS (60:40) | | | | |
| Sisa makanan | = | 60% x 18 g | = | 10,8 g |
| Kotoran sapi | = | 40% x 18 g | = | 7,2 g |

Kebutuhan total sampel sampah dengan tiga kali *feeding* dan dua pengulangan adalah sebesar 1404 g berat kering. Kebutuhan pada setiap *feeding* akan disesuaikan dengan jumlah larva dalam reaktor. Sebelum dilakukan *feeding* akan terlebih dahulu dihitung jumlah larva BSF yang ada pada reaktor. Jika terdapat larva yang mati dan jumlah larva berkurang, maka porsi makan akan dihitung kembali sesuai dengan porsi makan per larva. Rekapitulasi perhitungan total berat kering kebutuhan masing-masing jenis sampah dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Total Kebutuhan Sampel Sampah

| Jenis Sampah | Frekuensi Feeding | Berat 1 Kali Feeding (g) | Berat Total (g) | Pengulangan | Total Keseluruhan Sampel (g) |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-------------|------------------------------|
| Sampah residu <i>windrow</i> | Hari 1, 4, dan 7 | 32,4 | 97,2 | 2 | 194,4 |
| Sampah <i>windrow</i> setengah matang | Hari 1, 4, dan 7 | 32,4 | 97,2 | 2 | 194,4 |
| Sampah sisa makanan | Hari 1, 4, dan 7 | 136,8 | 410,4 | 2 | 820,8 |
| sampah Kotoran sapi | Hari 1, 4, dan 7 | 32,4 | 97,2 | 2 | 194,4 |
| Total Keseluruhan | | | | | 1404 |

➤ Pengumpulan sampel sampah

Pada penelitian ini jenis sampel sampah yang digunakan adalah sampah sisa makanan, sampah *windrow composting*, dan kotoran sapi. Pemilihan jenis sampah sisa makanan dan sampah *windrow composting* didasarkan pada pengamatan di lapangan yang menunjukkan bahwa jenis sampah ini banyak tersedia. Sampah sisa makanan dan sampah *windrow composting* diambil langsung dari PDU Jambangan.

Sampah *windrow composting* yang dipakai adalah sampah dari hasil sisa pengomposan atau residu kompos *windrow* dan *windrow* setengah matang. Jumlah residu sampah *windrow composting* yang dihasilkan dalam satu kali panen adalah sebesar $\pm 40\%$. PDU Jambangan mampu

memanen kompos *windrow* setiap 5 hari sekali. Sampah *windrow composting* ini kemudian dicacah hingga berukuran $\pm 0,2$ sampai 0,5 cm. Pada sampel sampah *windrow composting* diberi perlakuan penambahan air hingga persentase kadar air mencapai 60-70%, agar sesuai dengan kebutuhan larva BSF.

Sampah Rumah Potong Hewan (RPH) berupa kotoran sapi dipilih karena jumlahnya yang besar dan belum ada pengolahan yang maksimal. Selain itu ketiga jenis sampah ini merupakan jenis sampah yang disukai dan dapat diolah oleh larva BSF. Ketiga jenis sampah ini bukan merupakan sampah yang bersifat musiman, sehingga menjadi salah satu jenis sampah organik yang selalu ada.

Sampah dikumpulkan langsung dari sumbernya dan dibawa langsung ke tempat pelaksanaan penelitian. Sampah yang telah didapat dihaluskan dengan mesin pencacah dan dicampurkan sesuai dengan komposisi rasio yang telah ditetapkan. Hal ini dilakukan karena larva BSF mudah beraktifitas pada bahan yang lembut dari pada bahan yang bersifat kasar. Sampah yang akan digunakan diambil berdasarkan perhitungan kebutuhan larva untuk waktu *feeding* per tiga hari. Pengambilan sampel sampah akan dilebihkan 20% sebagai antisipasi adanya kesalahan selama pelaksanaan. Sampah yang telah dicacah kemudian diaduk hingga tercampur, kemudian dimasukkan kedalam reaktor larva BSF. Pencampuran jumlah sampah dikombinasikan sesuai komposisi yang direncanakan.

3.3.6 Pengumpulan Data

Parameter yang akan diukur pada penelitian ini adalah kandungan air, C-organik, N-organik, C/N, pH, penambahan berat larva, persentase reduksi, dan protein larva. Pengumpulan data ditulis dalam *logbook*, untuk mencatat setiap perlakuan dan perubahan yang diperoleh berdasarkan kontrol rutin.

- Pengukuran Pertambahan Berat Larva
Pengukuran pertambahan berat larva dilakukan pada pada setiap *feeding* dan hari terakhir yaitu hari ke-1, 4, 7, dan 12. Pengukuran ini dilakukan pada 30 ekor larva BSF disetiap reaktor, sebagai representasi pertambahan berat

larva dalam suatu reaktor. Pengambilan larva akan dilakukan dengan membagi menjadi tiga segmen agar merata dan representatif.

- **Pengukuran Berat Kering Larva**
Pengukuran berat kering larva dilakukan pada hari ke-1, 4, 7, dan 12. Pengukuran berat kering ini dilakukan dengan mengukur kadar air pada larva BSF. Pengukuran ini dilakukan pada 10 ekor larva BSF di setiap reaktor. Larva akan dioven selama 24 jam pada suhu 105°C. Kemudian didiamkan pada desikator selama 15 menit, untuk kemudian ditimbang berat keringnya menggunakan neraca analitik. Prosedur percobaan dapat dilihat pada Lampiran A. Dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran LB. 4.
- **Pengukuran Kandungan Protein Larva**
Pengukuran kandungan protein larva BSF dilakukan pada hari pertama dan hari terakhir penelitian untuk mengetahui persentase pertambahan protein pada larva BSF. Metode pengukuran yang digunakan adalah dengan metode total nitrogen pada produk perikanan (SNI-01-2354-2006). Prosedur percobaan dapat dilihat pada Lampiran A.
- **Persentase Reduksi Sampah**
Persentase reduksi sampah dihitung pada hari terakhir yaitu hari ke-12. Sebelum residu akhir ditimbang, terlebih dahulu dipisahkan dari larva yang ada. Persentase reduksi sampah dihitung berdasarkan berat akhir dengan berat total sampah dalam reaktor. Tingkat reduksi sampah dihitung menggunakan perhitungan rumus (2.2) dan (2.3).
- **Pengukuran Kadar Air**
Pengukuran kadar air dilakukan setiap hari. Pengukuran dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 5-10 g dari reaktor dan pada sampel sampah sebelum *feeding*. Sampel dipanaskan selama 24 jam menggunakan oven, dan kemudian ditimbang. Prosedur selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.
- **Pengukuran pH**
Pengukuran pH dilakukan pada setiap *feeding* dan hari terakhir, dengan mengambil sampel sampah sebelum proses *feeding*. Pengukuran pH ini dilakukan untuk melihat

pengaruh penggunaan larva BSF pada perubahan pH yang mungkin terjadi pada sampah. Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter. Prosedur percobaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A. Dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran LB. 9.

- Pengukuran Suhu
Pengukuran suhu dilakukan setiap hari, sebagai kontrol kondisi dan untuk mengetahui fluktuasi suhu yang terjadi. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer dengan kedalaman pengukuran setengah dari ketinggian total campuran sampah pada reaktor. Pengukuran suhu dilakukan pada suhu ruangan, suhu di dalam reaktor dan suhu sampah sebelum proses *feeding*. Prosedur percobaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.
- Pengukuran C-organik
Pengukuran C-organik dilakukan menggunakan metode gravimetri. Analisis ini dilakukan pada awal dan akhir yaitu pada sampel sampah sebelum proses *feeding* dan pada material di reaktor. Prosedur percobaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A. Dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran LB. 8.
- Pengukuran N-organik
Pengukuran N-organik dilakukan menggunakan metode *semi mikro kjeldahl* (Thom dan Utomo, 1991). Analisis ini dilakukan pada awal dan akhir yaitu pada sampel sampah sebelum proses *feeding* dan pada material reaktor. Prosedur percobaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A. Dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran LB. 5 sampai LB. 7.
- Nilai Rasio C/N
Nilai C/N dihitung dari perbandingan nilai total C-organik dan total N-organik pada material dalam reaktor dan residu akhir. Rasio C/N akhir sesuai standar kompos SNI-19-7030-2004 adalah antara 10-20.

Sehingga dari uraian di atas dapat disimpulkan metode pengukuran data sesuai seperti pada Tabel 3.5. Prosedur percobaan dapat dilihat pada Lampiran A.

Tabel 3.5 Pengukuran Data

| No | Parameter | Metode | Waktu |
|----|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 | Persentase Reduksi sampah | Perhitungan WRI | Hari 1 dan 12 |
| 2 | Penambahan berat larva | Penimbangan | Hari 1, 4, 7, dan 12 |
| 3 | Berat kering larva | Perhitungan berat kering | Hari 1, 4, 7, dan 12 |
| 4 | Kandungan protein larva | Total nitrogen | Hari 1 dan 12 |
| 5 | Kadar air | AOAC | Hari 1, 4, 7, dan 12 |
| 6 | pH | AOAC | Hari 1, 4, 7, dan 12 |
| 7 | Suhu | Thermometrik | Setiap hari |
| 8 | Total C-organik | AOAC | Hari 1 dan 12 |
| 9 | Total N-organik | Semi Mikro Kjeldhal | Hari 1 dan 12 |
| 10 | N-Amonium | Spektrofotometri | Hari 1 dan 12 |
| 11 | N-Nitrat | Spektrofotometri | Hari 1 dan 12 |
| 12 | C/N | Perbandingan | Hari 1 dan 12 |

3.3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan terhadap hasil dari dekomposisi larva berdasarkan pada tingkat reduksi pada masing-masing variasi sampah. Penentuan pengaruh tingkat pertumbuhan larva berdasarkan masing-masing variabel dilakukan berdasarkan berat akhir larva dan persentase protein akhir setelah *running* selesai. Kemudian dianalisis dan dibahas mengenai pengaruh variasi komposisi sampah dan variasi rasio komposisi terhadap tingkat reduksi pada sampah.

Hasil penelitian ini akan dianalisis dengan metode statistik. Metode statistik meliputi penyajian data hasil analisis tiap-tiap parameter dalam bentuk tabel dan grafik. Data yang diperoleh kemudian diuji menggunakan uji statistik ANOVA. Hasil yang diperoleh nantinya akan dibahas dalam pembahasan. Hasil akhir dekomposisi sampah akan dibandingkan dengan standar kompos SNI-19-7030-2004. Pengumpulan data sekunder berupa literatur,

jurnal, dan buku juga diperlukan sebagai data pendukung dan perbandingan pada saat penulisan laporan.

3.4.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan tahapan terakhir dalam penelitian. Pada tahap ini, penulis menyimpulkan hasil analisis data dan pembahasan dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ditulis sesuai hasil penelitian dan menjawab tujuan. Kesimpulan ditulis dalam poin-poin yang disajikan secara singkat dan jelas. Saran merupakan rekomendasi untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Tujuan dari saran ini adalah untuk menyempurnakan dan memperbaiki penelitian sebelumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal dan Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk memperoleh data karakteristik awal sampah organik yang akan direduksi oleh larva BSF. Karakteristik awal tiap jenis sampah yang dianalisis meliputi kadar air, pH, suhu, C-organik, N-organik, N-amonium, dan N-nitrat. Analisis dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS. Pada penelitian ini sampel sampah yang digunakan berasal dari sampah organik berupa sampah sisa makanan, sampah residu kompos *windrow*, kompos *windrow* setengah matang dan kotoran sapi. Sampel sampah sisa makanan dan sampah *windrow* diperoleh dari PDU Jambangan Surabaya. Sampel sampah kotoran sapi diperoleh dari RPH Surya Pegirian Surabaya.



Gambar 4.1 Sampel Sampah
(a) sisa makanan; (b) sampah *windrow*; (c) kotoran sapi

Sampah sisa makanan didapatkan dari PDU Jambangan, yang berasal dari masyarakat dan rumah makan sekitar PDU Jambangan. Sampel sampah residu kompos *windrow* adalah sampah hasil dari pengomposan *windrow* yang tidak lolos ayakan dan belum terdegradasi sempurna. Besar reduksi sampah organik di delapan rumah kompos Surabaya Timur adalah sebesar 50,34%

(Addiansyah dan Herumurti, 2017). Residu *windrow composting* biasanya dibuang ke TPA. Pada pemanfaatan residu kompos *windrow* perlu dilakukan pemilahan karena masih tercampur dengan sampah plastik, kain, dan bahan-bahan yang sulit terurai lainnya. Sampah *windrow* setengah matang diambil dari tumpukan kompos *windrow* yang berada pada tumpukan keempat dari total delapan tumpukan *windrow*. Sampel sampah yang didapatkan kemudian dicacah dan dihaluskan, kecuali sampah kotoran sapi karena sudah halus. Sampel sampah yang telah dihaluskan kemudian dicampur secara merata sesuai dengan komposisi dan rasio yang telah ditentukan.

4.1.1 Kadar Air Awal Sampel Sampah

Analisis kadar air sampel sampah dilakukan dengan pengukuran berat kering hasil pemanasan suhu 105°C selama 24 jam. Masing-masing jenis sampah diukur kadar airnya untuk menentukan perbandingan yang digunakan sebagai bahan campuran makanan larva BSF. Penentuan kadar air sampel sampah ini digunakan untuk mengetahui berat basah makanan larva BSF yang akan digunakan selama penelitian. Data pengukuran kadar air awal sampel sampah dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kadar air Awal Sampel Sampah

| No | Jenis Sampah | Kadar Air (%) |
|----|---------------------------------------|---------------|
| 1 | Sampah sisa makanan | 77,46% |
| 2 | Sampah residu <i>windrow</i> | 37,61% |
| 3 | Sampah <i>windrow</i> setengah matang | 50,52% |
| 4 | Sampah kotoran sapi | 83,01% |

Kadar air tertinggi pada sampah kotoran sapi yaitu 83,01%, dan kadar air terendah pada sampah residu *windrow* yaitu 37,61%. Menurut Alvarez (2012), kadar air optimum makanan larva adalah 60-90%. Pada jenis sampah kotoran hewan, larva BSF mampu bekerja optimum pada kadar air 40-60% (Fatchurochim *et al.*, 1989). Jenis sampah residu *windrow* dan sampah *windrow* setengah matang belum memenuhi rentang tersebut, sehingga pada proses *feeding* untuk campuran kedua jenis sampah tersebut perlu adanya penambahan air hingga 60-70%. Berdasarkan data kadar air ini, maka dapat ditentukan berat sampah sesuai dengan perbandingan dan komposisi sampah

sesuai porsi makan BSF. Berat kering porsi makan larva yang digunakan adalah 20 mg/ekor.hari, yang disesuaikan berdasarkan porsi makan larva (Sipayung, 2015).

4.1.2 pH Awal Sampel Sampah

Pengukuran pH awal sampel sampah perlu dilakukan, hal ini dikarenakan pH masing-masing jenis sampah akan mempengaruhi pH sampah campuran yang akan digunakan pada penelitian. Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH yang mungkin terjadi dalam proses dekomposisi sampah oleh larva BSF. Data pengukuran pH awal ini kemudian akan dibandingkan pada setiap *feeding* dan hari terakhir. Hasil pengukuran pH sampel sampah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 pH Awal Sampel Sampah

| No | Jenis Sampah | pH |
|----|---------------------------------------|------|
| 1 | Sampah sisa makanan | 3,36 |
| 2 | Sampah residu <i>windrow</i> | 8,37 |
| 3 | Sampah <i>windrow</i> setengah matang | 8,34 |
| 4 | Sampah kotoran sapi | 7,03 |

4.1.3 Suhu Awal Sampel Sampah

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari selama penelitian, untuk memastikan bahwa proses dekomposisi berjalan dengan optimal. Pengukuran suhu dilakukan pada sampah dalam reaktor dan suhu di lingkungan sekitar. Berikut ini adalah data pengukuran suhu awal sampel sampah, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Suhu Awal Sampel Sampah

| No | Jenis Sampah | Suhu (°C) |
|----|---------------------------------------|-----------|
| 1 | Sampah sisa makanan | 25 |
| 2 | Sampah residu <i>windrow</i> | 25,5 |
| 3 | Sampah <i>windrow</i> setengah matang | 25 |
| 4 | Sampah kotoran sapi | 25,5 |
| 5 | Suhu lingkungan | 25 |

Hasil pengukuran suhu sampel sampah (Tabel 4.3) menunjukkan bahwa sampel sampah bahan makan larva BSF ini memiliki suhu yang sama dengan lingkungan. Larva BSF adalah jenis larva yang mampu hidup di daerah beriklim tropis dan sedang.

4.1.4 Rasio C/N Awal Sampel

Pengukuran C/N awal sampel sampah perlu dilakukan untuk mengetahui rasio C/N awal sampah yang kemudian akan

dibandingkan dengan rasio C/N residu akhir hasil dekomposisi. Data pengukuran C-organik, N-organik, dan rasio C/N awal sampah dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 C-organik, N-organik dan C/N Awal Sampel Sampah

| No | Jenis Sampah | C-organik (%) | N-organik (%) | Rasio C/N |
|----|---------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| 1 | Sampah sisa makanan | 35,54 | 0,76 | 46,67 |
| 2 | Sampah residu <i>windrow</i> | 19,84 | 1,14 | 17,32 |
| 3 | Sampah <i>windrow</i> setengah matang | 24,02 | 0,96 | 25,98 |
| 4 | Sampah kotoran sapi | 21,27 | 0,94 | 22,52 |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel sampah sisa makanan memiliki nilai C/N paling tinggi yaitu 46,67. Nilai terendah adalah pada sampah *residu windrow* dengan nilai 17,32. Rasio C/N awal yang efektif untuk proses pengomposan adalah antara 25-40 (Chen *et al.*, 2011). Jika dilihat dari kondisi awal sampah tanpa campuran hanya sampah *windrow* setengah matang yang berada pada rentang efektif. Kotoran sapi juga memiliki nilai C/N dibawah 25, namun masih mendekati nilai optimum yaitu 22,52. Oleh karena itu, proses pencampuran komposisi sampah yang memiliki C-organik yang lebih tinggi akan dapat menaikkan rasio C/N dari sampah.

4.2 Hasil Analisis Penelitian Utama

Proses reduksi sampah organik dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly* (BSF) dilakukan selama 12 hari, dalam skala laboratorium. Larva BSF dimanfaatkan karena mampu mereduksi sampah organik, selain itu larva BSF juga bukan hama, tidak muncul dalam daftar hewan pembawa penyakit, organisme maupun patogen (Caruso *et al.*, 2014). *Black Soldier Fly* (BSF) bukan jenis lalat yang mudah ditemukan di pemukiman padat penduduk. BSF hanya makan pada fase larva, berbeda dengan jenis lalat rumah maupun lalat buah yang terus makan dan memungkinkan adanya bakteri dan patogen dari sampah yang terikut.

Larva BSF yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva usia enam hari. Pemberian makan pada larva BSF dilakukan pada hari ke- 1, 4 dan 7. Pada setiap proses pemberian makan atau *feeding* dilakukan analisis terhadap beberapa parameter. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah pH, suhu, pertambahan berat larva, berat kering larva, kadar air sampah, kadar air larva, amonium, nitrat, total kheldahl nitrogen dan C-organik.



Gambar 4.2 *Feeding* Reaktor Sampah BSF

4.2.1 Karakteristik Awal Sampah Campuran

Karakteristik awal sampel sampah tanpa campuran digunakan untuk menentukan berat basah yang digunakan dalam tiap komposisi. Perhitungan kadar air dan rasio C/N sampah juga perlu diketahui agar sesuai dengan karakteristik awal pengomposan. Hasil perhitungan kasar rasio C/N sampah campuran dapat dilihat pada Tabel 3.2. Karakteristik awal sampah setelah dilakukan pencampuran sesuai jenis sampah dan rasio yang telah ditentukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Karakteristik Awal Sampah Campuran

| Name | AWAL (HARI KE-1) | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-----------|-----------|------|---------|--------|-------------|
| | % Air | C-organik | N-Organik | TKN | Amonium | Nitrat | C/N organik |
| REAKTOR KONTROL | | | | | | | |
| KS (BSF) | 85,66 | 21,27 | 0,94 | 0,99 | 0,05 | 0,05 | 22,52 |
| SM (BSF) | 77,4 | 35,55 | 0,76 | 0,87 | 0,11 | 0,05 | 46,67 |
| RW (BSF) | 34,29 | 19,84 | 1,15 | 1,21 | 0,07 | 0,11 | 17,33 |
| WS (BSF) | 50,52 | 24,02 | 0,96 | 0,97 | 0,01 | 0,04 | 24,99 |
| KS (Tanpa BSF) | 80,41 | 20,34 | 1,02 | 1,08 | 0,06 | 0,08 | 19,94 |
| SM (Tanpa BSF) | 75,47 | 34,83 | 0,93 | 1,02 | 0,09 | 0,09 | 37,45 |
| RW (Tanpa BSF) | 26,52 | 24,58 | 1,14 | 1,19 | 0,05 | 0,14 | 21,48 |
| WS (Tanpa BSF) | 35,41 | 28,67 | 1,07 | 1,11 | 0,04 | 0,17 | 26,83 |
| SM:RW (Tanpa BSF) | 73,07 | 34,42 | 0,91 | 1,04 | 0,13 | 0,06 | 37,64 |
| SM:WS (Tanpa BSF) | 69,76 | 30,06 | 0,92 | 1,05 | 0,13 | 0,06 | 32,74 |
| SM:KS (Tanpa BSF) | 78,25 | 31,98 | 0,92 | 1,04 | 0,13 | 0,09 | 34,86 |
| REAKTOR UTAMA | | | | | | | |
| SM:KS (90:10) | 47,05 | 31,03 | 0,87 | 0,96 | 0,09 | 0,07 | 35,62 |
| SM:KS (70:30) | 70,37 | 29,06 | 0,89 | 0,98 | 0,09 | 0,02 | 32,67 |

| Name | AWAL (HARI KE-1) | | | | | | |
|----------------------|------------------|-----------|-----------|------|---------|--------|-------------|
| | % Air | C-organik | N-Organik | TKN | Amonium | Nitrat | C/N organik |
| SM:KS (60:40) | 72,76 | 23,58 | 0,84 | 0,95 | 0,11 | 0,06 | 28,02 |
| SM:RW (90:10) | 73,51 | 27,77 | 0,87 | 0,97 | 0,11 | 0 | 32,09 |
| SM:RW (70:30) | 72,49 | 30,06 | 0,91 | 1,03 | 0,12 | 0 | 32,94 |
| SM:RW (60:40) | 62,27 | 18,71 | 0,81 | 0,91 | 0,1 | 0,01 | 23,06 |
| SM:WS (90:10) | 63 | 33,67 | 0,98 | 1,06 | 0,08 | 0,08 | 34,42 |
| SM:WS (70:30) | 62,88 | 32,69 | 1,09 | 1,16 | 0,07 | 0,04 | 29,87 |
| SM:WS (60:40) | 64,45 | 28,64 | 0,78 | 0,88 | 0,1 | 0,05 | 36,82 |

Keterangan:

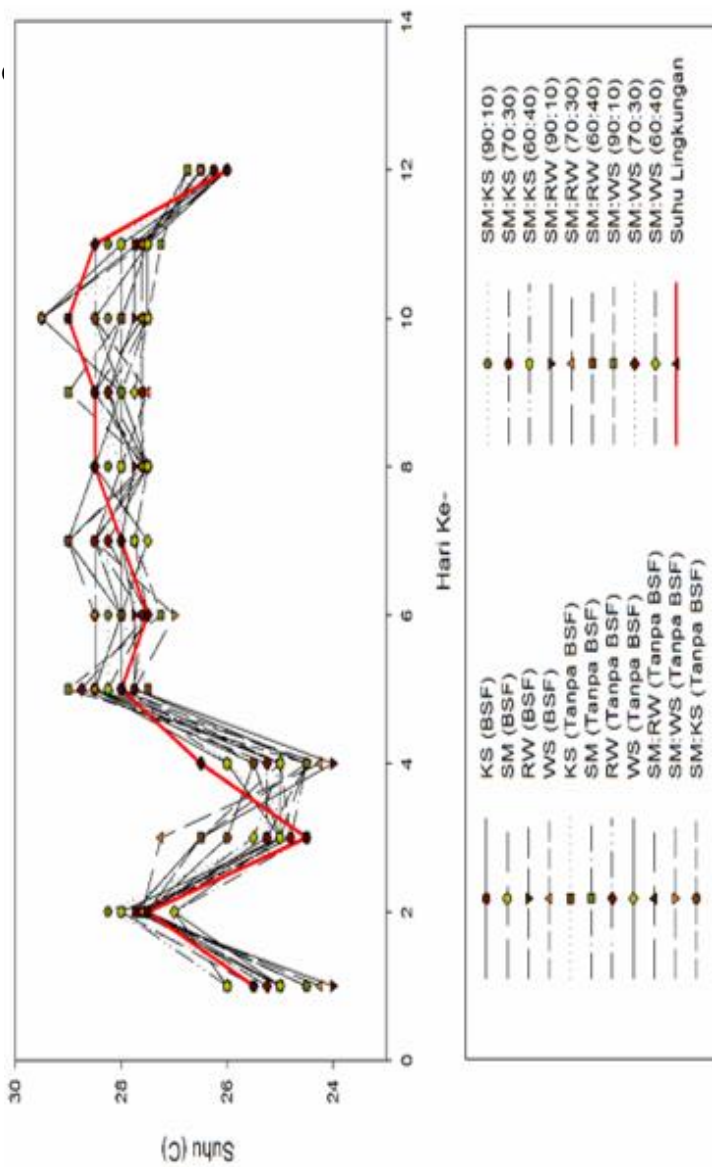
- SM : RW = Sisa makanan : residu *windrow*
- SM : WS = Sisa makanan : *windrow* setengah matang
- SM : KS = Sisa makanan : kotoran sapi

Pada jenis sampah kontrol masih terdapat sampah yang tidak memenuhi rasio C/N awal, yaitu kotoran sapi dan residu *windrow*. Residu *windrow* memiliki rasio C/N yang sudah cukup rendah yaitu 17,33 hal ini dikarenakan sampah telah melalui proses pengomposan sebelumnya. Rasio C/N kotoran sapi hampir mendekati angka 25 yang merupakan nilai C/N awal yang disarankan. Menurut Sweeten dan Auvermann (2003), menyebutkan bahwa rasio C/N awal juga efektif pada rentang nilai 20-40.

Setelah adanya proses pencampuran sampah sesuai dengan komposisi dan rasio, secara keseluruhan semua jenis sampah campuran memenuhi rentang rasio C/N awal kompos. Kondisi kadar air pada kontrol sampah *windrow* dan sampah SM:KS (90:10) belum memenuhi kadar air optimum untuk proses reduksi sampah menggunakan larva BSF. Sehingga pada hari kedua dilakukan penambahan air, hingga persentase kadar air mencapai 60-70%. Penambahan air ini dilakukan dengan mengukur berapa kekurangan kandungan air yang ada pada sampel berdasarkan persentase kadar air sampah yang telah diukur sebelumnya. Data hasil karakteristik sampah campuran awal ini kemudian akan dibandingkan dengan hasil residu diakhir penelitian.

4.2.2 Kondisi Suhu dan pH Sampah

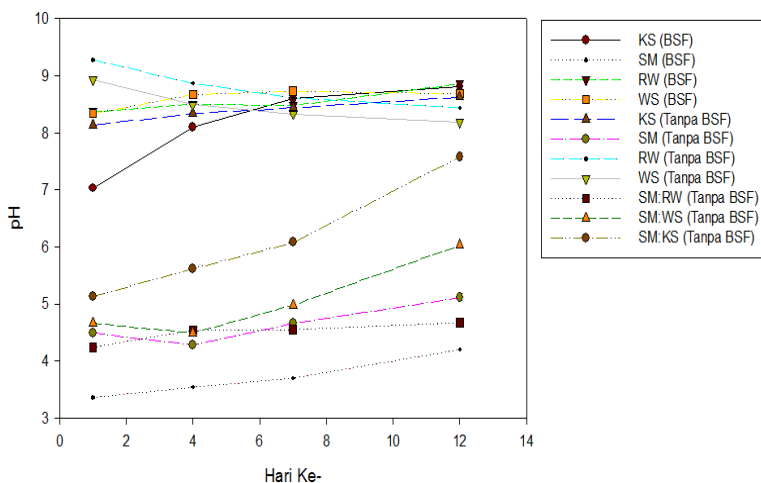
Pengukuran suhu dilakukan setiap hari selama dua belas hari. Kontrol suhu dilakukan untuk memastikan bahwa sampah yang diberikan cocok untuk pakan larva BSF. Suhu optimum bagi larva BSF adalah 27-30°C (Tomberlin *et al.*, 2009). Pengukuran suhu juga merupakan salah satu cara untuk memantau proses pengomposan. Hal ini dikarenakan suhu mempengaruhi dan mengindikasikan reaksi biologis yang terjadi selama proses degradasi oleh mikroorganisme. Data perubahan suhu selama dua belas hari dapat dilihat pada Gambar 4.3.



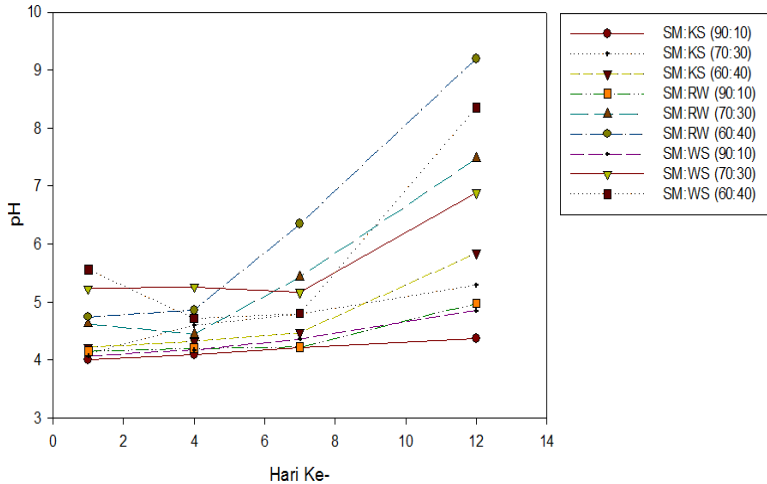
Gambar 4.3 Hasil Perubahan Suhu

Hasil perubahan suhu (Gambar 4.3) menunjukkan bahwa secara keseluruhan suhu pada reaktor BSF hampir sama dengan suhu di lingkungan sekitar. Pengukuran suhu pada reaktor BSF ini berkisar antara 24-29 °C, diukur pada sore hari. Suhu maksimum Larva BSF mampu bertahan hidup adalah 36°C (Tomberlin *et al.*, 2009). Keseluruhan data pengukuran suhu tidak ada yang melebihi batas maksimum. Hasil menunjukkan bahwa baik dari jenis sampah maupun larva BSF tidak mempengaruhi kondisi suhu dalam reaktor percobaan. Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik, suhu kompos maksimal sama dengan suhu air dan tanah disekitarnya. Nilai perubahan suhu keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran LC.1.

Pengukuran pH dilakukan setiap sebelum *feeding* pada sampel hasil dekomposisi larva BSF di reaktor. Pengukuran pH dilakukan untuk memastikan kondisi pH sampah cocok untuk larva BSF. Selain itu analisis pH juga dilakukan untuk melihat pengaruh larva BSF terhadap perubahan pH pada sampah yang mungkin terjadi. Data pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.4 Perubahan pH Reaktor Kontrol



Gambar 4.5 Perubahan pH Reaktor Utama

Nilai pH pada reaktor kontrol (Gambar 4.4) menunjukkan kondisi yang mendekati netral, kecuali pada jenis sampah yang mengandung sampah sisa makanan. Pada kontrol sisa makanan awal sampel sampah bersifat asam. Tingkat keasaman pH untuk sisa makanan dengan BSF adalah 3,36 dan pH 4,49 untuk sisa makanan tanpa BSF. Kondisi awal keseluruhan sampel sampah campuran berada pada kondisi asam yaitu pada rentang 4 - 5,56. Hal ini dikarenakan sampah sisa makanan sendiri memiliki pH yang rendah. Selain itu pada jenis sampah campuran, sampah sisa makanan memiliki persentase penambahan lebih besar dari campuran sampahnya. Pada pengomposan, sampah sisa makanan biasanya selalu didahului dengan pH rendah (Sundberg *et al.*, 2013). Berdasarkan data pengukuran pH (Gambar 4.4 dan 4.5), pada reaktor pakan BSF memiliki kecenderungan yang sama yaitu turun diawal hari ke empat. Pada hari ketujuh hingga hari terakhir pH terus bergerak naik. Penurunan pH menunjukkan adanya proses degradasi bahan organik menjadi asam organik (Nugroho *et al.*, 2010). Adanya pembentukan asam organik selama proses pengomposan tersebutlah yang menyebabkan pH mengalami penurunan. Selama proses dekomposisi juga terjadi pembentukan amonia dari kandungan nitrogen pada bahan

organik. Pembentukan amonia ini akan meningkatkan pH pada sampah hasil dekomposisi. Menurut Noor *et al.* (2005), adanya peningkatan pH pada proses dekomposisi dikarenakan oleh perubahan asam-asam organik menjadi CO₂ dan adanya kation-kation basa hasil mineralisasi bahan organik.

Pada akhir hari ke-12 reaktor kontrol sisa makanan masih berada pada kondisi asam yaitu 4,2 begitu pula dengan sampah campuran kotoran sapi (4,3-5,8). Hasil residu yang bersifat asam ini apabila ingin dimanfaatkan menjadi kompos harus diolah terlebih dahulu dengan meningkatkan nilai pH-nya. Hal ini dilakukan untuk mencegah agar pH tidak terlalu rendah atau asam. Meningkatkan pH pada dasarnya dapat dilakukan dengan penambahan kapur (Bergersen *et al.*, 2009). Penambahan kapur harus dilakukan secara hati-hati agar pH tidak menjadi terlalu tinggi.

Pada reaktor selain SM:KS, pH mengalami kenaikan dengan rentang pH 6,88-9,2. Semakin kecil campuran sisa makanan, pH sampah akan semakin basa. Data menunjukkan bahwa pada reaktor SM:RW rasio 70:30 dan 60:40 sampel sampah mengalami kenaikan pH yang cukup pesat dari hari ke-7 hingga pengukuran hari ke-12. Hal ini dapat disebabkan oleh komposisi sampah dan aktivitas mikroorganisme didalamnya. Pada reaktor SM:RW dan SM:WS semakin besar campuran sampah residu *windrow* dan *windrow* setengah matang yang menjadi campurannya, peningkatan pH juga semakin pesat. Pada campuran komposisi tersebut memiliki penurunan N-amonium lebih besar dari pada jenis sampah yang lain. Nilai pH akan meningkat apabila terjadi penguraian nitrogen pada bahan organik oleh mikroorganisme. Nitrogen dalam bahan organik akan diubah menjadi NH₃, NH₃ berikatan dengan air membentuk NH₄OH yang menyebabkan pH menjadi basa (Dwiyanty, 2011). Larva BSF sendiri mampu mengubah pH asam menjadi basa secara signifikan, yaitu tiga sampai enam tingkat lebih tinggi (Alattar, 2012).

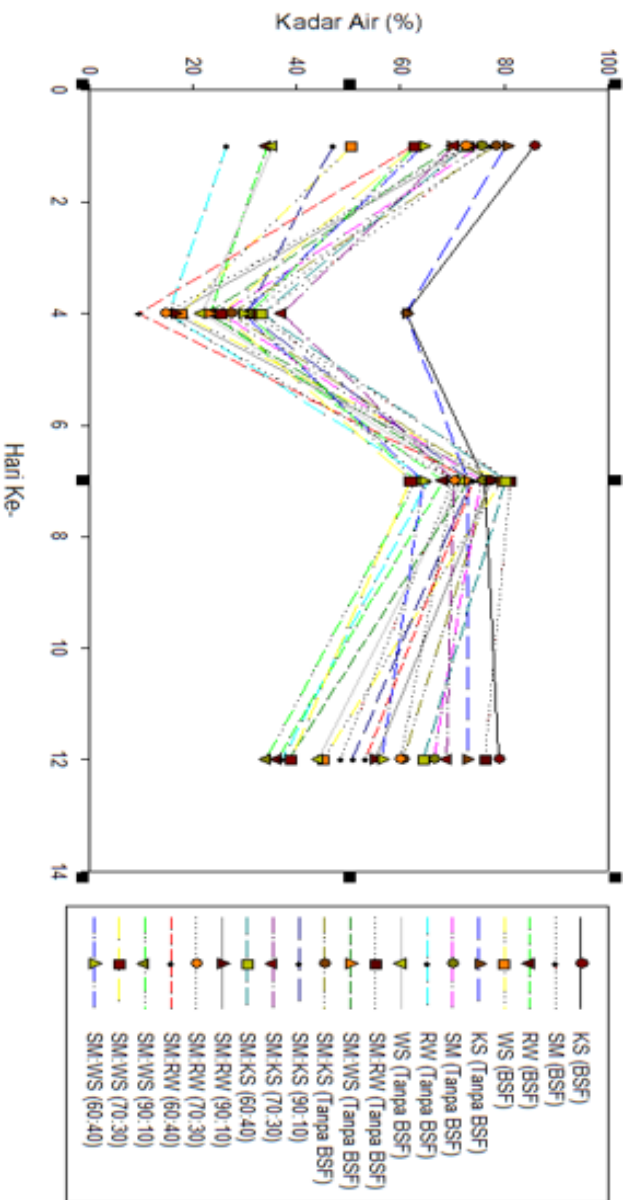
Menurut SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik, nilai derajat keasaman pH adalah 6,8-7,49. Pada penelitian ini terdapat nilai pH hasil dekomposisi larva BSF yang melebihi 7,49. Meskipun lebih tinggi dari yang dipersyaratkan, namun masih menggambarkan nilai pH yang

umum pada kompos. Pada proses pengomposan pH akhir yang dituju adalah 6-8,5 (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Kenaikan pH tertinggi adalah pada reaktor SM:RW 70:30 dengan pH 9,2. Meningkatnya nilai pH ke kondisi basa sebenarnya baik untuk kondisi pengomposan. Kondisi basa dapat menghambat pertumbuhan patogen seperti jamur yang hidup pada kondisi asam (Saidi *et al.*, 2008). Pengontrolan terhadap pH dapat dilakukan dengan menambahkan urea, sulfur, kotoran hewan, atau pupuk nitrogen untuk menurunkan pH, sedangkan untuk menaikkan pH dapat dengan menambahkan kapur (Hadiwiyoto, 1983).

Kondisi pH selama penelitian tidak mempengaruhi fase hidup larva BSF. Tingkat kematian larva pada penelitian ini cukup rendah yaitu dibawah 10%, bahkan dibebberapa reaktor tidak mengalami kematian. Hasil penelitian Alattar (2012), menunjukkan bahwa larva BSF muda dan dewasa memiliki toleransi yang tinggi terhadap nilai pH ekstrem yaitu pH 0,7-13,7. Nilai perubahan pH secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran LC.2.

4.2.3 Kadar Air Sampah

Pengukuran kadar air sampah dilakukan untuk membuat kondisi bahan makanan yang cocok bagi perkembangan larva BSF. Pengukuran kadar air juga dapat digunakan untuk menentukan berat kering dari sampah hasil dekomposisi larva BSF. Data pengukuran kadar air sampah pada tiap reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.6. Nilai kadar air sampah secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran LC.7.



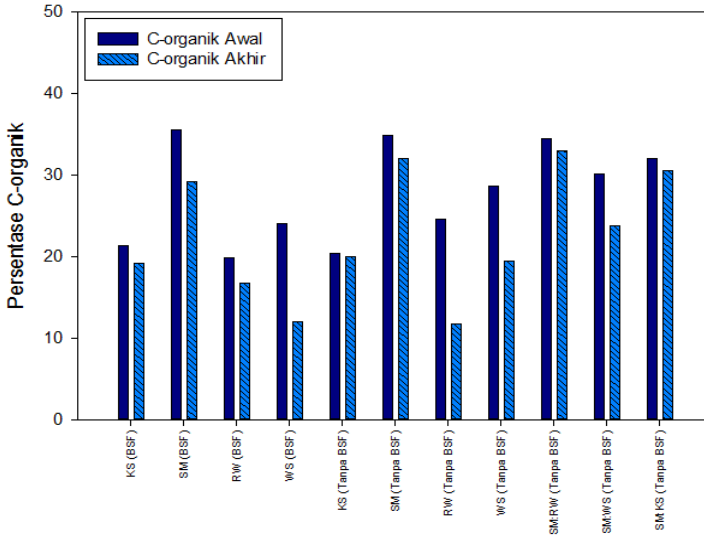
Gambar 4.6 Hasil Pengukuran Kadar Air Sampah

Berdasarkan Gambar 4.6, kontrol sampah residu *windrow* dan *windrow* setengah matang berada dibawah optimum yaitu 60-90%. Pada penelitian ini jenis campuran sampah *windrow* dilakukan penambahan air hingga kadar air mencapai 60-70%. Penambahan air ini didasarkan dari kekurangan kandungan air yang dihitung setelah perhitungan kadar air sampel sampah. Kadar air yang optimal pada bahan makanan larva BSF dapat mendukung aktivitas makan larva dan juga agar bahan makanan lebih mudah untuk dikonsumsi oleh larva BSF.

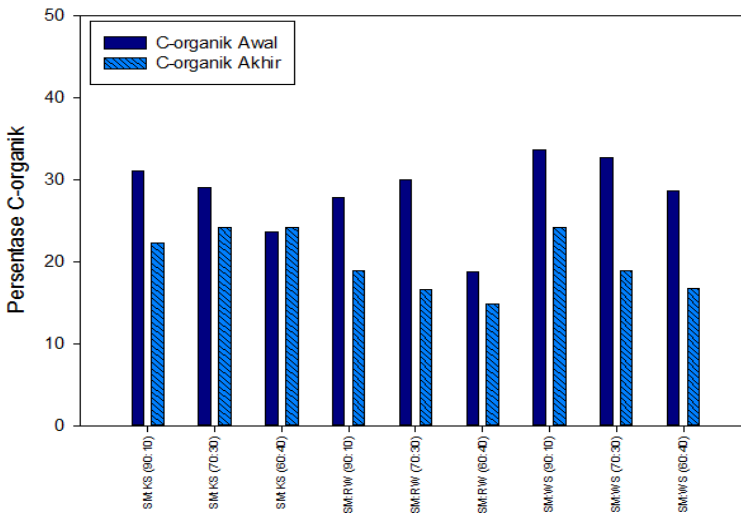
Pada hari ke-4, hampir keseluruhan kadar air sampah berada dibawah kondisi optimum. Hal ini dikarenakan adanya penguapan karena reaktor dibuat terbuka tanpa penutup. Suhu disiang hari yang tinggi dan penguapan yang sangat cepat menjadi penyebab turunya kadar air sampah. Kadar air tetap terus menurun meskipun pada setiap harinya dilakukan pengkondisian dengan menambahkan air hingga 60-70%, sehingga pada hari keenam reaktor ditutup dengan kain untuk menjaga kadar air dalam sampah. Pada hari ke-7, dikarenakan reaktor ditutup kain kandungan kadar air sampah terjaga hingga hari ke-12 tanpa adanya penambahan air. Sesuai standar kompos SNI 19-7030-2004, persentase kadar air adalah 50%. Kadar air residu hasil dekomposisi sampah larva BSF pada penelitian ini yang terendah adalah 34% yaitu komposisi SM:WS 70:30, dan nilai terbesar adalah pada komposisi SM:KS 60:40 yaitu 68%. Secara keseluruhan semua jenis sampah berada pada rentang 50%, kecuali pada campuran SM:KS 70:30 dan 60:40 yaitu secara berturut-turut mencapai 68,9% dan 64,5%. Pengukuran kadar air ini dilakukan langsung pada residu dalam reaktor tanpa proses pengayakan terlebih dahulu. Jika diinginkan kadar air yang lebih rendah, residu larva BSF ini dapat diayak dan diangin-anginkan. Hal ini berguna untuk mengurangi kadar airnya. Nilai perubahan kadar air selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran LC.7.

4.2.4 Kadar C dan N dalam Sampah

Pengukuran kadar C-organik dan nitrogen dilakukan untuk menghitung besarnya rasio C/N. Data hasil pengukuran C dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



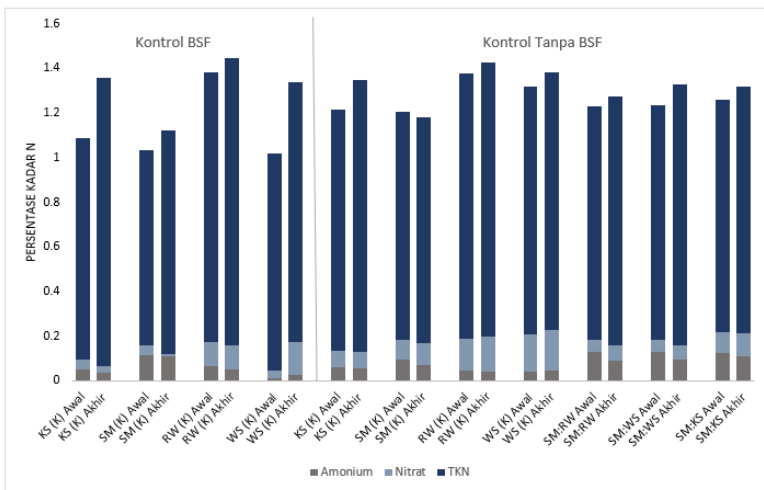
Gambar 4.7 Pengukuran C-Organik Awal dan Akhir Kontrol



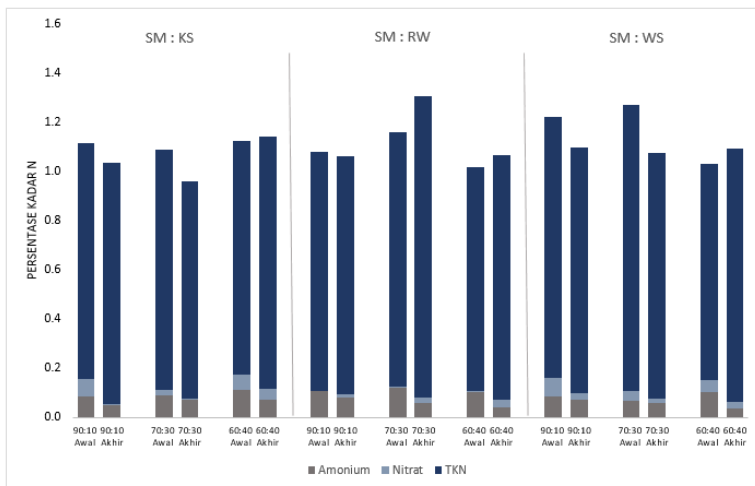
Gambar 4.8 Pengukuran C-Organik Awal dan Akhir Sampah Campuran

Analisis C-organik ini dilakukan untuk mengetahui besarnya senyawa organik yang terdegradasi oleh larva BSF dan mikroorganisme selama proses dekomposisi sampah. Kandungan C dalam sampah digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme dan larva. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa C-organik di awal dan akhir secara keseluruhan mengalami penurunan. Penurunan kadar C-organik terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik dalam sampah menjadi CO₂, H₂O dan sel baru (Pandebesie dan Rayuanti, 2013).

Kadar N yang diteliti dalam penelitian ini adalah kandungan TKN, N-organik, amonium dan nitrat. Penentuan kadar N-organik dalam bahan organik dihitung dengan mengurangi nilai TKN dengan amonium (Thom dan Utomo, 1991). Nitrogen merupakan unsur utama dalam proses pengomposan karena nitrogen digunakan untuk perkembangan mikroorganisme dan larva. Kandungan N dihitung untuk menentukan rasio C/N dari sampah dan residu akhir hasil dekomposisi larva BSF. Berikut ini ditampilkan data perbandingan kandungan kadar N awal dan akhir dari masing-masing variasi. Data nilai dan kandungan nitrogen dalam sampel sampah selama proses dekomposisi dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Pengukuran N Awal dan Akhir Kontrol



Gambar 4.10 Pengukuran N Awal dan Akhir Reaktor Campuran

Pada reaktor kontrol BSF maupun kontrol tanpa BSF secara keseluruhan mengalami kenaikan kadar nitrogen. Adanya peningkatan kadar N-total ini dikarenakan adanya pembentukan gas amonia di dalam sampel pada saat proses degradasi protein sampah oleh mikroorganisme (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Selain itu proses degradasi nitrogen oleh larva BSF dalam reaktor kontrol sampah murni berjalan lebih lambat dari pada jenis sampah campuran. Tingkat degradasi sampah oleh larva BSF yang lebih tinggi adalah pada sampah campuran, menyebabkan konsumsi nitrogen yang lebih besar. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan kadar nitrogen pada reaktor sampah campuran. Pada keseluruhan reaktor sampah campuran terjadi penurunan kadar nitrogen, kecuali pada reaktor sampah campuran rasio 60:40 dan SM:RW 70:30. Penurunan kadar nitrogen ini terjadi karena adanya aktivitas larva BSF dan mikroorganisme yang mengonversi nitrogen menjadi biomassa (Diener *et al.*, 2011). Menurut Myers *et al.* (2008), larva BSF mampu mereduksi massa nitrogen sebesar 43% pada sampel sampah kotoran sapi. Nilai kadar C dan N awal akhir secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran LC.3 dan LC. 4.

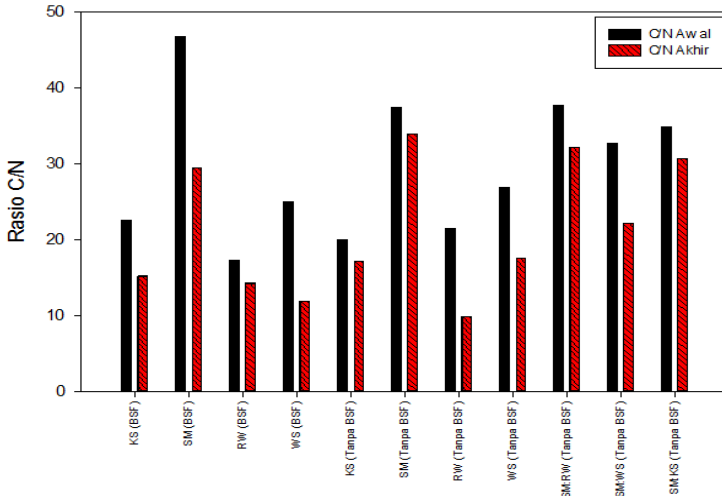
4.2.5 Rasio C/N Hasil Dekomposisi

Pengukuran rasio C/N dilakukan pada awal dan akhir penelitian, sebagai perbandingan. Hasil rasio C/N akhir dapat dilihat pada Tabel 4.6.

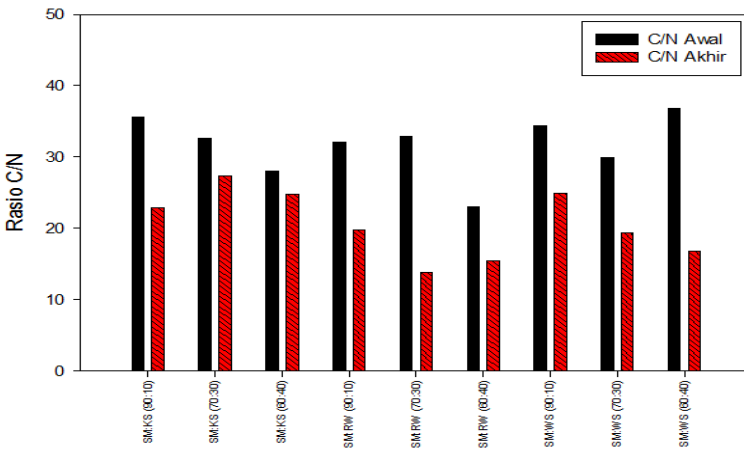
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran C/N Hasil Dekomposisi

| Jenis Sampah | C/N Awal | C-organik akhir | N-organik Akhir | C/N Akhir |
|--------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------|
| Reaktor Kontrol | | | | |
| KS (BSF) | 22,5 | 19,1 | 1,26 | 15,2 |
| SM (BSF) | 46,7 | 29,2 | 0,99 | 29,4 |
| RW (BSF) | 17,3 | 16,8 | 1,18 | 14,2 |
| WS (BSF) | 25,0 | 12,1 | 1,01 | 11,9 |
| KS (Tanpa BSF) | 19,9 | 20,0 | 1,17 | 17,1 |
| SM (Tanpa BSF) | 37,5 | 32,0 | 0,94 | 34,0 |
| RW (Tanpa BSF) | 21,5 | 11,7 | 1,19 | 9,8 |
| WS (Tanpa BSF) | 26,8 | 19,4 | 1,11 | 17,5 |
| SM:RW (Tanpa BSF) | 37,6 | 33,0 | 1,02 | 32,2 |
| SM:WS (Tanpa BSF) | 32,7 | 23,8 | 1,07 | 22,1 |
| SM:KS (Tanpa BSF) | 34,9 | 30,5 | 1,00 | 30,6 |
| Reaktor Utama | | | | |
| SM:KS (90:10) | 35,6 | 22,3 | 0,99 | 22,8 |
| SM:KS (70:30) | 32,7 | 24,1 | 0,88 | 27,3 |
| SM:KS (60:40) | 28,0 | 24,2 | 0,98 | 24,7 |
| SM:RW (90:10) | 32,1 | 18,9 | 0,95 | 19,8 |
| SM:RW (70:30) | 32,9 | 16,6 | 1,20 | 13,9 |
| SM:RW (60:40) | 23,1 | 14,9 | 0,96 | 15,5 |
| SM:WS (90:10) | 34,4 | 24,2 | 0,97 | 24,9 |
| SM:WS (70:30) | 29,9 | 18,9 | 0,98 | 19,3 |
| SM:WS (60:40) | 36,8 | 16,7 | 1,00 | 16,8 |

Berdasarkan data C-organik dan N-organik akhir tersebut kemudian didapatkan C/N akhir. Nilai C/N akhir ini kemudian dibandingkan dengan nilai C/N awal. Hasil perbandingan C/N dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11 Perbandingan C/N Awal dan Akhir Kontrol



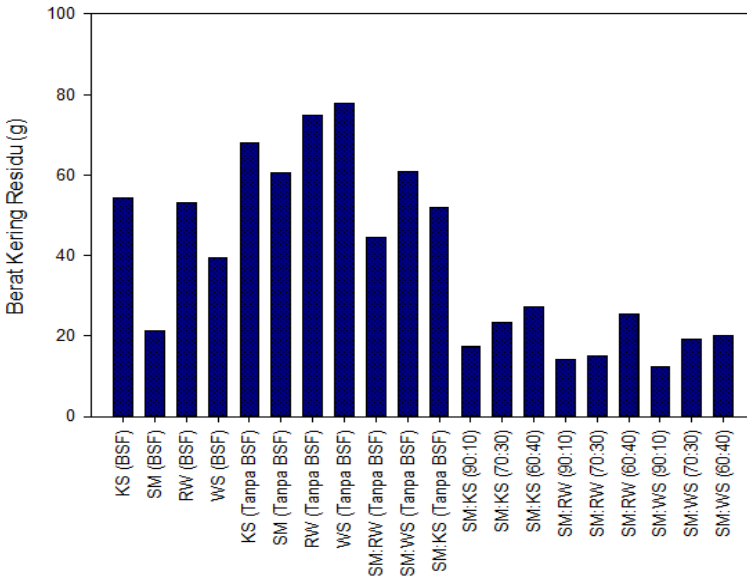
Gambar 4.12 Perbandingan C/N Awal dan Akhir Sampah Campuran

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa rasio C/N dari setiap komposisi sampah mengalami penurunan. Pada proses dekomposisi kandungan karbon organik pada sampah akan berkurang karena terdekomposisi menjadi CO₂, H₂O, dan panas, sedangkan nitrogen organik relatif tetap. Hal inilah yang menyebabkan nilai C/N selama proses dekomposisi turun. Menurut standar kompos SNI 19-7030-2004, rasio C/N untuk kompos adalah 10-20. Hasil dekomposisi sampah oleh larva BSF pada penelitian ini tidak semua memenuhi standar kompos. Berdasarkan data Tabel 4.12, pada jenis komposisi sampah campuran SM:KS, hasil dekomposisi residu larva BSF masih belum memenuhi standar kompos. Nilai C/N pada campuran sampah sisa makanan dan kotoran sapi adalah 22,8 ; 27,3 ; dan 24,7. Pada reaktor SM:WS 90:10 juga masih memiliki C/N diatas standar kompos yaitu 22,8. Masih tingginya nilai C/N pada reaktor SM:KS dan SM:WS 90:10 ini menunjukkan bahwa residu hasil dekomposisi sampah masih belum memenuhi kematangan optimal. C-organik yang terlalu tinggi membuat proses dekomposisi berjalan lambat (Pandebesie dan Rayuanti, 2013). Proses dekomposisi larva BSF yang cukup singkat yaitu selama 12 hari menjadi salah satu penyebab hasil dekomposisi sampah masih belum matang sempurna. Sehingga perlu adanya pengolahan lanjutan terhadap residu akhir agar dapat dimanfaatkan, salah satunya adalah dengan menggunakan residu akhir larva BSF sebagai *starter* untuk proses dekomposisi larva BSF yang baru. Pemanfaatan residu hasil dekomposisi larva BSF ini juga dapat divariasikan dengan metode pengomposan yang lainnya.

Adanya penambahan BSF menunjukkan nilai penurunan C/N sedikit lebih tinggi dari pada tanpa adanya penambahan larva BSF, kecuali pada reaktor kontrol residu *windrow*. Hal ini dikarenakan residu *windrow* adalah bahan yang telah mengalami proses dekomposisi lebih lama dari bahan yang lain sebelumnya. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa penambahan larva BSF tidak berperan signifikan terhadap penurunan C/N (*P-value* 0,276 atau $P > 0,05$). Perhitungan uji statistika ANOVA pengaruh larva BSF terhadap C/N akhir residu hasil dekomposisi dapat dilihat pada Lampiran LC.13.

4.2.6 Persentase Reduksi Sampah

Persentase reduksi sampah oleh larva BSF dihitung dari perbandingan jumlah sampel yang ditambahkan dengan jumlah sampel yang tersisa diakhir. Penimbangan berat ini didasarkan pada perhitungan berat kering, agar hasil yang dihasilkan lebih representatif. Berdasarkan penimbangan jumlah residu yang dihasilkan didapatkan data seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Penimbangan Residu Akhir

Berdasarkan data jumlah residu akhir seperti pada grafik di atas, sehingga dapat dicari persentase reduksi oleh larva BSF. Data hasil persentase reduksi sampah setiap perlakuan reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.7. Nilai pengukuran berat dan reduksi secara keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran LC.14.

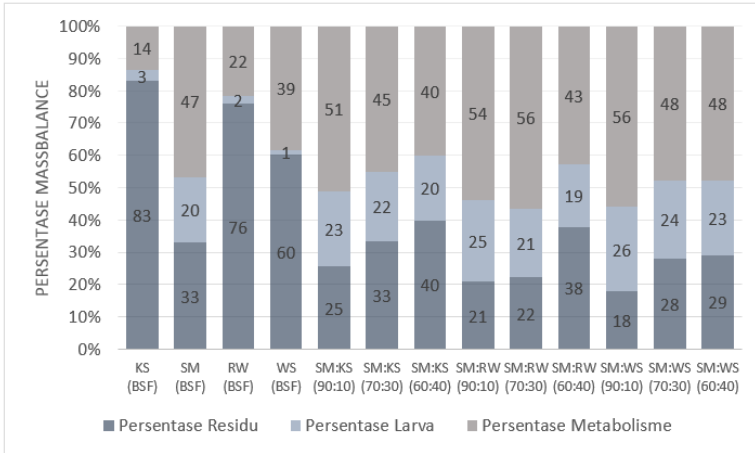
Tabel 4.7 Reduksi Hasil Dekomposisi

| No | Jenis Sampah | %R |
|------------------------|--------------|--------|
| Reaktor Kontrol | | |
| 1 | KS (BSF) | 17,072 |
| 2 | SM (BSF) | 66,945 |

| No | Jenis Sampah | %R |
|------------------------|-------------------|-------------|
| 3 | RW (BSF) | 23,947 |
| 4 | WS (BSF) | 39,665 |
| 5 | KS (Tanpa BSF) | 10,861 |
| 6 | SM (Tanpa BSF) | 10,790 |
| 7 | RW (Tanpa BSF) | 3,535 |
| 8 | WS (Tanpa BSF) | 9,669 |
| 9 | SM:RW (Tanpa BSF) | 36,243 |
| 10 | SM:WS (Tanpa BSF) | 14,081 |
| 11 | SM:KS (Tanpa BSF) | 25,891 |
| Reaktor Campuran Utama | | |
| 1 | SM:KS (90:10) | 74,52 ±7,03 |
| 2 | SM:KS (70:30) | 66,79 ±1,51 |
| 3 | SM:KS (60:40) | 60,12 ±3,95 |
| 4 | SM:RW (90:10) | 79,00 ±3,03 |
| 5 | SM:RW (70:30) | 77,78 ±0,28 |
| 6 | SM:RW (60:40) | 62,18 ±3,38 |
| 7 | SM:WS (90:10) | 82,18 ±3,55 |
| 8 | SM:WS (70:30) | 71,95 ±2,83 |
| 9 | SM:WS (60:40) | 70,90 ±2,74 |

Nilai reduksi terbesar pada reaktor kontrol adalah pada reaktor BSF sampah sisa makanan yaitu 66,95%. Ada atau tidaknya penambahan larva BSF sangat berpengaruh signifikan terhadap nilai reduksi sampah ($P < 0,05$). Reduksi terbesar untuk jenis sampah campuran adalah pada rasio 90:10, untuk keseluruhan jenis sampah campuran. Secara berturut-turut reduksi sampah rasio 90:10 pada campuran kotoran sapi, residu *windrow* dan *windrow* setengah matang adalah 74,52%, 79% dan 82,18%. Pada setiap jenis komposisi semakin besar campuran sisa makanan maka reduksi yang dihasilkan akan semakin besar pula.

Berdasarkan hasil reduksi oleh larva BSF, kemudian dapat diketahui kesetimbangan massanya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan berat kering. Pengukuran kesetimbangan massa ini dibagi menjadi persentase residu akhir, persentase berat larva dan persentase metabolisme oleh larva BSF. Grafik massa yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Kesetimbangan Massa

Berdasarkan Gambar 4.14, dapat diketahui bahwa persentase residu terkecil dengan persentase pertumbuhan berat larva terbesar adalah pada komposisi SM:WS 90:10. Reaktor SM:WS 90:10 menghasilkan residu sebesar $\pm 18\%$ dari total makan yang diberikan, $\pm 56\%$ diubah menjadi bahan metabolisme, dan $\pm 26\%$ menjadi bobot larva. Nilai kesetimbangan massa antara komposisi SM:WS dan SM:RW 90:10 tidak jauh berbeda.

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan sampah *windrow* memiliki peran signifikan dalam mereduksi sampah organik dan meningkatkan berat tubuh larva. Sampah *windrow* setengah matang merupakan sampah yang telah mengalami proses fermentasi. Menurut Caruso *et al.* (2014), selama proses fermentasi terjadi penurunan lignin sebesar 51%, dan penurunan kandungan hemiselulosa sebesar 11%. Proses degradasi meningkatkan sifat-sifat kompos melalui prapencernaan polisakarida menjadi karbohidrat yang diasimilasi dan diasosiasi

menjadi asam amino. Hem *et al.* (2008), menjelaskan bahwa proses fermentasi pada sampah *Palm Kernel Meal* (PKM) disukai dan meningkatkan daya cerna larva BSF. Adanya proses fermentasi merupakan suatu cara pengolahan melalui penguraian senyawa dari bahan-bahan protein kompleks ke senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah untuk dicerna oleh larva BSF. Sampah *windrow* juga memiliki fungsi sebagai *bulking agent*. Menurut Monita (2017), penambahan *bulking agent* pada proses dekomposisi sampah organik oleh larva BSF efektif dan praktis untuk mencegah bau, penyesuaian kelembaban, ekuilibrasi nutrisi dan peningkatan porositas untuk oksigen.

4.2.7 Rekapitulasi Karakteristik Fisik-Kimia Hasil Dekomposisi

Hasil akhir dari proses reduksi sampah oleh larva BSF terdiri dari larva BSF yang dipanen dan juga residu hasil dekomposisi berupa material organik. Hasil residu dekomposisi larva ini kemudian dibandingkan dengan Standar SNI: 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Hal ini dilakukan untuk melihat potensi pemanfaatan residu hasil dekomposisi larva BSF menjadi kompos. Data hasil rekapitulasi karakteristik fisik-kimia hasil dekomposisi sampah setiap perlakuan reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Karakteristik Fisik-Kimia Hasil Dekomposisi

| Jenis Campuran Sampah | pH | Kadar Air (%) | C (%) | N (%) | Rasio C/N | Warna |
|-----------------------|-----|---------------|-------|-------|-----------|------------------|
| SM:KS (90:10) | 4,4 | 50,74 | 22,29 | 0,976 | 22,84 | Coklat kehijauan |
| SM:KS (70:30) | 5,3 | 68,91 | 24,14 | 0,883 | 27,34 | Coklat kehijauan |
| SM:KS (60:40) | 5,8 | 64,46 | 24,23 | 0,979 | 24,75 | Coklat kehijauan |
| SM:RW (90:10) | 5,0 | 55,05 | 18,91 | 0,953 | 19,84 | Kehitaman |
| SM:RW (70:30) | 7,5 | 59,98 | 16,64 | 1,199 | 13,88 | Kehitaman |
| SM:RW (60:40) | 9,2 | 53,16 | 14,85 | 0,960 | 15,48 | Kehitaman |

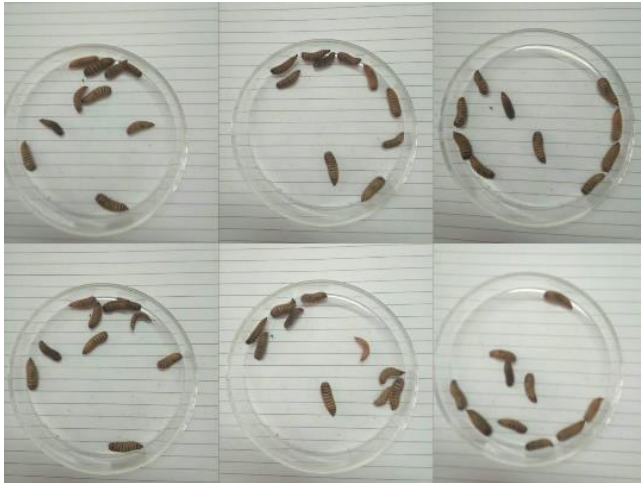
| Jenis Campuran Sampah | pH | Kadar Air (%) | C (%) | N (%) | Rasio C/N | Warna |
|--------------------------|----------|---------------|--------|-------|-----------|------------------|
| SM:WS (90:10) | 4,9 | 34,11 | 24,15 | 0,969 | 24,93 | Coklat kehitaman |
| SM:WS (70:30) | 6,9 | 38,99 | 18,90 | 0,978 | 19,32 | Kehitaman |
| SM:WS (60:40) | 8,4 | 56,42 | 16,74 | 0,999 | 16,77 | Kehitaman |
| Standar SNI-19-7030-2004 | 6,8-7,49 | ±50 | 9,8-32 | > 0,4 | 10-20 | Kehitaman |

Hasil perbandingan dengan SNI 19-7030-2004 menunjukkan bahwa hasil dekomposisi larva BSF tidak semua memenuhi standar kompos. Residu hasil dekomposisi sampah oleh larva BSF ini masih belum sepenuhnya matang. Rasio C/N pada hasil dekomposisi sampah masih cukup tinggi, hal ini dikarenakan singkatnya waktu dekomposisi yaitu dua belas hari. Residu hasil dekomposisi larva BSF yang berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai kompos adalah pada jenis SM:RW dan SM:WS rasio 70:30.

Pada reaktor SM:WS dan SM:RW rasio 60:40 juga telah memenuhi rasio C/N untuk kompos, namun pH residu masih terlalu tinggi. Nilai pH untuk SM:WS 60:40 adalah 8,4 dan pH untuk SM:RW 60:40 adalah 9,2. Peningkatan nilai pH selama proses dekomposisi sampah terjadi karena penguraian nitrogen. Nitrogen dalam bahan organik mengalami penguraian menjadi NH_3 , NH_3 berikatan dengan air membentuk NH_4OH yang bersifat basa (Dwiyanty, 2011). Nilai pH yang terlalu basa dapat diatasi dengan penambahan sulfur. Penambahan sulfur mampu memacu bakteri yang ada di tanah untuk mengubah sulfur menjadi *sulfuric acid*, sehingga dapat menurunkan pH (Mitchell dan Huluka, 2008).

4.3 Pertumbuhan Larva BSF

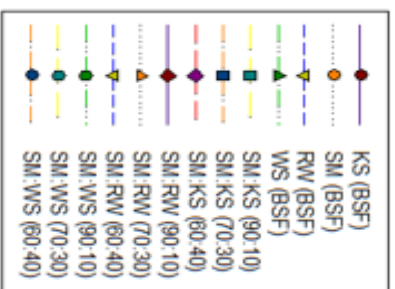
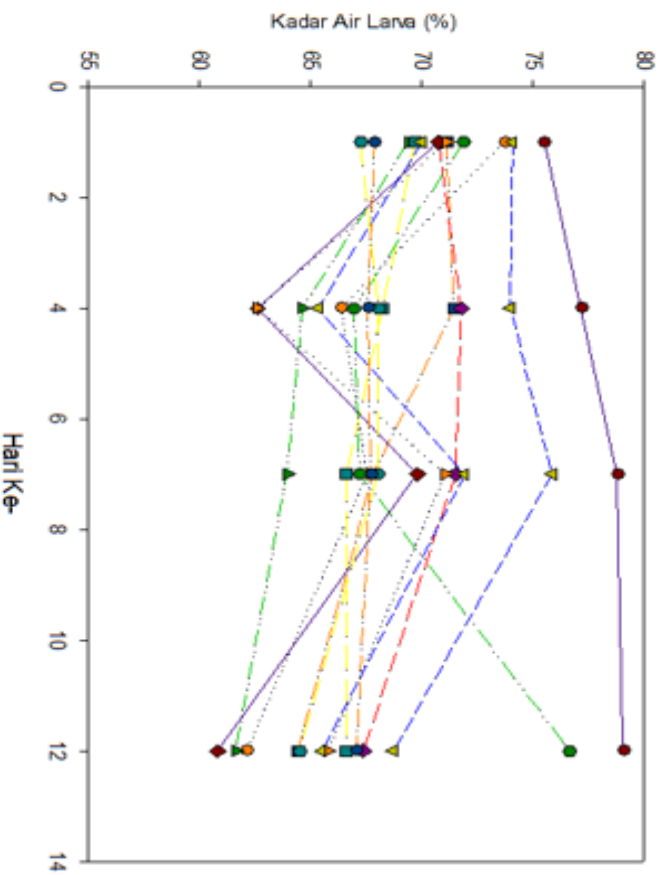
Pertumbuhan dan perkembangan larva BSF yang diteliti pada penelitian ini adalah terkait pertambahan berat basah, kadar air, berat kering, dan kandungan protein larva BSF.



Gambar 4.14 Larva BSF hari ke-12

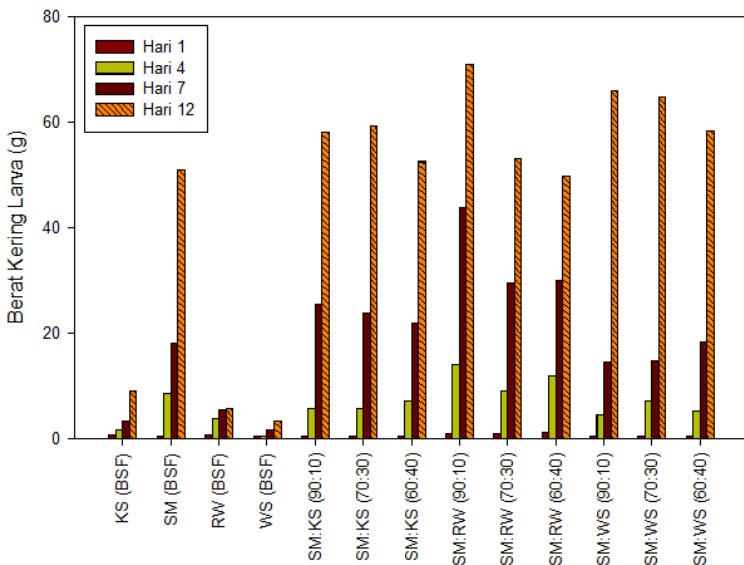
4.3.1 Pertambahan Berat Larva BSF

Pengukuran berat larva BSF dilakukan pada setiap *feeding*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis sampah dan rasio komposisi sampah yang diberikan. Pada penelitian ini berat larva BSF diukur baik dalam kondisi berat basah maupun berat kering. Pengukuran berat kering larva dilakukan untuk mengetahui kadar air dalam tubuh larva dan pertambahan berat larva. Hasil pengukuran kadar air larva dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Kadar Air Larva BSF

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa kadar air larva berkisar antara 62-75%. Persentase kadar air dalam tubuh larva juga dipengaruhi oleh kadar air pada sampah makanan yang diberikan pada larva BSF. Pada hari ke-4 terjadi penurunan kadar air larva hal ini berkaitan dengan kadar air makanan larva yang juga mengalami penurunan kadar air. Dari penentuan kadar air ini dapat diketahui berat kering larva yang nanti digunakan untuk mengukur massa pertambahan berat larva. Hasil pertambahan berat larva dari hari pertama hingga akhir dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan Tabel 4.9.



Gambar 4.16 Pertambahan Berat Kering Larva BSF

Laju pertambahan berat larva BSF cukup pesat setelah hari ke-7 dengan usia larva 13 hari. Dari pertambahan berat larva tersebut kemudian didapatkan berat pertambahan larva BSF per harinya. Nilai pertambahan berat larva BSF dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pertambahan Berat Per-ekor Larva BSF

| Jenis Sampah | BK Awal (mg) | BK Akhir (mg) | Pertambahan BK Per Hari (mg/larva hari) | BB Awal (mg) | BB Akhir (mg) | Pertambahan BB Per Hari (mg/larva, hari) |
|----------------------|--------------|---------------|---|--------------|---------------|--|
| KS | 0,7 | 8,97 | 0,75 | 2,2 | 42,8 | 3,69 |
| SM | 0,5 | 51,06 | 4,59 | 1,8 | 134,8 | 12,09 |
| RW | 0,7 | 5,77 | 0,46 | 2,3 | 18,4 | 1,47 |
| WS | 0,4 | 3,31 | 0,27 | 1,3 | 8,6 | 0,67 |
| SM:KS (90:10) | 0,5 | 58,07 | 5,23 | 1,8 | 192,1 | 17,30 |
| SM:KS (70:30) | 0,6 | 59,18 | 5,33 | 2,0 | 178,4 | 16,04 |
| SM:KS (60:40) | 0,5 | 52,50 | 4,72 | 1,8 | 173,0 | 15,56 |
| SM:RW (90:10) | 1,1 | 70,92 | 6,35 | 3,6 | 198,9 | 17,76 |
| SM:RW (70:30) | 1,1 | 53,11 | 4,73 | 3,5 | 173,2 | 15,43 |
| SM:RW (60:40) | 1,1 | 49,68 | 4,41 | 3,8 | 159,1 | 14,12 |
| SM:WS (90:10) | 0,6 | 65,92 | 5,94 | 1,9 | 291,2 | 26,30 |
| SM:WS (70:30) | 0,6 | 64,69 | 5,83 | 1,9 | 194,5 | 17,51 |
| SM:WS (60:40) | 0,6 | 58,30 | 5,25 | 1,9 | 190,7 | 17,17 |

Keterangan:

BK = Berat Kering

BB = Berat Basah

Berdasarkan data perhitungan berat larva diketahui bahwa semakin besar reduksi sampah, maka semakin besar pula berat basah larva yang terkonversi. Reduksi sampah terbesar adalah pada reaktor SM:WS 90:10 yaitu 82,18% dengan massa berat larva yang terbentuk diakhir adalah 291,2 mg/larva. Namun, jika dilihat dari berat kering larva maka meskipun reduksi terbesar pada reaktor SM:WS 90:10, berat kering larva terbesar adalah pada reaktor SM:RW 90:10. Hal ini dapat terjadi karena jika dilihat dari

konsumsi kadar air, pada SM:WS lebih tinggi dari pada SM:RW, larva SM:WS memiliki kadar air lebih tinggi dari larva SM:RW. Pengurangan kadar air sampah pada reaktor SM:WS juga 6,8% lebih besar dari pada SM:RW. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab perbedaan perbandingan berat basah dan berat kering yang berkebalikan.

Menurut Dortmans *et al.* (2017), kandungan protein dan karbohidrat mempengaruhi pertumbuhan larva. Pada sampah dapur memiliki kandungan karbohidrat 56,79 g dan protein 20,41 g, sedangkan pada kotoran ternak memiliki kandungan karbohidrat 47,61 dan protein 22,66 g (Nguyen *et al.*, 2013). Sehingga semakin besar komposisi sampah sisa makanan, maka dihasilkan pertambahan berat larva yang semakin besar pula. Pertambahan berat basah larva perhari terbesar ada pada campuran sampah SM:WS 90:10 yaitu sebesar 26,30 mg/larva.hari. Nilai pertambahan berat terkecil adalah pada kontrol sampah *windrow* setengah matang yaitu 0,61 mg/larva.hari. Nilai pertambahan berat larva perhari ini juga dapat disebut sebagai jumlah porsi makan larva. Besarnya porsi makan larva berdasarkan jenis makanan pada penelitian ini adalah 14,12 sampai 26,30 mg/larva.hari. Nilai pertambahan berat larva pada penelitian ini lebih besar namun tidak jauh berbeda dengan penelitian terdahulu. Pada penelitian variasi sampah buah murni pertambahan berat larva adalah 16-21 mg/larva.hari (Sipayung, 2015). Pada penelitian jenis sampah campuran pertambahan berat larva sebesar 15,3-20,7 mg/larva.hari (Mahardika, 2016).

Pertambahan berat kering larva pada SM:WS dan SM:RW rasio 60:40 memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dari kontrol sisa makanan, sehingga sebenarnya tidak perlu adanya penambahan campuran sampah *windrow*. Namun jika dilihat dari hasil residu akhir apabila tidak ada penambahan campuran bahan lain yang memiliki kadar N tinggi, rasio C/N hasil dekomposisi sampah masih terlalu tinggi. Selain itu, adanya pencampuran komposisi dan rasio sampah mempengaruhi pertumbuhan larva. Berat larva BSF pada reaktor sampah campuran jauh lebih besar dari pada sampah murni tanpa adanya pencampuran. Kemudian pada akhir penelitian semua jumlah larva BSF yang ada pada reaktor dihitung.

Data jumlah larva akhir dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Larva BSF Akhir

| Name | Larva Hidup | Diambil | Dianggap Mati | %Kematian |
|---------------|-------------|---------|---------------|-----------|
| KS (K) | 252 | 30 | 18 | 6% |
| SM (K) | 256 | 30 | 14 | 5% |
| RW (K) | 260 | 30 | 10 | 3% |
| WS (K) | 221 | 30 | 49 | 16% |
| SM:KS (90:10) | 272 | 30 | 0 | 0% |
| SM:KS (70:30) | 257 | 30 | 13 | 4% |
| SM:KS (60:40) | 258 | 30 | 13 | 4% |
| SM:RW (90:10) | 240 | 30 | 30 | 10% |
| SM:RW (70:30) | 273 | 30 | 0 | 0% |
| SM:RW (60:40) | 263 | 30 | 8 | 3% |
| SM:WS (90:10) | 276 | 30 | 0 | 0% |
| SM:WS (70:30) | 257 | 30 | 13 | 4% |
| SM:WS (60:40) | 273 | 30 | 0 | 0% |

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan jumlah larva di akhir penelitian. Hal tersebut dapat dikarenakan adanya larva yang ikut terambil saat pengambilan sampel untuk analisis atau kemungkinan mati. Persentase kematian terbesar adalah 16% pada kontrol *windrow* setengah matang. Persentase kematian untuk jenis sampah yang lain masih dibawah 10%, yang mana menunjukkan bahwa kondisi makanan dan lingkungan pada penelitian ini cocok untuk larva BSF.

4.3.2 Kandungan Protein Larva BSF

Pada akhir penelitian dilakukan pengukuran kandungan protein larva. Pengukuran protein ini dilakukan untuk jenis reaktor yang memiliki persentase reduksi sampah terbesar disetiap komposisi jenis sampah. Data hasil pengukuran protein dapat dilihat seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kandungan Protein Larva BSF

| Jenis Campuran Sampah | Kadar Protein (%) |
|-----------------------|-------------------|
| SM:KS (90:10) | 48,747 |
| SM:RW (90:10) | 63,107 |
| SM:WS (90:10) | 54,592 |

Kadar protein terbesar adalah pada jenis SM:RW (90:10). Tingginya kandungan protein larva ini dapat dikarenakan oleh lebih besarnya berat kering yang terkonversi, selain itu nutrisi dari bahan baku makanan larva juga mempengaruhi nilai protein larva. Nilai protein larva pada penelitian ini lebih besar dari pada penelitian-penelitian sebelumnya. Kandungan protein larva BSF dari beberapa jenis sampah sejenis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Referensi Kandungan Protein Larva BSF

| Jenis Sampah | Kandungan Protein (%) | Referensi |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Sampah organik perkotaan | 39,8 | Mutafela, 2015 |
| Sampah restaurant (vegan) | 43,1 | Spranghers <i>et al.</i> , 2017. |
| Kotoran hewan | 42-44 | Yu <i>et al.</i> , 2009 |
| Food manufacturing (mixed) | 38-46 | Oonincx <i>et al.</i> , 2015 |

Kandungan protein pada larva BSF dalam penelitian ini cukup tinggi yaitu antara 48,74-63,10%. Tingkat kebutuhan protein untuk ikan karnivora adalah 40-50% dan omnivora adalah 25-35% (Craig dan Helfrich, 2009). Nilai kandungan protein larva BSF pada komposisi dan rasio terpilih pada penelitian ini memenuhi kadar kebutuhan protein ikan, sehingga larva BSF cocok sebagai pengganti pakan ikan.

4.3.3 Analisis Statistika ANOVA

Analisis statistika digunakan untuk menguji signifikansi antar variabel, dihitung dengan menggunakan ANOVA *One Ways*. Uji ANOVA ini memiliki tingkat kepercayaan 95% dengan nilai signifikansi (P) berpengaruh apabila nilai $P < 0,05$. Penambahan larva BSF sangat berpengaruh terhadap reduksi sampah organik, apabila dibandingkan dengan proses dekomposisi sampah tanpa

BSF. Hasil uji statistika ANOVA *One Ways* menunjukkan keterkaitan antar variable adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji statistika menunjukkan bahwa variasi jenis makanan dan rasio komposisi sampah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase reduksi sampah. Nilai P untuk jenis sampah adalah 0,018 dan nilai P untuk rasio komposisi sampah adalah 0,011. Nilai $P < 0,05$ menunjukkan bahwa jenis sampah dan rasio perbandingan sampah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase reduksi sampah oleh larva BSF. Komposisi dan perbandingan sampah yang tepat akan memberikan reduksi yang baik. Hal ini juga dapat menunjukkan bahwa jenis sampah yang diberikan pada larva BSF menentukan nafsu makan larva untuk mereduksi sampah organik, begitu pula dengan rasio perbandingan sampah yang diberikan. Hasil uji statistika ANOVA terhadap persentase reduksi dapat dilihat pada Lampiran LC.11.
2. Hasil uji statistika menunjukkan bahwa variasi jenis makanan memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan larva, namun rasio komposisi sampah tidak memberikan pengaruh signifikan pada pertumbuhan larva BSF. Nilai P untuk jenis makanan adalah 0,008 dan nilai P untuk rasio komposisi sampah adalah 0,122. Jenis sampah yang diberikan memberikan pengaruh signifikan terhadap penambahan berat larva. Hal ini dapat berkaitan kandungan nutrisi pada bahan pakan berpengaruh dalam penambahan berat larva BSF. Sedangkan rasio sampah tidak berpengaruh signifikan terhadap penambahan bobot larva BSF. Hasil uji statistika ANOVA terhadap pertumbuhan larva dapat dilihat pada Lampiran LC.12.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pemanfaatan larva BSF untuk mereduksi sampah organik diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase reduksi sampah organik oleh larva BSF terbesar adalah pada rasio 90:10. Reduksi sampah terbesar adalah pada campuran sisa makanan dan *windrow* setengah matang atau (SM:WS) 90:10 sebesar 82,18%. Reduksi sampah pada campuran sisa makanan dan residu *windrow* (SM:RW) (90:10) sebesar 79%. Reduksi sampah pada campuran sisa makanan dan kotoran sapi (SM:KS) (90:10) sebesar 74,52%.
2. Pertambahan berat larva BSF terbesar dihasilkan pada SM:WS (90:10) sebesar 291,2 mg/larva berat basah (BB) atau 65,92 mg/larva berat kering (BK) dengan kandungan protein 54,6%. Pada campuran SM:RW (90:10) pertambahan berat larva sebesar 198,8 mg/larva (BB) atau 70,92 mg/larva (BK) dengan kandungan protein 63,11%, serta pada campuran SM:KS (90:10) pertambahan berat larva sebesar 192,1 mg/larva (BB) atau 58,07 mg/larva (BK) dengan kandungan protein 48,75%.
3. Karakteristik akhir residu hasil dekomposisi sampah organik oleh larva BSF adalah sebagai berikut:
 - Rasio C/N residu hasil dekomposisi sampah oleh larva BSF adalah antara 13,88 – 27,34.
 - Kadar air residu hasil dekomposisi sampah oleh larva BSF adalah antara 34,11% – 68,91%.
 - pH residu hasil dekomposisi sampah oleh larva BSF adalah antara 4,4 -9,2 .

Residu hasil dekomposisi larva BSF tidak semua memenuhi standar kompos SNI: 19-7030-2004. Residu hasil dekomposisi larva BSF yang memenuhi standar kompos adalah pada SM:RW dan SM:WS rasio 70:30.

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan

1. Adanya penelitian lanjut tentang potensi pemanfaatan residu hasil dekomposisi larva BSF, seperti dimanfaatkan untuk proses *co-composting*, *vermicomposting*, *starter* BSF, dan lain-lain.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang kehilangan kadar N dan perbandingan C/N awal sampah terhadap waktu dekomposisi larva, agar kedua produk dapat dipanen secara bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Addiansyah, A., dan Herumurti, W. 2017. Studi Timbulan dan Reduksi Sampah Rumah Kompos Serta Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca di Surabaya Timur. **POMITS** 6(1):2301-9271.
- Ahn, H.K., Richard, T.L., dan Choi, H.L. 2007. Mass and Thermal Balance During Composting of A Poultry Manure-Wood Shavings Mixture at Different Aeration Rates. **Journal Process Biochemistry**, 42(2):215-223.
- Alattar, M.A. 2012. Biological Treatment of Leachates of Microaerobic Fermentation.theses. Portland (US): **Portland State University**.
- 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. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis (15th ed.)**.
- Badan Pusat Statistika Kota Surabaya. 2018. Kota Surabaya dalam Angka 2018. **BPS Kota Surabaya**.
- Baller, G., Bethke, U., dan Wiemer, H.J. 1982. The Situation Regarding The Possibilities of Waste Utilization in The Food Industry. **Research Report 1030130903 Part I**.
- Barragan-Fonseca, K.B., Dicke, M., dan Van Loon, J.J.A. 2017. Nutritional Value of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) And Its Suitability as Animal Feed – a review. **Journal of Insects as Food and Feed**. 3(1):105-120.
- Barros-Cordeiro, K.B., Nair-Báo, S., dan Pujol-Luz, J.R. 2014. Intrapuparial Development of the Black Soldier Fly *Hermetia illucens*. **Journal Insect Science**, 14:1-10.
- Batham, M., Gupta, R., Tiwari, A. 2013. Implementation of Bulking Agents in Composting: A Review. **Journal Bioremediation Biodegradation**. 4: 205.
- Bergersen, Ove, Anne S. Boen dan Roald Sorheim. 2009. Review Strategies to Reduce Short-chain Organic Acids and Synchronously Establish High-rate Composting in Acidic Household Waste. **Bioresource Technology** 100: 521–526.
- Bolado-Rodriguez, S., Toquero, C., Martin-Juarez, J., Travaini, R.,

- dan Garcia-Encina, P.A. 2016. Effect of Thermal, Acid, Alkaline and Alkaline-Peroxide Pretreatments on The Biochemical Methane Potential and Kinetics of The Anaerobic Digestion of Wheat Straw and Sugarcane Bagasse. **Bioresource Technology**, 201(1).
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, I.W., Talamond, P., Baras, E. 2014. Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, *Stratiomyidae*. **IRD editions**. Bogor (ID): IPB Pr.
- Chen, L., De Haro, M.M., Moore, A., dan Falen, C. 2011. The Composting Process: Dairy Compost Production and Use in Idaho CIS 1179. **University of Idaho**.
- Čičková H., Newton, G.L., Lacy, R.C., dan Kozánek, M. 2015. The Use of Fly Larvae for Organic Waste Treatment. *Waste Management*, 35:68-80.
- Craig, S., dan Helfrich, L.A. 2009. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. Virginia (US): **Virginia State University**. p1-4.
- Davis, S.C., Hay, W., dan Pierce, J. 2014. Biomass in The Energy Industry: An Introduction. **London (GB): BP p.l.c.**
- De-Guardia, A., Mallard, P., Teglia, C., Marin, A., Le Pape, C, dan Launay, M. 2010. Comparison of Five Organic Wastes Regarding Their Behavior During Composting: Part 1, Biodegradability, Stabilization Kinetics and Temperature Rise. **Wates Management**, 30(3):402-414.
- Dewi, N.M.E.Y., Setiyo, Y., dan Nada, I.M. 2017. Pengaruh Bahan Tambahan pada Kualitas Kompos Kotoran Sapi. **Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)**, 5(1):6-83.
- Diener, S., Zurbrügg, C., dan Tockner, K. 2009. Conversion of Organic Material by *Black Soldier Fly* larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. **Waste Management Research**.
- Diener, S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C., dan Tockner, K. 2009. Are larvae of the *Black Soldier Fly-Hermetia illucens*- a Financially Viable Option For Organic Waste Management in Costa Rica?. **Proceedings Sardinia 2009, Twelfth International Waste Management and landfill Symposium. CISA publisher**. Cagliari, Italy.

- Diener, S. 2010. A Disertation: Valorisation of Organic Solid Waste Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, in Low and Middle-Income Countries. ETH Zurich.
- Diener, S., Nandayure, M., Solano, S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C., dan Tockner, K. 2011. Biological Treatment of Municipal Organic Waste Using *Black Soldier Fly* larvae. **Waste Biomass Valor**, 2:357–363.
- Diener, S., Zurbrügg, C., dan Lalander, C. 2015. Opportunities and Constraints for Medium Scale Organic Waste Treatment with Fly Larvae Composting. **Reasearch Gate**.
- 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, Zurbrugg, C. 2017. Black soldier fly biowaste processing - A step-by-step guide. Dübendorf (CH): **EAWAG Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology**.
- Duong, T.T.T., Penfold, C., dan Marschner, P. 2012. Differential Effects of Composts on Properties of Soils with Different Textures. Biology and Fertility of Soils. **Journal of Entomological Science**. 48(6):699-707.
- Dwiyanty, E. 2011. Kajian Rasio Karbon Terhadap Nitrogen (C/N) Pada Proses Pengomposan Dengan Perlakuan Aerasi Dalam Pemanfaatan Abu Ketel Dan Sludge Industri Gula. **Skripsi. Institut Pertanian Bogor**.
- Fatchurochim, S., Geden, C. and Axtell, R., 1989. Filth fly (Diptera) oviposition and larval development in poultry manure of various moisture levels. **Journal of Entomological Science** 24: 224-231.
- Firdausiyah, N. 2015. Variasi Perbandingan Bahan Baku Kompos dan Kotoran Hewan ternak Serta Waktu Fermentasi dalam Produksi Biogas dengan Penambahan Konsorsium Bakteri Hidrolitik. **Thesis. Fakultas Sains dan Teknologi, UNAIR, Surabaya**.
- Gani, A. 2007. Konversi Sampah Organik Menjadi Komarasca (Kompos-Arang Aktif-Asap Cair) dan Aplikasinya Pada Tanaman Daun Dewa. **Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor**.

- Godlewska, P., Schmidt, H.P., Ok, Y.S dan Oleszczuk, P. 2017. Biochar for Composting Improvement and Contaminants Eduction. **Bioresource Technology**.
- Hadiwiyoto S. 1983. Penanganan dan Pemanfaatan Sampah. **Yayasan Idayu**. Jakarta.
- Hapsari, A.Y. 2013. Kualitas Dan Kuantitas Kandungan Pupuk Organik Limbah Serasah Dengan Inokulum Kotoran Sapi Secara Semianaerob. **Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta**.
- Hem, S., Toure, S., Sagbla, C., Legendre, M. 2008. Bioconversion of palm kernel meal for aquaculture: Experiences from the forest region (Republic of Guinea). **Afr Journal Biotechnology**. 7(8):1192-1198.
- Jiang, J.S., Huang, Y.M., Liu, X.L dan Huang, H. 2014. The Effects of Apple Pomace, Bentonite and Calcium Superphosphate on Swine Manure Aerobic Composting. **Waste Management**, 34.
- Jiang, T., Li, G., Tang, Q., Ma, X., Wang, G dan Schuchardt, F. 2015. Effects of Aeration Method and Aeration Rate on Greenhouse Gas Emissions During Composting of Pig Feces in Pilot Scale. **Journal of Environmental Sciences**, 31(1).
- Kigozi, R., Aboyade, A.O., dan Muzenda, E. 2014. Sizing of an Anaerobic Biodigester for the Organic Fraction of Municipal Solid Waste. **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**, 2.
- Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., Tomberlin, J. K., dan Yu, Z. 2011. Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for Biodiesel and Sugar Production. **Waste Management**, 31(6), 1316–1320.
- Mahardika, T.R. 2016. Teknologi Reduksi Sampah dengan Memanfaatkan Larva Black Soldier Fly (BSF) di Kawasan Puspa Argo Sidoarjo. **Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**.
- Mitchell, C., dan Huluka, G. 2008. Lowering soil pH. **Alabama Cooperative Extension System**, S-04-08.
- Monita, L. 2017. Biokonversi Sampah Organik Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) dan EM4 dalam Rangka Menunjang Pengelolaan Sampah Berkelanjutan. **Skripsi. Institut Pertanian Bogor**.

- Muhammad, A.T., Zaman, B., dan Purwono. 2017. Pengaruh Penambahan Pupuk Kotoran Kambing Terhadap Hasil Pengomposan Daun Kering di TPST UNDIP. **Jurnal Teknik Lingkungan**, 6(3):1-12.
- Myers, H.M., Tomberlin, J.K., Lambert, B.D., Kattes, D. 2008. Development of Black Soldier Fly (Diptera: *Stratiomyidae*) Larvae Fed Dairy Manure. **Environmental Entomology**. 37: 11-15.
- Nikmah, L., dan Warmadewanti, I.D.A.A. 2013. Prediksi Potensi Pencemaran Pengolahan Sampah dengan Metode Gasifikasi Fluidized Bed. **POMITS**, 2(1):14-16.
- Nakasaki, K dan Hirai, H. 2017. Temperature Control Strategy to Enhance The Activity of Yeast Inoculated Into Compost Raw Material for Accelerated Composting. **Waste Management**, 65:29-36.
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., dan Dove, R. 2005. Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value- Added Tool for the Management of Swine manure. Report for The Animal and Poultry waste Management Center. North Carolina. **North Carolina State University Raleigh**.
- Nguyen, T.T.X., Tomberlin, J.K., dan Vanlaerhoven, S. 2013. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*) Larval Development. **Journal of Medical Entomology**, 50(4), 898–906.
- Nguyen, T.T.X., Tomberlin, J.K., dan Vanlaerhoven, S. 2015. Ability of Black Soldier Fly (Diptera: *Stratiomyidae*) Larvae to Recycle Food Waste. **Environmental Entomology**, 44(2):406-410.
- Noor E, Rusli MS, Yani M, Halim A, dan Reza N. 2005. Pemanfaatan sludge limbah kertas untuk pembuatan kompos dengan metode windrow dan cina. **Teknologi Industri Pertanian** 15(2) : 40-41.
- Nugroho, J.W.K., Bintoro, N. S., dan Nurkayanti, T. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah dan Jenis Bulking Agent Pada Pengomposan Limbah Organik Sayuran Dengan Komposter Mini. **Paper Presented At The Prosiding Seminar Nasional Perterta**, Purwokerto.

- Pandebesie, E.S., Rayuanti, D. 2013. Pengaruh Penambahan Sekam pada Proses Pengomposan Sampah Domestik. **Jurnal Lingkungan Tropis**.
- PDU Jambangan Surabaya. 2018. Laporan Pembiakan Larva BSF (Black Soldier Fly) di Rumah Kompos Jambangan Seksi Pemanfaatan Sampah. **PDU Jambangan DKRTH Surabaya**.
- Popa, G., dan Green T. 2012. **DipTerra LCC e-Book 'Black Soldie Fly Applications**. 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.
- Rahmawati, E., dan Herumurti, W. 2016. Vermikompos Sampah Kebun dengan Menggunakan Cacing Tanah *Eudrilus eugeneae* dan *Eisenia fetid*. **Jurnal Teknik ITS**, 5(1).
- Ratnawati, R., dan Trihadiningrum, Y. 2014. Pengolahan Limbah Padat Rumah Potong Hewan dengan Proses Pengomposan Sistem A²O dan Five-Stage Sequencing Batch Reactor. Prosiding Seminar Nasional. **Waste Management II**, 64-71.
- Rohim, M., dan Bagastyo, A.Y. 2016. Penambahan Bulking Agent untuk Meningkatkan Kualitas Kompos Sampah Sayur dengan Variasi Metode Pengomposan. **POMITS**, 5(2):99-106.
- Saidi, N., Cherif, M., Jedidi, N.,Mahrouk, M., Fumio, M., Boudabus, A. dan Hassen, A. 2008. Evolution of Biochemichal Parameter During Composting of Various Weste Compost. **Environmental Science**, 4(4):332-341.
- Shea, T.G., Braswell, J. dan Coker, C.S. 1980. Bulking Agent Selection in Sludge Compost Facility Desaign. **Compost Science**.
- Sheppard, D.C., 1983. House fly and lesser house fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. **Environmental Entomolpgy**, 12:1439–1442.
- Sipayung, P.Y.E. 2015. Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Sebagai Salah Satu Teknologi Reduksi Sampah di Daerah Perkotaan. **Sikripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**.
- Spellman, F.R., 1997. Wastewater biosolid to compost. Switzerland. **Thechnomic publishing Company. Inc**.

- Standar Nasional Indonesia. 2004. **Standar Nasional Indonesia Nomor 19-7030-2004** tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.
- Sundberg, C., Yu, D., Franke-Whittle, I., Kauppi, S., Smårs, S., Insam, H., Romantschuk, M., Jönsson, H. 2012. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting. **Elsevier Waste Management**. 33:204-2011.
- Suparman. M., dan Supiati. 2004. Analisis Mineral Pada Proses Dekomposisi. Feses Sapi Dengan Menggunakan Probiotik. **Prosiding Temu Teknis Nasional**, 43-49
- Supriatna 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 and Biology Education. Biosaintifika**. 8(3).
- Surya, R.E., dan Suryono. 2013. Pengaruh Pengomposan Terhadap Rasio C/N Kotoran Ayam dan Kadar Hara NPK Tersedia Serta Kapasitas Tukar Kation Tanah. **UNESA Journal of Chemistry**, 2(1): 137-144.
- Sweeten, J.M. dan Auvermann, B.W. 2003. Manure Management, Beef Cattle Industry Requirements. Encyclopedia of Water Science. **B.A. Steward and T.A. Howell, eds.** New York: Marcel-Dekker Inc, 601-602.
- Tchobanoglous, G. dan Kreith, F. 2002. Handbook of Solid Waste Management-Second Edition. **Mc Graw-Hill Companies, Inc.**
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S. 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. **Mc Graw-Hill, Inc.**
- Thom, O.W dan M. Utomo. 1991. Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman. **Universitas Lampung.** Bandar Lampung.
- Tomberlin, J.K., dan Sheppard, D.C. 2002. Factors Influencing Mating and Oviposition of Black Soldier Flies (Diptera: *Stratiomyidae*) In A Colony. **Journal Entomology Science**, **37:345-352.**
- Tomberlin, J.K., Adler, P.H., dan Myers, H.M. 2009. Development of the Black Soldier Fly (Diptera: *Stratiomyidae*) in Relation to Temperature: Table 1. **Environmental Entomology**, 38(3), 930–934.

- Wahyono, S. 2008. Pembuatan Pupuk Organik Berbahan Baku Sampah di Kota Probolinggo. **Pusat Teknologi Lingkungan**, 4(3):141-148.
- Wahyono, S., Sahwan, F, L., dan Schuchardt, F. 2003. Pembuatan Kompos dari Limbah Rumah Potong Hewan (RPH). **Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi**.
- Wang, X., Wen, W., Pan, S., Lin, X dan Chen, S. 2016. Influence of Conditioner Proportion on Aerobic Composting of Food Waste and Microbial Characteristics. **Chinese Journal of Environmental Engineering**, 10(6):3215-3222.
- Wang, Y.S., dan Shelomi, M. 2017. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. **Foods**, 6(10).
- Wardhana, A.H. 2016. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. **WARTAZOA**, 26(2):069-078.
- Windyasmara, L., Ambar, P., dan Lies, M.Y. 2012. Pengaruh Jenis Kotoran Ternak Sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona Grandis*) Terhadap Karakteristik Biogas Pada Proses Fermentasi. **Buletin Peternakan**, 36(1):40-47.
- Zhang, J., Chen, G., Sun, H., Zhou, S dan Zou, G. 2016. Straw Biochar Hastens Organic Matter Degradation and Produces Nutrient-rich Compost. **Bioresource Technology**,
- Zhang, L.H., Zeng, G.M., Zhang, J.C., Chen, Y.N., Yu, M., Lu, L.H., Zhu, Y., Yuan, Y.J.,Huang, A.Z dan He, L. 2015. The Response of Denitrifying Genes Coding for Nitrite (NirK or NirS) and Nitrous Oxide (NosZ) Reductases to Different Physico- Chemical Parameters During Agricultural Waste Composting. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 99(9).

LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS

1. Analisis pH

- a. Peralatan dan Bahan
 1. pH meter
 2. *Magnetic stirrer*
 3. Labu erlenmeyer 50 mL
 4. Gelas beaker 50 mL
 5. Aquades

- a. Prosedur Kerja Analisis
 1. Menimbang 2 g sampel pada labu erlenmeyer.
 2. Menambahkan aquades 20 mL.
 3. Mengaduk dengan *magnetic stirrer* selama 10 menit.
 4. Mendinginkan beberapa saat hingga bagian yang tidak terlarut (mengendap) di dalam labu erlenmeyer.
 5. Membilas batang silinder pH meter dengan larutan *aquadest* dan mengeringkannya menggunakan kertas tisu.
 6. Mencelupkan silinder pH meter ke dalam sampel.
 7. Menunggu angka pembacaan pH hingga stabil dan muncul tulisan *ready*, kemudian mencatat pH yang muncul pada layar pH meter.

2. Analisis Suhu

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Termometer
 2. Sampel

- b. Prosedur Kerja Analisis
 1. Mengukur suhu di lingkungan sekitar dan mencatat hasilnya.
 2. Memasukkan termometer pada setengah kedalaman reaktor.
 3. Mendinginkan termometer selama ± 1 menit.
 4. Mencatat suhu yang ditunjukkan oleh termometer.

3. Analisis Kadar Air, Berat Kering, C-organik, dan C-total dengan Metode Gravimetri

c. Peralatan dan Bahan

1. Neraca analitik
2. Cawan porselen
3. Furnace
4. Oven 105°C
5. Desikator

d. Prosedur Kerja Analisis Kadar Air dan Berat Kering

1. Memasukkan cawan porselen ke dalam oven 105 °C selama 1 jam.
2. Memasukkan cawan porselen ke dalam desikator selama 15 menit.
3. Menimbang cawan porselen kosong dengan neraca analitik dan mencatat hasil pembacaannya (a).
4. Menambahkan sampel ke dalam cawan kosong, kemudian timbang dan catat hasil pembacaannya (b)
5. Memasukkan cawan ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam.
6. Mendinginkan cawan dalam desikator selama 15 menit.
7. Menimbang cawan dan sampel dengan timbangan analitik, dan mencatat hasil pembacaan (c).
8. Menghitung kadar air dengan rumus berikut:

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

Dimana:

- a = berat awal cawan kosong
b = berat cawan kosong + sampel
c = berat cawan+sampel setelah di oven

b. Prosedur Kerja Analisis C-organik

1. Menimbang sampel hasil analisis kadar air dalam cawan porselen dengan neraca analitik, dan mencatat hasil pembacaannya (c).

2. Memasukkan cawan berisi sampel ke dalam furnace dengan suhu 550 °C selama 1 jam.
3. Memasukkan cawan ke dalam oven 105 °C selama 15 menit.
4. Memasukkan cawan ke dalam desikator selama 15 menit.
5. Menimbang cawan dan sampel dengan timbangan analitik (d).
6. Menghitung kadar C-organik dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_2}{W} \times fk \times fki \times 100$$

$$\text{Kadar bahan organik (\%)} = \frac{(W - W_2)}{w \times fk \times fki \times 100}$$

$$\text{C-organik (\%)} = \text{kadar bahan organik} \times 0,58$$

Dimana :

W₂ = berat abu dalam g

W = berat contoh dalam g

fk = faktor koreksi kadar air

$$= \frac{100}{100 - \% \text{ kadar air}}$$

0,58 = faktor konversi bahan organik ke karbon

c. Prosedur Kerja Analisis C-total

1. Memasukkan cawan berisi berat sampel yang bebas volatile solid ke dalam furnace 750°C selama 1 jam.
2. Memasukkan cawan ke dalam oven 105 °C selama 15 menit.
3. Memasukkan cawan ke dalam desikator selama 15 menit.
4. Menimbang cawan dan sampel dengan timbangan analitis (e).
5. Menghitung kadar C-total dengan rumus berikut:

$$\text{C-total (\%)} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

a : berat cawan kosong (g)

c : berat cawan ± 1 g berat sampel sesudah dari oven (g)

e : berat cawan + berat sampel sesudah

dari furnace 750 °C (g)

4. Analisis Protein dan *Total Kjeldahl Nitrogen* dengan Metode Kjeldahl

a. Peralatan dan Bahan

1. Neraca analitik
2. Tabung kjeldahl
3. Peralatan kjeldahl apparatus
4. Labu erlenmeyer 250 mL
5. Gelas beaker 50 mL
6. Gelas ukur 100 mL
7. Pipet 1 mL dan 10 mL
8. Peralatan destilasi
9. Labu destilasi 250 mL
10. Timbel 125 mL
11. Reagen campuran CuSO_4 dan K_2SO_4
12. H_2SO_4 pekat
13. Larutan natrium hidroksida 40%
14. Larutan asam borat 1%
15. Indikator phenolphthalein (PP)
16. Garam signet
17. Larutan nessler
18. Spektrofotometer dan kuvet

b. Prosedur Kerja Analisis *Total Kjeldahl Nitrogen*

➤ Pembuatan Reagen

1 Digestion Reagen

Menambahkan 134 g K_2SO_4 7,3 g CuSO_4 kemudian melarutkan dengan aquades hingga 800 mL. Lalu menambahkan 134 mL H_2SO_4 pekat dan mengencerkan hingga 1000 mL.

2 Larutan Nessler

Mencampur dan menghaluskan 10 g serbuk HgI_2 dan 7 g KI, kemudian melarutkan dengan 16 g NaOH yang sudah dilarutkan dalam aquades 100 mL. Membiarkan mengendap dan mengambil supernatannya.

3 Garam Signet

Melarutkan 10 g K.Na.Tartrat ke dalam 100 mL aquades. Kemudian Menambahkan 1 mL larutan nessler sebagai pengawet.

- 4 Larutan Asam Borat 1%
Mengencerkan 10 g H_3BO_3 hingga 1000 mL.
- 5 Larutan Natrium Hidroksida 40%
Melarutkan 400 g NaOH dalam aquades 600 mL, mendinginkan hingga dingin kemudian mencerkkan hingga 1000 mL.

➤ *Prosedur Analisis Total Kjeldahl Nitrogen*

1. Menimbang 0,2 g sampel kering dan memasukkan ke dalam tabung kjeldahl.
2. Menambahkan digestion reagen sebanyak 10 mL. Kemudian mengencerkan menjadi 100 mL.
3. Melakukan proses destruksi dengan pemanasan tabung kjeldahl dalam lemari asam selama ± 3 jam (diharapkan N sudah larut semuanya) dan tersisa sedikit larutan ± 3 mL.
4. Mendinginkan hasil destruksi.
5. Menambahkan aquades hingga 100 mL.
6. Menuang ke dalam labu destilasi 250 mL.
7. Menambahkan indikator PP 3 tetes.
8. Menambahkan larutan NaOH 40% 20 mL.
9. Memasukkan 10 mL larutan H_3BO_3 ke dalam timbel 125 mL.
10. Merangkai peralatan destilasi dan melakukan proses destilasi. Proses destilasi selesai bila volume destilat mencapai sekitar 75 mL.
11. Mendinginkan hasil destilasi pada timbel 125 mL, kemudian menuang dalam erlenmeyer 250 mL.
12. Mengambil 25 mL dan memasukkan ke dalam gelas beaker 50 mL.
13. Menyiapkan blanko yang diisi aquades 25 mL.
14. Menambahkan 1 mL larutan nessler dan 1,25 mL garam signet pada sampel dan blanko.
15. Mengaduk dan mendinginkan selama 10 menit.
16. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 400 nm.

17. Menghitung konsentrasi TKN dengan rumus dari kurva kalibrasi amonium.

c. Prosedur Kerja Analisis Protein

1. Menimbang kira-kira 2 g homogenate sampel pada kertas timbang, lipat-lipat dan masukkan ke dalam labu destruksi.
2. Menambahkan 2 buah tablet katalis serta beberapa butir batu didih.
3. Menambahkan 15 mL H₂SO₄ pekat (95-97%) dan 3 mL H₂O₂ secara perlahan-lahan dan mendinginkan 10 menit dalam ruang asam.
4. Destruksi dengan pemanasan tabung kjeldahl dalam lemari asam selama ± 3 jam atau sampai larutan jernih.
5. Mendinginkan hingga mencapai suhu kamar dan menambahkan 50-75 mL aquades.
6. Menyiapkan labu erlenmeyer berisi 25 larutan H₃BO₃ 4% yang mengandung indikator sebagai penampung destilat.
7. Memasang labu yang berisi hasil destruksi pada rangkaian alat destilasi uap.
8. Menambahkan 50-75 mL larutan natrium hidroksida-thiosulfat.
9. Lakukan destilasi dan tampung destilat dalam erlenmeyer tersebut hingga volume mencapai minimal 150 mL (hasil destilat akan berubah warna menjadi kuning).
10. Titrasi hasil destilat dengan HCl 0,2 N yang sudah dibakukan sampai warna merah berubah dari hijau menjadi abu-abu netral (*natural grey*).
11. Lakukan pengerjaan blangko seperti tahapan sampel.
12. Lakukan pengerjaan sampel minimal duplo (dua kali).
13. Hasil titrasi dihitung dalam rumus perhitungan.

Kandungan protein (%) = % N x faktor konversi

Nilai 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. Kacang | 5,46 |

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

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

Dimana:

- V_a = mL HCl untuk titrasi sampel
V_b = mL HCl untuk titrasi blangko
N = Normalitas HCl standar yang digunakan
14,007 = Berat atom nitrogen
6,25 = Faktor konversi protein
W = Berat sampel

5. Analisis Amonium (NH₄) dengan Metode Nessler

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Neraca analitik
 2. Gelas ukur 100 mL
 3. Labu erlenmeyer 50 mL
 4. Pipet 1 mL dan 10 mL
 5. Larutan standar amonium
 6. Garam signet
 7. Larutan nessler
 8. Spektrofotometer dan kuvet
- b. Prosedur Kerja Analisis
 - b.1 Pembuatan Reagen
 - 1 Larutan Standar Amonium (100 ppm)

- 2 Menimbang 0,38214 g NH_4Cl kemudian melarutkan dalam aquades sebanyak 1 L.
- 3 Larutan Nessler
- 4 Mencampur dan menghaluskan 10 g serbuk HgI_2 dan 7 g KI , kemudian melarutkan dengan 16 g NaOH yang sudah melarutkan dalam aquades 100 mL. Dibiarkan mengendap dan mengambil supernatannya.
- 5 Garam Signet
- 6 Melarutkan 10 g K.Na.Tartrat ke dalam 100 mL aquades. Kemudian menambahkan 1 mL larutan nessler sebagai pengawet.

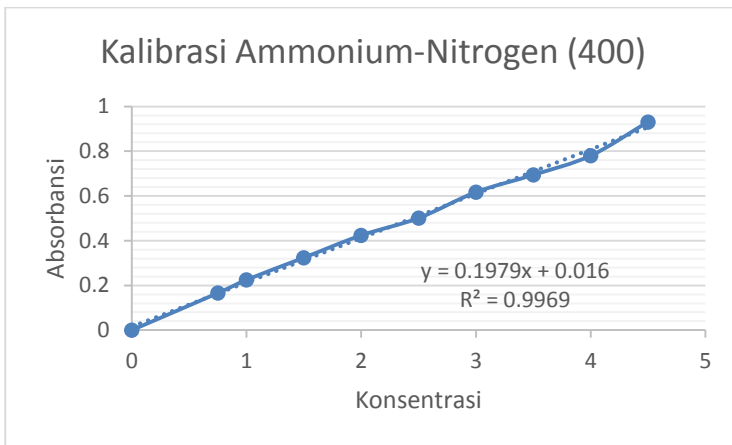
b.2 Prosedur Analisis

1. Menimbang 0,5 g sampel kering dengan neraca analitik.
2. Mengencerkan menjadi 100 mL.
3. Mengambil 25 mL dan memasukkan ke dalam beaker 50 mL.
4. Menyiapkan blanko yang diisi aquades 25 mL.
5. Menambahkan 1 mL larutan nessler dan 1,25 mL garam signet pada sampel dan blanko.
6. Mengaduk dan mendinginkan selama 10 menit.
7. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 400 nm.
8. Menghitung konsentrasi amonium dengan rumus dari kurva kalibrasi.

Tabel LA.1 Kalibrasi Spektrofotometer NH_4

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|----|--------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0,75 | 0,166 |
| 3 | 1 | 0,225 |
| 4 | 1,5 | 0,324 |
| 5 | 2 | 0,424 |
| 6 | 2,5 | 0,501 |

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|----|--------------------|------------|
| 7 | 3 | 0,617 |
| 8 | 3,5 | 0,694 |
| 9 | 4 | 0,78 |
| 10 | 4,5 | 0,931 |



Gambar LA.1 Kurva Kalibrasi Amonium

6. Analisis Nitrat (NO_3) dengan Metode Brucin Sulfat

a. Peralatan dan bahan

1. Neraca analitik
2. Gelas ukur 100 mL
3. Labu erlenmeyer 100 mL
4. Pipet 1 mL
5. Larutan standar nitrat
6. Brucin asetat 0,5%
7. H_2SO_4 pekat
8. Spektrofotometer dan kuvet

b. Prosedur Kerja Analisis

- Pembuatan Reagen
 - 1 Brucine Asetat 0,5%

Melarutkan 0,5 g serbuk brucine sulfat dengan 100 mL aquades dalam labu pengencer 100 mL, dikocok hingga larut sempurna.

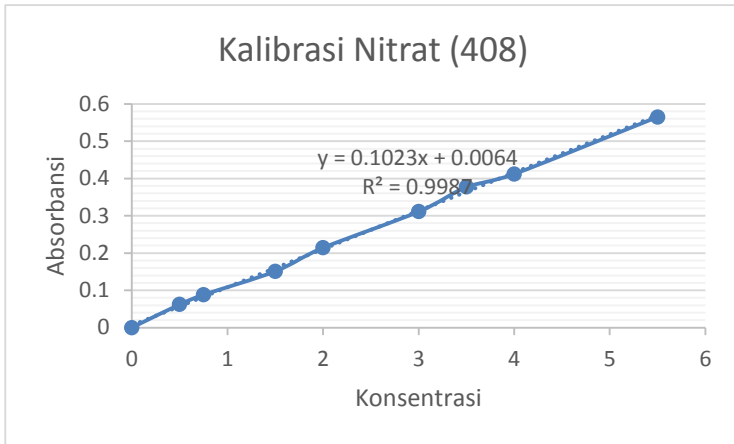
2. Larutan Standar Nitrat (100 ppm)
Menimbang 0,7218 g KNO_3 kemudian melarutkan dalam aquades 1 L.

b.2 Prosedur Analisis

1. Menimbang 0,5 g sampel kering dengan neraca analitik.
2. Mengencerkan menjadi 100 mL dalam labu erlenmeyer.
3. Mengambil 2 mL dan memasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL.
4. Menyiapkan blanko yang diisi aquades 2 mL.
5. Menambahkan 2 mL brucin sulfat dan 4 mL H_2SO_4 pekat pada sampel dan blanko.
6. Mengaduk dan mendinginkan selama 10 menit.
7. Membaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 408 nm.
8. Menghitung konsentrasi nitrat dengan rumus dari kurva kalibrasi.

Tabel LA.2 Kalibrasi Spektrofotometer NO_3

| No | Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|----|--------------------|------------|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0,5 | 0,062 |
| 3 | 0,75 | 0,088 |
| 4 | 1,5 | 0,151 |
| 5 | 2 | 0,214 |
| 6 | 3 | 0,311 |
| 7 | 3,5 | 0,377 |
| 8 | 4 | 0,412 |
| 9 | 5,5 | 0,565 |



Gambar LA.2 Kurva Kalibrasi Nitrat

Nilai persentase kadar N dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar N (\%)} = \text{ppm kurva} \times \frac{\text{mL ekstrak}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times \text{fp}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B DOKUMENTASI



LB 1. Pemiakan
BSF



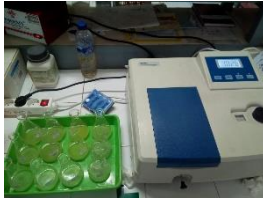
LB 2. Tempat telur
BSF



LB 3. Bibit Larva
BSF



LB 4.
Pengukuran
berat larva



LB 5. Analisis N-
amonium



LB 6. Analisis N-
nitrat



LB 7. Analisis
TKN



LB 8. Analisis C-
organik



LB 9. Analisis pH



LB 10. Reaktor
Larva BSF



LB 11. Larva
BSF usia 6 hari
(hari ke-1)



LB 12. Larva BSF
hari ke-12



LB 13. *Feeding* Hari
ke-1



LB 14. *Feeding*
Hari ke-4



LB 15. Residu
sampah dekomposisi
hari ke-12

LAMPIRAN C DATA HASIL ANALISIS

Tabel LC.1 Pengukuran Suhu

| NO | Jenis Sampah | Suhu Hari Ke- | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|---------------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| KONTROL | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | KS (BSF) | 25 | 27,7 | 25 | 25 | 28,5 | 28 | 29 | 28,5 | 28 | 29,5 | 27,7 | 26 |
| 2 | SM (BSF) | 25,5 | 28 | 25 | 25,5 | 28 | 28 | 28 | 28,5 | 28,5 | 28 | 28 | 26 |
| 3 | RW (BSF) | 25,5 | 27,5 | 26 | 25,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 27,5 | 28 | 28,5 | 27,5 | 26,5 |
| 4 | WS (BSF) | 25 | 27,5 | 24,8 | 25 | 28 | 28 | 28,5 | 28 | 27,5 | 28,5 | 27,5 | 26 |
| 5 | KS (Tanpa BSF) | 26 | 28 | 24,5 | 26 | 27,5 | 28 | 28,5 | 28 | 28,5 | 29 | 28 | 26,5 |
| 6 | SM (Tanpa BSF) | 25 | 27,5 | 26,5 | 25 | 28,5 | 28 | 28,5 | 27,5 | 29 | 28 | 27,5 | 26,75 |
| 7 | RW (Tanpa BSF) | 26 | 27 | 24,5 | 26,5 | 28 | 27,5 | 28 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 26 |
| 8 | WS (Tanpa BSF) | 25 | 27 | 25 | 26 | 28,5 | 28 | 27,5 | 28,5 | 28 | 29,5 | 28 | 26 |
| 9 | SM:RW (Tanpa BSF) | 25,25 | 27,5 | 25,25 | 25,25 | 28,75 | 27,5 | 28,25 | 27,5 | 28,25 | 27,5 | 27,5 | 26 |
| 10 | SM:WS (Tanpa BSF) | 24,5 | 27,6 | 25 | 24,5 | 27,75 | 27 | 28,5 | 28 | 28 | 29,5 | 27,6 | 26 |
| 11 | SM:KS (Tanpa BSF) | 25,5 | 27,5 | 26 | 25,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 27,5 | 28 | 28,5 | 27,5 | 26,5 |

| NO | Jenis Sampah | Suhu Hari Ke- | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Reaktor Utama | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SM:KS (90:10) | 25 | 28 | 25,5 | 25 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26,5 |
| | SM:KS (90:10) | 25 | 28,5 | 25 | 25 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | 26 |
| 2 | SM:KS (70:30) | 24,5 | 27,7 | 24,8 | 24,5 | 28 | 27,7 | 29 | 27,7 | 27,7 | 27,7 | 27,7 | 26 |
| | SM:KS (70:30) | 24,5 | 27,5 | 24,8 | 24,5 | 27,5 | 27,5 | 28 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 26,5 |
| 3 | SM:KS (60:40) | 26 | 28 | 25 | 26 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26 |
| | SM:KS (60:40) | 26 | 28 | 25 | 26 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26 |
| 4 | SM:RW (90:10) | 24 | 27,5 | 26,5 | 24 | 27,5 | 27,5 | 28 | 27,5 | 28,5 | 27,5 | 27,5 | 26 |
| | SM:RW (90:10) | 24 | 28 | 26,5 | 24 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 26,5 |
| 5 | SM:RW (70:30) | 24,5 | 27,5 | 27,5 | 24,5 | 29 | 28,5 | 29 | 27,5 | 28,5 | 27,5 | 27,5 | 26,5 |
| | SM:RW (70:30) | 24 | 27,7 | 27 | 24 | 28 | 28,5 | 29 | 27,7 | 28,5 | 27,7 | 27,7 | 26,5 |
| 6 | SM:RW (60:40) | 24,5 | 27,5 | 26,5 | 24,5 | 28 | 28 | 29 | 27,5 | 28,5 | 27,5 | 27,5 | 26 |
| | SM:RW (60:40) | 24,5 | 27,5 | 26,5 | 24,5 | 28 | 28 | 29 | 27,5 | 28,5 | 27 | 27,5 | 27,5 |
| 7 | SM:WS (90:10) | 24,5 | 27,5 | 25,5 | 24,5 | 29 | 27 | 28 | 27,5 | 28 | 27,5 | 27,5 | 26,5 |
| | SM:WS (90:10) | 24,5 | 27,5 | 25 | 24,5 | 29 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 28 | 27,5 | 27 | 27 |
| 8 | SM:WS (70:30) | 25,5 | 27,5 | 25,5 | 25,5 | 28,5 | 27,5 | 28,5 | 27,5 | 28,5 | 27,5 | 27,5 | 26 |

| NO | Jenis Sampah | Suhu Hari Ke- | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | SM:WS (70:30) | 25 | 27,5 | 25 | 25 | 29 | 27,5 | 28 | 27,5 | 28 | 27,5 | 27,5 | 26 |
| 9 | SM:WS (60:40) | 25 | 27,5 | 25,5 | 25 | 28 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 28 | 27,5 | 27,5 | 26 |
| | SM:WS (60:40) | 25 | 27,5 | 25,5 | 25 | 28,5 | 27,5 | 28 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 26 |
| 10 | Lingkungan | 25,5 | 27,5 | 24,5 | 26,5 | 28 | 27,5 | 28 | 28,5 | 28,5 | 29 | 28,5 | 26 |

Tabel LC.2 Pengukuran pH

| Jenis Sampah | pH Hari Ke- | | | | | | | |
|------------------------|-------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 1 | SD(%) | 4 | SD(%) | 7 | SD(%) | 12 | SD(%) |
| REAKTOR KONTROL | | | | | | | | |
| KS (BSF) | 7,03 | 0% | 8,1 | 0% | 8,6 | 0% | 8,81 | 0% |
| SM (BSF) | 3,36 | 0% | 3,54 | 0% | 3,7 | 0% | 4,2 | 0% |
| RW (BSF) | 8,37 | 0% | 8,5 | 0% | 8,48 | 0% | 8,86 | 0% |
| WS (BSF) | 8,34 | 0% | 8,67 | 0% | 8,73 | 0% | 8,69 | 0% |
| KS (Tanpa BSF) | 8,13 | 0% | 8,34 | 0% | 8,44 | 0% | 8,63 | 0% |
| SM (Tanpa BSF) | 4,49 | 0% | 4,28 | 0% | 4,66 | 0% | 5,11 | 0% |

| Jenis Sampah | pH Hari Ke- | | | | | | | |
|----------------------|-------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 1 | SD(%) | 4 | SD(%) | 7 | SD(%) | 12 | SD(%) |
| RW (Tanpa BSF) | 9,28 | 0% | 8,87 | 0% | 8,61 | 0% | 8,44 | 0% |
| WS (Tanpa BSF) | 8,93 | 0% | 8,49 | 0% | 8,33 | 0% | 8,18 | 0% |
| SM:RW (Tanpa BSF) | 4,24 | 0% | 4,54 | 0% | 4,55 | 0% | 4,67 | 0% |
| SM:WS (Tanpa BSF) | 4,66 | 0% | 4,49 | 0% | 4,98 | 0% | 6,03 | 0% |
| SM:KS (Tanpa BSF) | 5,13 | 0% | 5,62 | 0% | 6,08 | 0% | 7,58 | 0% |
| REAKTOR UTAMA | | | | | | | | |
| SM:KS (90:10) | 4,01 | 0% | 4,09 | 1% | 4,21 | 4% | 4,38 | 10% |
| SM:KS (70:30) | 4,11 | 0% | 4,60 | 11% | 4,80 | 10% | 5,30 | 2% |
| SM:KS (60:40) | 4,22 | 0% | 4,32 | 2% | 4,48 | 6% | 5,85 | 8% |
| SM:RW (90:10) | 4,15 | 0% | 4,20 | 0% | 4,23 | 1% | 4,98 | 1% |
| SM:RW (70:30) | 4,62 | 0% | 4,45 | 2% | 5,43 | 8% | 7,48 | 1% |
| SM:RW (60:40) | 4,74 | 0% | 4,86 | 1% | 6,35 | 7% | 9,20 | 3% |
| SM:WS (90:10) | 4,07 | 0% | 4,18 | 1% | 4,36 | 3% | 4,85 | 3% |
| SM:WS (70:30) | 5,23 | 0% | 5,26 | 2% | 5,17 | 4% | 6,89 | 10% |
| SM:WS (60:40) | 5,56 | 0% | 4,72 | 5% | 4,80 | 5% | 8,36 | 5% |

Tabel LC.3 Pengukuran Kadar C dan N Awal

| AWAL (HARI KE-1) | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-----------|-----------|------|---------|--------|---------|---------|-------------|-----------|
| Jenis Sampah | % Air | C-organik | N-Organik | TKN | Amonium | Nitrat | Total C | Total N | C/N organik | C/N Total |
| KS (BSF) | 85,66 | 21,27 | 0,94 | 0,99 | 0,05 | 0,05 | 17,99 | 1,04 | 22,52 | 17,31 |
| SM (BSF) | 77,40 | 35,55 | 0,76 | 0,87 | 0,11 | 0,05 | 36,93 | 0,92 | 46,67 | 40,11 |
| RW (BSF) | 34,29 | 19,84 | 1,15 | 1,21 | 0,07 | 0,11 | 24,23 | 1,32 | 17,33 | 18,37 |
| WS (BSF) | 50,52 | 24,02 | 0,96 | 0,97 | 0,01 | 0,04 | 13,29 | 1,01 | 24,99 | 13,18 |
| KS (Tanpa BSF) | 80,41 | 20,34 | 1,02 | 1,08 | 0,06 | 0,08 | 42,01 | 1,15 | 19,94 | 36,38 |
| SM (Tanpa BSF) | 75,47 | 34,83 | 0,93 | 1,02 | 0,09 | 0,09 | 39,31 | 1,11 | 37,45 | 35,35 |
| RW (Tanpa BSF) | 26,52 | 24,58 | 1,14 | 1,19 | 0,05 | 0,14 | 28,86 | 1,33 | 21,48 | 21,66 |
| WS (Tanpa BSF) | 35,41 | 28,67 | 1,07 | 1,11 | 0,04 | 0,17 | 32,73 | 1,28 | 26,83 | 25,61 |
| SM:RW (Tanpa BSF) | 73,07 | 34,42 | 0,91 | 1,04 | 0,13 | 0,06 | 37,63 | 1,10 | 37,64 | 34,22 |
| SM:WS (Tanpa BSF) | 69,76 | 30,06 | 0,92 | 1,05 | 0,13 | 0,06 | 46,33 | 1,10 | 32,74 | 41,97 |
| SM:KS (Tanpa BSF) | 78,25 | 31,98 | 0,92 | 1,04 | 0,13 | 0,09 | 34,87 | 1,13 | 34,86 | 30,74 |

| AWAL (HARI KE-1) | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|-----------|-----------|------|---------|--------|---------|---------|-------------|-----------|
| Jenis Sampah | % Air | C-organik | N-Organik | TKN | Amonium | Nitrat | Total C | Total N | C/N organik | C/N Total |
| SM:KS (90:10) | 47,05 | 31,03 | 0,87 | 0,96 | 0,09 | 0,07 | 45,81 | 1,03 | 35,62 | 44,51 |
| SM:KS (70:30) | 70,37 | 29,06 | 0,89 | 0,98 | 0,09 | 0,02 | 45,76 | 1,00 | 32,67 | 45,72 |
| SM:KS (60:40) | 72,76 | 23,58 | 0,84 | 0,95 | 0,11 | 0,06 | 45,45 | 1,01 | 28,02 | 44,83 |
| SM:RW (90:10) | 73,51 | 27,77 | 0,87 | 0,97 | 0,11 | 0,00 | 43,37 | 0,97 | 32,09 | 44,55 |
| SM:RW (70:30) | 72,49 | 30,06 | 0,91 | 1,03 | 0,12 | 0,00 | 37,74 | 1,04 | 32,94 | 36,35 |
| SM:RW (60:40) | 62,27 | 18,71 | 0,81 | 0,91 | 0,10 | 0,01 | 23,82 | 0,92 | 23,06 | 25,97 |
| SM:WS (90:10) | 63,00 | 33,67 | 0,98 | 1,06 | 0,08 | 0,08 | 39,31 | 1,14 | 34,42 | 34,52 |
| SM:WS (70:30) | 62,88 | 32,69 | 1,09 | 1,16 | 0,07 | 0,04 | 37,36 | 1,20 | 29,87 | 31,11 |
| SM:WS (60:40) | 64,45 | 28,64 | 0,78 | 0,88 | 0,10 | 0,05 | 40,53 | 0,93 | 36,82 | 43,61 |

Tabel LC.4 Pengukuran Kadar C dan N Akhir

| AKHIR (HARI KE-12) | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-----------|-----------|------|---------|--------|---------|---------|-------------|-----------|
| Jenis Sampah | % Air | C-organik | N-Organik | TKN | Amonium | Nitrat | Total C | Total N | C/N organik | C/N Total |
| KS (BSF) | 78,93 | 19,14 | 1,26 | 1,30 | 0,04 | 0,03 | 42,72 | 1,33 | 15,16 | 32,19 |
| SM (BSF) | 48,41 | 29,19 | 0,99 | 1,10 | 0,11 | 0,01 | 41,21 | 1,11 | 29,43 | 37,10 |
| RW (BSF) | 36,18 | 16,75 | 1,18 | 1,23 | 0,05 | 0,11 | 33,89 | 1,34 | 14,22 | 25,34 |
| WS (BSF) | 45,04 | 12,06 | 1,01 | 1,04 | 0,03 | 0,15 | 22,57 | 1,19 | 11,91 | 19,01 |
| KS (Tanpa BSF) | 72,87 | 19,97 | 1,17 | 1,22 | 0,05 | 0,08 | 41,68 | 1,30 | 17,13 | 32,17 |
| SM (Tanpa BSF) | 66,35 | 32,05 | 0,94 | 1,01 | 0,07 | 0,10 | 44,20 | 1,11 | 33,96 | 39,68 |
| RW (Tanpa BSF) | 37,17 | 11,72 | 1,19 | 1,23 | 0,04 | 0,15 | 39,90 | 1,39 | 9,85 | 28,77 |
| WS (Tanpa BSF) | 44,22 | 19,41 | 1,11 | 1,15 | 0,05 | 0,18 | 39,15 | 1,34 | 17,51 | 29,33 |
| SM:RW (Tanpa BSF) | 76,28 | 32,98 | 1,02 | 1,12 | 0,09 | 0,07 | 35,19 | 1,18 | 32,18 | 29,73 |
| SM:WS (Tanpa BSF) | 38,53 | 23,76 | 1,07 | 1,17 | 0,09 | 0,07 | 36,51 | 1,27 | 22,12 | 28,75 |
| SM:KS (Tanpa BSF) | 60,34 | 30,53 | 1,00 | 1,11 | 0,11 | 0,10 | 35,03 | 1,17 | 30,61 | 29,84 |

| AKHIR (HARI KE-12) | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-----------|-----------|------|---------|--------|---------|---------|-------------|-----------|
| Jenis Sampah | % Air | C-organik | N-Organik | TKN | Amonium | Nitrat | Total C | Total N | C/N organik | C/N Total |
| SM:KS (90:10) | 50,74 | 22,29 | 0,98 | 1,03 | 0,05 | 0,00 | 34,30 | 1,03 | 22,84 | 33,30 |
| SM:KS (70:30) | 68,91 | 24,14 | 0,88 | 0,96 | 0,07 | 0,00 | 23,89 | 0,96 | 27,34 | 24,93 |
| SM:KS (60:40) | 64,46 | 24,23 | 0,98 | 1,05 | 0,07 | 0,05 | 22,63 | 1,10 | 24,75 | 20,65 |
| SM:RW (90:10) | 55,05 | 18,91 | 0,95 | 1,03 | 0,08 | 0,01 | 44,98 | 1,05 | 19,84 | 42,88 |
| SM:RW (70:30) | 59,98 | 16,64 | 1,20 | 1,26 | 0,06 | 0,03 | 30,97 | 1,28 | 13,88 | 24,17 |
| SM:RW (60:40) | 53,16 | 14,85 | 0,96 | 1,00 | 0,04 | 0,03 | 32,64 | 1,03 | 15,48 | 31,64 |
| SM:WS (90:10) | 34,11 | 24,15 | 0,97 | 1,04 | 0,07 | 0,03 | 39,60 | 1,07 | 24,93 | 37,06 |
| SM:WS (70:30) | 38,99 | 18,90 | 0,98 | 1,04 | 0,06 | 0,02 | 35,28 | 1,05 | 19,32 | 33,45 |
| SM:WS (60:40) | 56,42 | 16,74 | 1,00 | 1,03 | 0,04 | 0,03 | 31,89 | 1,06 | 16,77 | 30,01 |

Tabel LC.5 Pengukuran Berat Basah Larva

| Jenis Sampah | Berat Basah Larva (mg) | | | |
|---------------|------------------------|------|-------|-------|
| | 1 | 4 | 7 | 12 |
| KS (K) | 2,2 | 7,2 | 16,4 | 42,8 |
| SM (K) | 1,8 | 25,3 | 56,0 | 134,8 |
| RW (K) | 2,3 | 14,9 | 22,6 | 18,4 |
| WS (K) | 1,3 | 1,3 | 4,4 | 8,6 |
| SM:KS (90:10) | 1,8 | 12,9 | 76,7 | 188,0 |
| SM:KS (90:10) | 2,0 | 23,0 | 76,1 | 196,1 |
| SM:KS (70:30) | 1,8 | 20,7 | 82,2 | 176,6 |
| SM:KS (70:30) | 1,8 | 20,0 | 65,8 | 180,2 |
| SM:KS (60:40) | 1,8 | 27,2 | 63,0 | 170,3 |
| SM:KS (60:40) | 1,8 | 23,5 | 91,6 | 175,7 |
| SM:RW (90:10) | 3,6 | 38,5 | 129,2 | 199,5 |
| SM:RW (90:10) | 3,6 | 36,9 | 159,6 | 198,4 |
| SM:RW (70:30) | 3,5 | 30,8 | 116,7 | 176,0 |
| SM:RW (70:30) | 3,5 | 17,3 | 87,6 | 170,4 |
| SM:RW (60:40) | 3,8 | 35,4 | 100,2 | 168,3 |
| SM:RW (60:40) | 3,8 | 33,7 | 113,6 | 149,9 |
| SM:WS (90:10) | 1,9 | 15,0 | 46,5 | 292,4 |
| SM:WS (90:10) | 1,9 | 12,2 | 42,0 | 290,1 |
| SM:WS (70:30) | 1,9 | 23,0 | 40,6 | 206,1 |
| SM:WS (70:30) | 1,9 | 21,7 | 52,1 | 182,9 |
| SM:WS (60:40) | 1,9 | 9,6 | 42,6 | 206,9 |
| SM:WS (60:40) | 1,9 | 22,1 | 69,8 | 174,5 |

Tabel LC.6 Pengukuran Kadar Air Larva

| Jenis Sampah | Kadar Air (%) | | | |
|---------------|---------------|------|------|------|
| | 1 | 4 | 7 | 12 |
| KS (K) | 75,5 | 77,2 | 78,8 | 79,1 |
| SM (K) | 73,7 | 66,4 | 67,5 | 62,1 |
| RW (K) | 74,1 | 74,0 | 75,9 | 68,7 |
| WS (K) | 69,4 | 64,6 | 63,9 | 61,6 |
| SM:KS (90:10) | 69,7 | 68,5 | 67,0 | 69,6 |
| SM:KS (90:10) | 69,7 | 68,0 | 66,2 | 69,9 |
| SM:KS (70:30) | 71,1 | 71,6 | 68,0 | 65,9 |
| SM:KS (70:30) | 71,1 | 71,3 | 67,6 | 67,8 |
| SM:KS (60:40) | 70,8 | 73,2 | 71,3 | 69,7 |
| SM:KS (60:40) | 70,8 | 70,3 | 71,7 | 69,6 |
| SM:RW (90:10) | 70,7 | 61,7 | 71,0 | 62,6 |
| SM:RW (90:10) | 70,7 | 63,5 | 68,6 | 66,1 |
| SM:RW (70:30) | 71,1 | 61,7 | 71,5 | 68,3 |
| SM:RW (70:30) | 71,1 | 63,5 | 70,6 | 70,4 |
| SM:RW (60:40) | 70,0 | 64,3 | 71,7 | 69,5 |
| SM:RW (60:40) | 70,0 | 66,3 | 72,1 | 67,9 |
| SM:WS (90:10) | 71,9 | 66,8 | 66,3 | 78,3 |
| SM:WS (90:10) | 71,9 | 67,1 | 68,1 | 76,4 |
| SM:WS (70:30) | 67,2 | 68,0 | 68,1 | 67,3 |
| SM:WS (70:30) | 67,2 | 68,1 | 68,0 | 66,1 |
| SM:WS (60:40) | 67,9 | 68,1 | 69,3 | 68,4 |
| SM:WS (60:40) | 67,9 | 67,0 | 66,1 | 70,7 |

Tabel LC.7 Pengukuran Kadar Sampah

| Jenis Sampah | Kadar Air (%) Hari Ke- | | | |
|--------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 4 | 7 | 12 |
| KS (BSF) | 85,66 | 61,07 | 76,21 | 78,93 |

| Jenis Sampah | Kadar Air (%) Hari Ke- | | | |
|-------------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 4 | 7 | 12 |
| SM (BSF) | 77,40 | 33,60 | 70,10 | 48,41 |
| RW (BSF) | 34,29 | 23,36 | 68,30 | 36,18 |
| WS (BSF) | 50,52 | 17,68 | 79,57 | 45,04 |
| KS (Tanpa BSF) | 80,41 | 61,07 | 73,07 | 72,87 |
| SM (Tanpa BSF) | 75,47 | 25,60 | 75,60 | 66,35 |
| RW (Tanpa BSF) | 26,52 | 15,36 | 65,36 | 37,17 |
| WS (Tanpa BSF) | 35,41 | 21,74 | 71,74 | 44,22 |
| SM:RW (Tanpa BSF) | 73,07 | 31,23 | 81,23 | 76,28 |
| SM:WS (Tanpa BSF) | 69,76 | 23,14 | 73,14 | 38,53 |
| SM:KS (Tanpa BSF) | 78,25 | 27,28 | 77,28 | 60,34 |
| | | | | |
| SM:KS (90:10) | 47,05 | 29,74 | 75,61 | 48,39 |
| SM:KS (90:10) | 47,05 | 31,14 | 71,61 | 53,09 |
| SM:KS (70:30) | 70,37 | 35,28 | 73,87 | 66,36 |
| SM:KS (70:30) | 70,37 | 39,23 | 66,87 | 71,45 |
| SM:KS (60:40) | 72,76 | 35,71 | 85,36 | 67,42 |
| SM:KS (60:40) | 72,76 | 30,89 | 75,36 | 61,51 |
| SM:RW (90:10) | 73,51 | 16,66 | 78,36 | 60,53 |
| SM:RW (90:10) | 73,51 | 16,17 | 76,36 | 49,57 |
| SM:RW (70:30) | 72,49 | 13,64 | 72,37 | 61,68 |
| SM:RW (70:30) | 72,49 | 15,40 | 68,37 | 58,27 |
| SM:RW (60:40) | 62,27 | 10,60 | 78,15 | 54,71 |
| SM:RW (60:40) | 62,27 | 8,59 | 70,15 | 51,61 |
| SM:WS (90:10) | 63,00 | 31,23 | 64,70 | 40,60 |
| SM:WS (90:10) | 63,00 | 30,55 | 61,30 | 27,61 |
| SM:WS (70:30) | 62,88 | 26,47 | 64,96 | 36,60 |
| SM:WS (70:30) | 62,88 | 24,67 | 58,96 | 41,38 |

| Jenis Sampah | Kadar Air (%) Hari Ke- | | | |
|---------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 4 | 7 | 12 |
| SM:WS (60:40) | 64,45 | 31,56 | 68,85 | 56,28 |
| SM:WS (60:40) | 64,45 | 27,80 | 60,05 | 56,56 |

Tabel LC.8 Kadar N-amonium dan N-nitrat (Data Duplo)

| N O | Jenis Sampah | N-Amonium (%) | | N-Nitrat (%) | |
|------------------------|-------------------|---------------|------------|--------------|------------|
| | | Hari ke-1 | Hari ke-12 | Hari ke-1 | Hari ke-12 |
| Reaktor Kontrol | | | | | |
| 1 | KS (BSF) | 0,049 | 0,036 | 0,046 | 0,029 |
| 2 | SM (BSF) | 0,113 | 0,107 | 0,047 | 0,012 |
| 3 | RW (BSF) | 0,065 | 0,050 | 0,109 | 0,109 |
| 4 | WS (BSF) | 0,011 | 0,026 | 0,036 | 0,149 |
| 5 | KS (Tanpa BSF) | 0,059 | 0,055 | 0,076 | 0,075 |
| 6 | SM (Tanpa BSF) | 0,093 | 0,069 | 0,089 | 0,101 |
| 7 | RW (Tanpa BSF) | 0,046 | 0,042 | 0,142 | 0,154 |
| 8 | WS (Tanpa BSF) | 0,041 | 0,046 | 0,169 | 0,180 |
| 9 | SM:RW (Tanpa BSF) | 0,129 | 0,092 | 0,056 | 0,068 |
| 10 | SM:WS (Tanpa BSF) | 0,130 | 0,093 | 0,055 | 0,067 |
| 11 | SM:KS (Tanpa BSF) | 0,126 | 0,109 | 0,091 | 0,103 |
| Reaktor Utama | | | | | |
| 1 | SM:KS (90:10) | 0,086 | 0,049 | 0,072 | 0,007 |
| | SM:KS (90:10) | 0,086 | 0,051 | 0,072 | 0,002 |
| 2 | SM:KS (70:30) | 0,088 | 0,076 | 0,023 | 0,006 |
| | SM:KS (70:30) | 0,088 | 0,068 | 0,023 | 0,000 |
| 3 | SM:KS (60:40) | 0,111 | 0,067 | 0,061 | 0,033 |
| | SM:KS (60:40) | 0,111 | 0,075 | 0,061 | 0,059 |

| NO | Jenis Sampah | N-Amonium (%) | | N-Nitrat (%) | |
|----|---------------|---------------|------------|--------------|------------|
| | | Hari ke-1 | Hari ke-12 | Hari ke-1 | Hari ke-12 |
| 4 | SM:RW (90:10) | 0,107 | 0,085 | 0,001 | 0,010 |
| | SM:RW (90:10) | 0,107 | 0,078 | 0,001 | 0,019 |
| 5 | SM:RW (70:30) | 0,121 | 0,057 | 0,005 | 0,026 |
| | SM:RW (70:30) | 0,121 | 0,056 | 0,005 | 0,025 |
| 6 | SM:RW (60:40) | 0,101 | 0,042 | 0,005 | 0,057 |
| | SM:RW (60:40) | 0,101 | 0,037 | 0,005 | 0,008 |
| 7 | SM:WS (90:10) | 0,083 | 0,102 | 0,078 | 0,030 |
| | SM:WS (90:10) | 0,083 | 0,042 | 0,078 | 0,026 |
| 8 | SM:WS (70:30) | 0,068 | 0,056 | 0,039 | 0,003 |
| | SM:WS (70:30) | 0,068 | 0,062 | 0,039 | 0,032 |
| 9 | SM:WS (60:40) | 0,101 | 0,040 | 0,050 | 0,049 |
| | SM:WS (60:40) | 0,101 | 0,032 | 0,050 | 0,007 |

Tabel LC.9 Kadar N dan N-organik Awal Akhir

| NO | Jenis Sampah | TKN (%) | | N-organik (%) | |
|------------------------|-------------------|-----------|------------|---------------|------------|
| | | Hari ke-1 | Hari ke-12 | Hari ke-1 | Hari ke-12 |
| Reaktor Kontrol | | | | | |
| 1 | KS (BSF) | 0,993 | 1,299 | 0,944 | 1,263 |
| 2 | SM (BSF) | 0,874 | 1,099 | 0,762 | 0,992 |
| 3 | RW (BSF) | 1,210 | 1,228 | 1,145 | 1,178 |
| 4 | WS (BSF) | 0,973 | 1,038 | 0,961 | 1,013 |
| 5 | KS (Tanpa BSF) | 1,079 | 1,220 | 1,020 | 1,166 |
| 6 | SM (Tanpa BSF) | 1,023 | 1,013 | 0,930 | 0,944 |
| 7 | RW (Tanpa BSF) | 1,190 | 1,233 | 1,144 | 1,191 |
| 8 | WS (Tanpa BSF) | 1,109 | 1,155 | 1,068 | 1,108 |
| 9 | SM:RW (Tanpa BSF) | 1,043 | 1,117 | 0,914 | 1,025 |

| NO | Jenis Sampah | TKN (%) | | N-organik (%) | |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|---------------|------------|
| | | Hari ke-1 | Hari ke-12 | Hari ke-1 | Hari ke-12 |
| 10 | SM:WS (Tanpa BSF) | 1,049 | 1,167 | 0,918 | 1,074 |
| 11 | SM:KS (Tanpa BSF) | 1,043 | 1,107 | 0,918 | 0,997 |
| Reaktor Utama | | | | | |
| 1 | SM:KS (90:10) | 1,043 | 1,026 | 0,957 | 0,976 |
| 2 | SM:KS (70:30) | 1,049 | 0,955 | 0,960 | 0,883 |
| 3 | SM:KS (60:40) | 1,043 | 1,050 | 0,932 | 0,979 |
| 4 | SM:RW (90:10) | 0,958 | 1,035 | 0,850 | 0,953 |
| 5 | SM:RW (70:30) | 0,978 | 1,256 | 0,857 | 1,199 |
| 6 | SM:RW (60:40) | 0,953 | 0,999 | 0,852 | 0,960 |
| 7 | SM:WS (90:10) | 0,973 | 1,041 | 0,890 | 0,969 |
| 8 | SM:WS (70:30) | 1,033 | 1,037 | 0,965 | 0,978 |
| 9 | SM:WS (60:40) | 0,912 | 1,035 | 0,811 | 0,999 |

Tabel LC.10 Kadar C Awal dan Akhir (Data Duplo)

| NO | Jenis Sampah | C-organik | |
|------------------------|-------------------|-----------|------------|
| | | Hari ke-1 | Hari ke-12 |
| Reaktor Kontrol | | | |
| 1 | KS (BSF) | 21,266 | 19,145 |
| 2 | SM (BSF) | 35,546 | 29,188 |
| 3 | RW (BSF) | 19,841 | 16,754 |
| 4 | WS (BSF) | 24,025 | 12,057 |
| 5 | KS (Tanpa BSF) | 20,343 | 19,972 |
| 6 | SM (Tanpa BSF) | 34,827 | 32,048 |
| 7 | RW (Tanpa BSF) | 24,578 | 11,724 |
| 8 | WS (Tanpa BSF) | 28,666 | 19,408 |
| 9 | SM:RW (Tanpa BSF) | 34,420 | 32,982 |

| NO | Jenis Sampah | C-organik | |
|----------------------|-------------------|-----------|------------|
| | | Hari ke-1 | Hari ke-12 |
| 10 | SM:WS (Tanpa BSF) | 30,061 | 23,757 |
| 11 | SM:KS (Tanpa BSF) | 31,985 | 30,526 |
| Reaktor Utama | | | |
| 1 | SM:KS (90:10) | 31,031 | 25,037 |
| | SM:KS (90:10) | 31,031 | 19,544 |
| 2 | SM:KS (70:30) | 29,062 | 23,592 |
| | SM:KS (70:30) | 29,062 | 24,683 |
| 3 | SM:KS (60:40) | 23,577 | 22,246 |
| | SM:KS (60:40) | 23,577 | 26,217 |
| 4 | SM:RW (90:10) | 27,773 | 21,091 |
| | SM:RW (90:10) | 27,773 | 16,729 |
| 5 | SM:RW (70:30) | 30,055 | 18,204 |
| | SM:RW (70:30) | 30,055 | 15,081 |
| 6 | SM:RW (60:40) | 18,708 | 14,223 |
| | SM:RW (60:40) | 18,708 | 15,484 |
| 7 | SM:WS (90:10) | 33,665 | 23,032 |
| | SM:WS (90:10) | 33,665 | 25,270 |
| 8 | SM:WS (70:30) | 32,687 | 18,661 |
| | SM:WS (70:30) | 32,687 | 19,140 |
| 9 | SM:WS (60:40) | 28,642 | 16,835 |
| | SM:WS (60:40) | 28,642 | 16,651 |

Tabel LC.11 ANOVA Pengaruh Variabel Komposisi Terhadap Reduksi Sampah (%)

One-way ANOVA: %R BSF versus variasi sampah (kode BSF)

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

| Factor | Levels | Values |
|----------|--------|------------|
| kode BSF | 4 | 1, 2, 3, 4 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|----------|----|--------|--------|---------|---------|
| kode BSF | 3 | 3455 | 1151.7 | 5.67 | 0.018 |
| Error | 9 | 1829 | 203.2 | | |
| Total | 12 | 5284 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---------|--------|-----------|------------|
| 14.2548 | 65.39% | 53.85% | 35.27% |

Means

| kode | N | Mean | StDev | 95% CI |
|------|---|-------|-------|----------------|
| BSF | | | | |
| 1 | 4 | 36.9 | 22.1 | (20.8, 53.0) |
| 2 | 3 | 67.14 | 7.21 | (48.52, 85.76) |
| 3 | 3 | 72.99 | 9.38 | (54.37, 91.60) |
| 4 | 3 | 75.01 | 6.23 | (56.39, 93.63) |

Pooled StDev = 14.2548

One-way ANOVA: %R BSF versus Rasio Sampah

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

| Factor | Levels | Values |
|-----------|--------|-----------------|
| Rasio BSF | 4 | 10, 30, 40, 100 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-----------|----|--------|--------|---------|---------|
| Rasio BSF | 3 | 3657 | 1218.9 | 6.74 | 0.011 |
| Error | 9 | 1627 | 180.8 | | |
| Total | 12 | 5284 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---------|--------|-----------|------------|
| 13.4457 | 69.21% | 58.94% | 43.86% |

Means

Rasio

| BSF | N | Mean | StDev | 95% CI |
|-----|---|-------|-------|----------------|
| 10 | 3 | 78.57 | 3.85 | (61.01, 96.13) |
| 30 | 3 | 72.17 | 5.50 | (54.61, 89.73) |
| 40 | 3 | 64.40 | 5.73 | (46.84, 81.96) |
| 100 | 4 | 36.9 | 22.1 | (21.7, 52.1) |

Pooled StDev = 13.4457

Tabel LC.12 ANOVA Pengaruh Variabel Komposisi Terhadap Pertumbuhan Larva

One-way ANOVA: Pertambahan berat larva versus Rasio Sampah

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

| Factor | Levels | Values |
|-----------|--------|-----------------|
| Rasio BSF | 4 | 10, 30, 40, 100 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-----------|----|--------|--------|---------|---------|
| Rasio BSF | 3 | 9378 | 3126 | 2.54 | 0.122 |
| Error | 9 | 11086 | 1232 | | |
| Total | 12 | 20464 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---------|--------|-----------|------------|
| 35.0966 | 45.83% | 27.77% | 0.00% |

Means

Rasio

| BSF | N | Mean | StDev | 95% CI |
|-----|---|------|-------|---------------|
| 10 | 3 | 96.3 | 26.8 | (50.4, 142.1) |
| 30 | 3 | 87.6 | 32.9 | (41.7, 133.4) |
| 40 | 3 | 81.0 | 32.5 | (35.2, 126.9) |
| 100 | 4 | 31.2 | 42.3 | (-8.5, 70.9) |

Pooled StDev = 35.0966

One-way ANOVA: Pertambahan berat larva versus Rasio Sampah

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

| Factor | Levels | Values |
|-----------|--------|-----------------|
| Rasio BSF | 4 | 10, 30, 40, 100 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|-----------|----|--------|--------|---------|---------|
| Rasio BSF | 3 | 9378 | 3126 | 2.54 | 0.122 |
| Error | 9 | 11086 | 1232 | | |
| Total | 12 | 20464 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---------|--------|-----------|------------|
| 35.0966 | 45.83% | 27.77% | 0.00% |

Means

Rasio

| BSF | N | Mean | StDev | 95% CI |
|-----|---|------|-------|---------------|
| 10 | 3 | 96.3 | 26.8 | (50.4, 142.1) |
| 30 | 3 | 87.6 | 32.9 | (41.7, 133.4) |
| 40 | 3 | 81.0 | 32.5 | (35.2, 126.9) |
| 100 | 4 | 31.2 | 42.3 | (-8.5, 70.9) |

Pooled StDev = 35.0966

Tabel LC.13 ANOVA Pengaruh Larva BSF Terhadap Penurunan C/N Akhir

One-way ANOVA: Penurunan C/N versus BSF

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

| Factor | Levels | Values |
|--------|--------|--------|
| BSF | 2 | 0, 1 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|--------|----|--------|--------|---------|---------|
| BSF | 1 | 26.55 | 26.55 | 1.30 | 0.276 |
| Error | 12 | 245.08 | 20.42 | | |
| Total | 13 | 271.63 | | | |

Model Summary

| S | R-sq | R-sq(adj) | R-sq(pred) |
|---------|-------|-----------|------------|
| 4.51918 | 9.78% | 2.26% | 0.00% |

Means

| BSF | N | Mean | StDev | 95% CI |
|-----|---|------|-------|---------------|
| 0 | 7 | 6.80 | 3.64 | (3.08, 10.52) |
| 1 | 7 | 9.55 | 5.25 | (5.83, 13.27) |

Pooled StDev = 4.51918

Tabel LC.14 Pengukuran Berat Substrat dalam Reaktor

| N O | Name | BK Feed 1 (g) | BK Feed 2 (g) | BK Feed 3 (g) | Total dalam Reaktor | BK diambil H4 | BK diambil H7 | Berat Total diambil | BB dalam Reaktor Akhir | Dianggap Residu | %Air H12 | BK Akhir | % Reduksi | Rata- rata Reduksi (%) | SD (%) |
|-----------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|---------------------------------|-----------|
| REAKTOR KONTROL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | KS (BSF) | 17,59 | 17,59 | 30,16 | 65,35 | 2,26 | 0,96 | 3,21 | 254,00 | 257,21 | 78,93 | 54,19 | 17,07 | 17,07 | - |
| 2 | SM (BSF) | 17,07 | 17,07 | 30,46 | 64,60 | 3,34 | 0,91 | 4,25 | 37,14 | 41,39 | 48,41 | 21,35 | 66,95 | 66,95 | - |
| 3 | RW (BSF) | 18,96 | 18,96 | 31,88 | 69,80 | 3,18 | 0,20 | 3,38 | 79,80 | 83,18 | 36,18 | 53,08 | 23,95 | 23,95 | - |
| 4 | WS (BSF) | 18,00 | 18,00 | 29,43 | 65,43 | 2,37 | 0,25 | 2,63 | 69,20 | 71,83 | 45,04 | 39,48 | 39,66 | 39,66 | - |
| 5 | KS (Tanpa BSF) | 20,77 | 20,77 | 34,61 | 76,15 | 0,00 | 1,12 | 1,12 | 249,10 | 250,22 | 72,87 | 67,88 | 10,86 | 10,86 | - |
| 6 | SM (Tanpa BSF) | 18,52 | 18,52 | 30,86 | 67,89 | 0,01 | 1,17 | 1,18 | 178,80 | 179,98 | 66,35 | 60,57 | 10,79 | 10,79 | - |
| 7 | RW (Tanpa BSF) | 21,19 | 21,19 | 35,32 | 77,70 | 0,02 | 0,89 | 0,91 | 118,40 | 119,31 | 37,17 | 74,96 | 3,54 | 3,54 | - |
| 8 | WS (Tanpa BSF) | 23,50 | 23,50 | 39,16 | 86,16 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 139,50 | 139,52 | 44,22 | 77,83 | 9,67 | 9,67 | - |
| 9 | SM:RW (Tanpa BSF) | 19,06 | 19,06 | 31,77 | 69,90 | 2,68 | 0,97 | 3,66 | 145,70 | 187,90 | 76,28 | 44,57 | 36,24 | 36,24 | - |
| 10 | SM:WS (Tanpa BSF) | 19,31 | 19,31 | 32,18 | 70,81 | 3,16 | 0,71 | 3,87 | 95,10 | 98,97 | 38,53 | 60,84 | 14,08 | 14,08 | - |
| 11 | SM:KS (Tanpa BSF) | 19,07 | 19,07 | 31,79 | 69,94 | 3,26 | 0,51 | 3,77 | 104,90 | 130,70 | 60,34 | 51,83 | 25,89 | 25,89 | - |
| REAKTOR UTAMA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | SM:KS (90:10) | 18,04 | 18,04 | 31,41 | 67,50 | 3,25 | 1,03 | 4,29 | 24,20 | 28,49 | 48,39 | 14,70 | 78,22 | 74,52 | 7,0% |
| | SM:KS (90:10) | 18,19 | 18,19 | 31,56 | 67,95 | 2,64 | 0,94 | 3,57 | 38,70 | 42,27 | 53,09 | 19,83 | 70,81 | | |
| 2 | SM:KS (70:30) | 19,29 | 19,29 | 31,71 | 70,30 | 3,05 | 0,67 | 3,72 | 64,20 | 67,92 | 66,36 | 22,85 | 67,50 | 66,79 | 1,5% |
| | SM:KS (70:30) | 18,49 | 18,49 | 32,66 | 69,65 | 2,50 | 0,57 | 3,07 | 79,70 | 82,77 | 71,45 | 23,63 | 66,07 | | |
| 3 | SM:KS (60:40) | 18,19 | 18,19 | 31,56 | 67,95 | 3,12 | 0,65 | 3,77 | 75,90 | 79,67 | 67,42 | 25,96 | 61,79 | 60,12 | 3,9% |
| | SM:KS (60:40) | 18,34 | 18,34 | 31,71 | 68,40 | 2,98 | 0,77 | 3,75 | 70,10 | 73,85 | 61,51 | 28,43 | 58,44 | | |

| N O | Name | BK Feed 1 (g) | BK Feed 2 (g) | BK Feed 3 (g) | Total dalam Reaktor | BK diambil H4 | BK diambil H7 | Berat Total diambil | BB dalam Reaktor Akhir | Dianggap Residu | %Air H12 | BK Akhir | % Reduksi | Rata-rata Reduksi (%) | SD (%) |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|---------------------|------------------------|-----------------|----------|----------|-----------|-----------------------|--------|
| 4 | SM:RW (90:10) | 18,01 | 18,01 | 31,71 | 67,74 | 2,14 | 0,79 | 2,93 | 30,20 | 33,13 | 60,53 | 13,08 | 80,70 | 79,00 | 3,0% |
| | SM:RW (90:10) | 17,71 | 17,71 | 31,86 | 67,29 | 2,06 | 2,02 | 4,07 | 26,20 | 30,27 | 49,57 | 15,27 | 77,31 | | |
| 5 | SM:RW (70:30) | 18,19 | 18,19 | 31,56 | 67,95 | 2,46 | 0,77 | 3,23 | 35,90 | 39,13 | 61,68 | 14,99 | 77,94 | 77,78 | 0,3% |
| | SM:RW (70:30) | 18,04 | 18,04 | 31,71 | 67,80 | 1,91 | 0,83 | 2,75 | 33,60 | 36,35 | 58,27 | 15,17 | 77,63 | | |
| 6 | SM:RW (60:40) | 18,49 | 18,49 | 31,86 | 68,85 | 2,04 | 0,91 | 2,95 | 56,80 | 59,75 | 54,71 | 27,06 | 60,69 | 62,18 | 3,4% |
| | SM:RW (60:40) | 17,19 | 17,19 | 31,56 | 65,95 | 2,14 | 0,97 | 3,11 | 46,40 | 49,51 | 51,61 | 23,96 | 63,67 | | |
| 7 | SM:WS (90:10) | 18,39 | 18,39 | 31,76 | 68,55 | 3,30 | 1,19 | 4,48 | 13,70 | 18,18 | 40,60 | 10,80 | 84,24 | 82,18 | 3,5% |
| | SM:WS (90:10) | 19,00 | 19,00 | 32,01 | 70,02 | 2,28 | 1,45 | 3,73 | 15,50 | 19,23 | 27,61 | 13,92 | 80,12 | | |
| 8 | SM:WS (70:30) | 18,64 | 18,64 | 32,01 | 69,30 | 3,16 | 1,27 | 4,43 | 27,80 | 32,23 | 36,60 | 20,43 | 70,51 | 71,95 | 2,8% |
| | SM:WS (70:30) | 18,14 | 18,14 | 31,51 | 67,80 | 2,70 | 1,17 | 3,88 | 26,90 | 30,78 | 41,38 | 18,04 | 73,39 | | |
| 9 | SM:WS (60:40) | 18,39 | 18,39 | 31,76 | 68,55 | 2,28 | 0,87 | 3,16 | 40,30 | 43,46 | 56,28 | 19,00 | 72,28 | 70,90 | 2,7% |
| | SM:WS (60:40) | 18,64 | 18,64 | 32,01 | 69,30 | 3,23 | 0,87 | 4,10 | 44,50 | 48,60 | 56,56 | 21,12 | 69,53 | | |

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Niki Fadhillah lahir di Malang pada tanggal 13 September 1996. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SDN Sawojajar 1 Malang pada tahun 2003-2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 5 Malang pada tahun 2009-2012 dan dilanjutkan pendidikan tingkat atas yang dilalui di SMAN 10 Malang pada tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 0321154000026.

Selama perkuliahan, penulis aktif pada organisasi maupun kepanitiaan di Departemen Teknik Lingkungan. Penulis merupakan Pengurus Komunitas Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan periode 2016/2017 dan periode 2017/2018. Penulis juga pernah menjabat sebagai sekertaris Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia Regional IV periode 2016/2017. Berbagai pelatihan dan seminar terkait teknik lingkungan juga telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri dan penambah wawasan. Apabila ada pertanyaan terkait tugas akhir penulis, silahkan menghubungi penulis via email di nikifadhillah13@gmail.com.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Niki Fadhillah
NRP : 03211540000026
Judul : Pemanfaatan Larva Black Soldier Fly Untuk Mereduksi Sampah Organik dengan Variasi Jenis dan Komposisi Sampah.

| No | Tanggal | Keterangan Kegiatan / Pembahasan | Paraf |
|----|---------------|--|-------|
| 1 | 5 April 2019 | - Asistensi proses dan hasil lab - Sesuaikan perlakuan dengan kondisi eksisting. Semua sama. (reaktor dititip kean) | Ag |
| 2 | 23 April 2019 | - Asistensi data hasil lab, tabel & grafik menggunakan sigma plot. - Pembahasan terkait reduksi dibanding dengan bobot larva. Bahas mengapa $WS > RW$ Reduksinya. - Buat grafik stock terkait nilai NO_3 , NH_4 , TKN - Bobot larva dalam kenichan berupa kg - Bahan %R besar tp bobot kecil. | Ag |
| 3. | 30 April 2019 | - Perlakuan agar residu dapat dimanfaatkan? - c/n btm besar masuk standar. Cari alternatif agar c/n residu memenuhi. ex: penambahan komposisi Sampah lain pakai perhitungan | Ag |
| 4. | 4 Mei 2019 | - Rev hit larva + grafik dibuat bar chart. - perbaiki data & grafik \rightarrow plot awal akhir. | Ag |
| 5. | 27 Mei 2019 | - Revisi hasil sidang progres | Ag |
| 6. | 10 Juni 2019 | - Asis tambahan data kontrol - Revisi Jurnal & Publikasi | Ag |
| 7 | 17 Juni 2019 | - Asis data ke perhit. % protein - Abstrak & kesimpulan revisi | Ag |
| 8 | 28 Juni 2019 | - Asistensi laporan TA persiapan sidang lisan - Asistensi PPT - Asistensi jurnal. | Ag |

Surabaya.....
Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE 184803 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 13 Mei 2019
Pukul : 09.00-10.00
Lokasi : TL 101
Judul : PEMANFAATAN LARVA BLACK SOLDIER FLY (BSF) GUNA
MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK DENGAN VARIASI JENIS
Nama : Niki Fadhillah
NRP. : 03211540000026
Topik : Penelitian

Nilai TOEFL : 480

Tanda Tangan

| No./Hal. | Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir |
|----------|---|
| ② | Penulisan diperbaiki lagi |
| ④ | Saran penelitian ≠ rekomendasi |
| ①* | Penjelasan mengenai peran kompos thd. pemb. berat (larva) - bulking agent? |
| ② | Penjelasan graft |
| ② | Jelaskan thd. kadar air - sekuntan |

A, 27/5

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

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

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.



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

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

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

Nilai TOEFL 480

Hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019

Pukul : 13.00-15.00 WIB

Lokasi : TL 102

Judul : PEMANFAATAN LARVA BLACK SOLDIER FLY (BSF) GUNA MEREDUKSI SAMPAH ORGANIK
DENGAN VARIASI JENIS DAN KOMPOSISI SAMPAH

Nama : Niki Fadhillah

NRP. : 03211540000026

Topik : Penelitian

Tanda Tangan

| No./Hal. | Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir |
|----------|--|
| 1 | Parameter selain C/N cek. kualitas kompos. ? |
| 2 | Kontrol. → hasil. ada anomali ? |

29/7¹⁹

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.



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Niki Fadhillah
NRP : 0221154000026
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Larva *Bacillus thuringiensis* untuk Mereduksi Sampah Organik dengan Variasi Jenis dan Kumpukan Sampah

| No | Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02) | Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman) |
|----|--|--|
| 1. | Reaktor ada yang mencapai pH > 9 | • Aliran dan cara memasok telah ditambahkan lebih detail |
| 2. | Perbaiki abstrak dan kesimpulan | • Abstrak dan kesimpulan telah diperbaiki |
| 3. | Perbaiki judul dan kata pengantar | • Telah diperbaiki |
| 4. | Foto reaktor tampak atas dan reaktor keseluruhan | • Telah ditambahkan pada Bab A hasil dan lampiran B. Dokumentasi |
| 5. | Kaitan larva dengan C/N ratio kompos | • Telah dicantumkan keterkaitan dan telah dilakukan uji ANOVA untuk melihat pengaruh signifikasinya. |
| 6. | Perbaiki salah ketik dan penulisan | • telah diperbaiki dan ditinjau ulang. |
| 7. | Saran no 1 diperbaiki | • Saran no 1 telah ditinjau dan diperbaiki |

Dosen Pembimbing,

Anselo Yekti Bagastya, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

Mahasiswa Ybs.,

Niki Fadhillah

