



TUGAS AKHIR - RE184804

PROSES VERMICOMPOSTING RESIDU LARVA *BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS)* DAN SAMPAH SISA MAKANAN MENGGUNAKAN *EUDRILUS EUGENIAE*

KURNIAWAN SOESANTO
0321154000003

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

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



TUGAS AKHIR - RE184804

PROSES VERMICOMPOSTING RESIDU LARVA *BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS)* DAN SAMPAH SISA MAKANAN MENGGUNAKAN *EUDRILUS EUGENIAE*

KURNIAWAN SOESANTO
0321154000003

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

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



FINAL PROJECT - RE184804

**VERMICOMPOSTING PROCESS OF BLACK SOLDIER
FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE RESIDUE AND
FOOD WASTE USING *EUDRILUS EUGENIAE***

KURNIAWAN SOESANTO
0321154000003

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

PROSES VERMICOMPOSTING RESIDU LARVA BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) DAN SAMPAH SISA MAKANAN MENGGUNAKAN *EUDRILUS EUGENIAE*

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:
KURNIAWAN SOESANTO
NRP. 0321154000003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



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



PROSES VERMICOMPOSTING RESIDU LARVA *BLACK SOLDIER FLY (HERMETIA ILLUCENS)* DAN SAMPAH SISA MAKANAN MENGGUNAKAN *EUDRILUS EUGENIAE*

Nama Mahasiswa : Kurniawan Soesanto
NRP : 03211540000003
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T.,
M.Phil., Ph.D.

ABSTRAK

Teknologi pengomposan berbasis serangga menggunakan Larva *Black Soldier Fly* (BSF) untuk pengolahan sampah organik semakin banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena tingkat reduksi sampah organik yang tinggi dan waktu pengomposan yang cepat. Selain itu terdapat produk samping yang bernilai ekonomis. Tingkat reduksi sampah organik yaitu berkisar antara 70-80%. Proses pengomposan berlangsung selama dua belas hari pada fase larva. Durasi pengomposan yang singkat menyebabkan larva tidak mampu mencerna material organik yang banyak mengandung serat (*selulosa*). Material organik ini akhirnya menjadi residu larva BSF. Pengolahan residu larva BSF dapat dilakukan dengan proses *vermicomposting* menggunakan cacing *E. eugeniae*. Prinsip proses *vermicomposting* adalah media cacing sudah mengalami proses pengomposan sebelumnya. Maka residu larva BSF ditambah dengan sampah sisa makanan sebagai substrat bagi cacing.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat degradasi residu larva BSF dan sampah serta menganalisis kualitas *vermicompost*. Percobaan dilakukan secara *duplo* selama 60 hari dengan kombinasi 10 hari *pra-composting* dan 50 hari *vermicomposting*. Jumlah reaktor *vermicomposting* yang digunakan sebanyak 32 buah reaktor berbentuk balok berukuran 30 cm x 24 cm x 18 cm. Variasi dilakukan pada jumlah cacing dan perbandingan komposisi sampah sisa makanan : residu larva BSF. Penambahan jumlah cacing yaitu 10 g/kg substrat, 15 g/kg substrat, dan 20 g/kg substrat. Perbandingan antara komposisi

campuran sampah sisa makanan : residu larva BSF adalah 1:1, 1:2, 1:0, dan 0:1 dengan berat kering 0,6 kg. Reaktor untuk fungsi kontrol dilakukan tanpa penambahan cacing pada masing-masing komposisi substrat. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini adalah C-organik, C-total, amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), *Total Kjeldahl Nitrogen* (TKN), C/N, pH, suhu, dan kadar air. Secara umum, kualitas *vermicompost* yang dihasilkan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh tingkat reduksi terbesar terjadi pada komposisi SM (sampah sisa makanan : residu larva BSF 1:0) dengan jumlah cacing 20 g/kg substrat. Tingkat reduksi sebesar 68,7% dan produksi *vermicompost* sebesar 75,97%. Kualitas *vermicompost* terbaik pada komposisi RL (Sampah sisa makanan : residu larva BSF 0:1) dengan jumlah cacing 15 g/kg substrat. Hasil yang diperoleh adalah pH 7,8, suhu 27°C, kadar air 55,09%, C/N organik 16,61, C/N total 16,07.

Kata kunci: *eudrilus eugeniae*, residu larva BSF, sampah sisa makanan, *vermicomposting*

VERMICOMPOSTING PROCESS OF BLACK SOLDIER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) LARVAE RESIDUE AND FOOD WASTE USING *EUDRILUS EUGENIAE*

Name of Student : Kurniawan Soesanto
NRP : 03211540000003
Study Programme : Environmental Engineering
Advisor : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T.,
M.Phil., Ph.D.

ABSTRACT

The Insect-based composting technology by using Black Soldier Fly (BSF) Larvae has increasingly been carried out in practice. This is due to the high level of organic waste reduction and rapid composting time. Besides, there are side products that have economic value. The reduction rate of organic waste is around 70-80%. The composting process for twelve days in the larval phase. The short duration of composting causes the larvae to be unable to digest organic material which contains a lot of cellulose. This organic material eventually becomes BSF larvae residues. The processing of BSF larvae residues can be done by vermicomposting using *E. eugeniae*. The principle of the vermicomposting process is that the worm media has been done with the previous composting process. Then BSF larvae residues added with food waste as a substrate for worms.

These study aims were to determine the degradation level of BSF larvae residue mixed with food waste and to analyze the quality of the vermicompost. The experiment was carried out in duplicate for 60 days with a combination of 10 days of pre-composting and 50 days of vermicomposting. The total number of vermicomposting reactors used was 32 beam-shaped reactors measuring 30 cm x 24 cm x 18 cm. The variations were the amount of worms and the comparison of food waste : BSF larvae residues. The addition of worms is 10 g/kg substrate, 15 g/kg substrate, and 20 g/kg substrate. The comparison between the composition of the mixed food waste : BSF larvae residues were

1:1, 1:2, 1:0, and 0:1, with a dry weight of 0.6 kg. The reactor for the control function carried out without added worms to each substrate composition. The parameters analyzed were organic carbon, total carbon, ammonium (NH_4^+), nitrate (NO_3^-), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), C/N, pH, temperature, and water content. The quality of vermicompost compared with the regulation of the Ministry of Agriculture RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011.

The results showed that the highest reduction rate occurred in the composition of food waste : BSF larvae residues 1:0 with 20 g/kg substrate worms. The reduction rate was 68.7% and vermicompost production was 75.97%. The best vermicompost quality in the composition of the food waste : BSF larvae residues 0:1, with 15 g/kg substrate worms. The results obtained were pH 7,8, temperature 27°C, moisture content 55,09%, organic C/N 16,61, total C/N 16,07.

Keywords: black soldier fly larvae residues, *eudrilus eugeniae*, food waste, vermicomposting

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih dan anugerah-Nya yang melimpah, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan laporan ini tepat pada waktunya.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul **“Proses Vermicomposting Residu Larva *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* dan Sampah Sisa Makanan Menggunakan *Eudrilus eugeniae*”** yang merupakan salah satu syarat dalam mencapai Gelar Sarjana Teknik dalam Program Studi S-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih, kepada:

1. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah banyak memberikan dukungan, bimbingan, dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc., Ibu IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D., dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji atas semua kritik dan saran perbaikan yang diberikan.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl. SE., M.Sc, selaku Dosen Wali yang telah banyak memberi nasihat dan motivasi selama di bangku perkuliahan.
4. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS yang memberikan kelancaran dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Bapak Welly Herumurti, S.T., M.Sc., selaku Koordinator Tugas Akhir, yang telah memberi kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir.
6. Bapak Hadi Sutrisno, Bapak Edy Pratikto, Bapak Moh. Ashari, Ibu Hurun In, dan Ibu Mery Maryanawati Soesilo, selaku Laboran yang telah banyak membantu selama penelitian di Laboratorium.
7. Ibu Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D., selaku Kepala

Laboratorium Teknologi Air dan Konsultasi Industri, Departemen Teknik Kimia FTI ITS yang membantu kelancaran penelitian untuk Tugas Akhir ini.

8. Bapak Dwijo Warsito, selaku Koordinator TPS 3R Jambangan yang telah memberi kesempatan untuk melaksanakan penelitian.
9. Segenap petugas dan karyawan TPS 3R Jambangan, khususnya Mbak Lia dan Mas Adi, yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan membantu pengambilan bahan baku penelitian.
10. Keluarga tercinta, Papa Ongko Soesanto, Mama Lielie Susanti, dan kedua kakak (Ongki Natalia dan Ongki Stevani). Terima kasih atas cinta dan dukungan setiap waktu, serta doa yang tiada henti untuk kesuksesan penulis.
11. Niki Fadhillah dan Rini Hartono sebagai rekan seperjuangan dalam satu Tim Pengomposan. Terima kasih atas segala bantuannya.
12. Teman-teman Teknik Lingkungan 2015, atas segala bantuan, kebersamaan, dan kekeluargaan selama penulis melaksanakan perkuliahan di ITS.
13. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan kemajuan untuk pengolahan sampah ke depannya. Salam.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Sampah Organik	5
2.2 Diagram Alir Pemanenan Larva BSF	6
2.3 Bahan Baku Pengomposan	6
2.3.1 Residu Larva BSF sebagai Bahan Baku Pengomposan	7
2.3.2 Sampah Sisa Makanan sebagai Bahan Baku Pengomposan	8
2.4 <i>Pra-composting</i>	8
2.5 Prinsip <i>Vermicomposting</i>	9
2.6 Perbandingan Standar Kualitas <i>Vermicompost</i>	12
2.7 <i>Vermicompost</i> sebagai Pupuk Organik.....	14
2.8 Karakteristik dan Peran <i>E. eugeniae</i> dalam <i>Vermicomposting</i>	15
2.9 Analisis Parameter C dan N.....	16
2.10 Pengaruh Rasio C/N dalam Pupuk Organik.....	18
2.11 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Gambaran Umum Penelitian.....	21
3.2 Kerangka Penelitian.....	21
3.3 Ide Penelitian.....	24

3.4	Studi Literatur	24
3.5	Persiapan Penelitian.....	25
3.5.1	Persiapan Alat dan Bahan	25
3.5.2	Pengumpulan Substrat	25
3.5.3	Pembuatan Reaktor.....	26
3.5.4	Penelitian Pendahuluan.....	29
3.5.5	Perhitungan Kebutuhan Cacing.....	32
3.5.6	Aklimatisasi Cacing.....	34
3.6	Pelaksanaan Penelitian	34
3.6.1	<i>Pra-composting</i>	35
3.6.2	<i>Vermicomposting</i>	36
3.6.3	Analisis Laboratorium	37
3.7	Analisis Data dan Pembahasan.....	41
3.8	Kesimpulan dan Saran.....	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Karakteristik Awal Bahan Baku Pupuk.....	43
4.2	<i>Pra-composting</i> dan <i>Vermicomposting</i>	46
4.2.1	Kadar Air.....	48
4.2.2	<i>Volatile Solid</i>	51
4.2.3	pH.....	53
4.2.4	Suhu	55
4.2.5	C-organik	57
4.2.6	C-total	59
4.2.7	Total Nitrogen	61
4.2.8	N-organik	74
4.2.9	N-total	76
4.2.10	Rasio C/N	76
4.3	Penentuan Kualitas <i>Vermicompost</i>	82
4.4	Tingkat Degradasi.....	87
4.4.1	Reduksi Substrat	87
4.4.2	Produksi <i>Vermicompost</i>	90
4.5	Kesetimbangan Massa (<i>Mass Balance</i>).....	93
4.6	Perubahan Konsentrasi Parameter dalam Proses <i>Vermicomposting</i>	95
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran	97

DAFTAR PUSTAKA	99
BIOGRAFI PENULIS	185

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pemanenan	6
Gambar 2.2 Cacing <i>E. eugeniae</i>	16
Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 Sketsa Reaktor <i>Pra-composting</i>	26
Gambar 3.3 Sketsa Reaktor <i>Vermicomposting</i> dan Aklimatisasi Cacing	26
Gambar 3.4 Susunan Material Dalam Reaktor	27
Gambar 3.5 Sketsa Rak Tampak Depan	29
Gambar 3.6 Sketsa Rak Tampak Samping Kanan	29
Gambar 4.1 Hasil Analisis Kadar Air	50
Gambar 4.2 Hasil Analisis <i>Volatile Solid</i>	52
Gambar 4.3 Hasil Analisis pH	54
Gambar 4.4 Hasil Analisis Suhu	56
Gambar 4.5 Hasil Analisis C-organik	58
Gambar 4.6 Hasil Analisis C-total	60
Gambar 4.7 Hasil Analisis Total Nitrogen	63
Gambar 4.8 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-0	64
Gambar 4.9 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-10	64
Gambar 4.10 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-20	65
Gambar 4.11 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-30	65
Gambar 4.12 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-40	66
Gambar 4.13 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-50	66
Gambar 4.14 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-60	67
Gambar 4.15 Hasil Analisis Amonium	69
Gambar 4.16 Hasil Analisis Nitrat	71
Gambar 4.17 Hasil Analisis TKN	73
Gambar 4.18 Hasil Analisis N-organik	75
Gambar 4.19 Hasil Analisis N-total	77
Gambar 4.20 Hasil Analisis C/N Organik	79
Gambar 4.21 Hasil Analisis C/N Total	80
Gambar 4.22 Perubahan Berat Kering Substrat	88
Gambar 4.23 Tingkat Reduksi Substrat (%)	89
Gambar 4.24 Produksi <i>Vermicompost</i> (%)	91
Gambar 4.25 Diagram <i>Mass Balance</i>	94

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Kadar Air.....	5
Tabel 2.2 Standar Kualitas Kompos	13
Tabel 2.3 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik.....	14
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 3.1 Reaktor Penelitian	28
Tabel 3.2 Berat Substrat dalam Reaktor	31
Tabel 3.3 Berat Cacing dalam Reaktor.....	33
Tabel 3.4 Metode Analisis	39
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Bahan Baku Pupuk	43
Tabel 4.2 Penentuan Kualitas <i>Vermicompost</i>	83

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Prosedur Analisis	107
Lampiran B Hasil Analisis	117
Lampiran C Dokumentasi	177
Formulir dan Rekaman Kegiatan Tugas Akhir	187

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah di Indonesia didominasi oleh sampah organik 60%, plastik 15%, kertas 10%, dan sampah lainnya (seperti logam, kaca, kain, dan kulit) 15%. Sampah organik atau sampah yang mudah membusuk dapat menjadi sumber penyebab penyakit dan sumber pencemar apabila tidak dikelola dengan baik. Sampah organik menghasilkan lindi yang dapat mencemari air tanah dan menghasilkan gas metan penyebab pemanasan global (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Pada umumnya, sampah organik diolah dengan teknologi pengomposan menghasilkan kompos (Gani, 2007) dan *anaerobic digestion* menghasilkan biogas (Davis *et al.*, 2014) dengan melibatkan aktivitas mikroorganisme. Pengomposan sampah dapat mengurangi 50% volume dan mengkonsumsi 50% materi organik pada sampah dalam berat kering (Zhang *et al.*, 2010). Ada inovasi teknologi pengomposan sampah organik berbasis serangga dengan memanfaatkan larva *Black Soldier Fly* (BSF). Larva BSF sebagai dekomposer limbah dan sumber protein bagi pakan ternak. Teknologi pengomposan ini telah dilakukan oleh Pemerintah Kota Surabaya bekerja sama dengan EAWAG (Institusi Riset di Bidang Pengelolaan Air) Swiss. Pengomposan dilakukan di Pasar Induk Puspa Agro dan TPS 3R Jambangan Surabaya. Jenis sampah organik yang diolah banyak didominasi oleh sampah sisa makanan (produk hewani dan nabati), sayur-sayuran, dan buah-buahan.

Di sisi lain, aktivitas perombakan bahan organik oleh larva BSF hanya dilakukan pada fase larva yaitu selama 12 hari. Setelah 12 hari, kemudian dilakukan pemanenan. Pemanenan adalah proses pemisahan larva dari kompos. Hasil proses pengolahan dengan BSF terdiri dari larva, kompos, dan residu. Kompos BSF merupakan material yang mengandung nutrisi dan unsur organik, sehingga dimanfaatkan untuk membantu meningkatkan nutrisi tanah. Residu larva BSF merupakan material organik kaya serat (*selulosa*) yang tidak terproses sempurna. Residu larva BSF berbentuk gumpalan yang tidak lolos ayakan dan tidak dapat dimanfaatkan menjadi kompos

karena belum stabil dan matang. Dalam proses pemanenan, residu akan tetap berada di atas kasa dan nantinya akan dibuang (Dortmans *et al.*, 2017). Padahal jumlah residu larva BSF yang dihasilkan cukup banyak yaitu memiliki perbandingan bobot residu : kompos adalah 1:2 (Monita *et al.*, 2017). Berdasarkan laporan data pembiakan larva BSF di Rumah Kompos Jambangan tahun 2018, tingkat reduksi sampah berkisar 50-70%. Pada bulan Desember 2018, sampah yang dikomposkan sebanyak 4.704 kg, menghasilkan kompos dan residu sebanyak 2.880 kg. Apabila jumlah perbandingan antara bobot residu : kompos adalah 1:2, maka residu yang dihasilkan sebanyak 960 kg dan kompos sebanyak 1920 kg. Jumlah residu larva BSF akan melimpah apabila tidak dilakukan pengolahan lanjut. Maka dibutuhkan teknik pengolahan untuk memproses residu supaya dapat menghasilkan kompos yang stabil dan matang.

Alternatif lain teknologi pengolahan sampah organik adalah *vermicomposting*. *Vermicomposting* berarti membuat kompos dari sampah *biodegradable* dengan bantuan cacing tanah. Jenis cacing yang digunakan dalam proses *vermicomposting* adalah *E. eugeniae* karena memiliki kecepatan konsumsi makanan serta reproduksinya lebih cepat dibandingkan spesies lainnya (Anggraeni, 2015). Kelebihan *vermicomposting* adalah pembuatan kompos hanya diperlukan separuh waktu dari pembuatan kompos konvensional. Selain itu *vermicompost* (*vermicompost*) yang dihasilkan memiliki kandungan nutrisi yang lebih baik jika dibandingkan dengan kompos konvensional (Munroe, 2003). Cacing memiliki kemampuan dalam merombak bahan organik kaya serat (*selulosa*) yang banyak terkandung di dalam sebagian jenis limbah organik hasil pertanian seperti gulma, jerami segar, serbuk gergaji, kertas, karton, daun dan batang (Sastro, 2016) yang tidak dapat dicerna oleh larva BSF. Pada prinsipnya media *vermicomposting* harus sudah mengalami proses pengomposan terlebih dahulu (Anwar, 2013). Maka residu larva BSF yang merupakan hasil pengomposan BSF dapat diterima oleh cacing. Dalam proses *vermicomposting*, perbandingan yang sesuai antara sampah dengan jumlah cacing menghasilkan hasil degradasi yang paling optimum dengan waktu yang cepat. Oleh karena itu, pada studi ini dilakukan proses *vermicomposting* residu larva BSF dan sampah sisa makanan

dengan variasi perbandingan komposisi sampah dan penambahan jumlah cacing.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat degradasi sampah pada variasi perbandingan komposisi bahan baku pengomposan dan jumlah cacing *E. eugeniae*?
2. Bagaimana kualitas *vermicompost* yang dihasilkan oleh cacing *E. eugeniae* pada variasi perbandingan komposisi bahan baku pengomposan dan jumlah cacing?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tingkat degradasi sampah pada variasi perbandingan komposisi bahan baku pengomposan dan jumlah cacing *E. eugeniae*.
2. Menganalisis kualitas *vermicompost* yang dihasilkan oleh cacing *E. eugeniae* pada variasi perbandingan komposisi bahan baku pengomposan dan jumlah cacing.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi secara ilmiah mengenai pengolahan residu larva BSF dan sampah sisa makanan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam proses *vermicomposting*.
2. Menjadi acuan dalam penelitian lebih lanjut tentang penggunaan cacing *E. eugeniae* serta komposisi bahan baku pengomposan yang optimum untuk pengomposan residu larva BSF dan sampah sisa makanan sebagai bahan baku.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup bertujuan untuk membatasi masalah yang dibahas pada penelitian ini. Ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Bahan baku pengomposan adalah residu larva BSF dan sampah sisa makanan berasal dari TPS 3R Jambangan Surabaya.
2. Komposisi sampah sisa makanan terdiri dari campuran sisa nasi, roti, teh, ikan, sayur dan buah (sawi, kol, kentang, wortel, buncis, dan kangkung).
3. Jenis cacing tanah yang digunakan adalah *E. eugeniae* yang berasal dari budidaya cacing tanah di Desa Gedangan, Mojowarno, Jombang.
4. Variabel penelitian ini adalah perbandingan komposisi bahan baku pengomposan dan jumlah penambahan cacing.
5. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium pada rentang waktu antara bulan Februari sampai April 2019. Total waktu pengomposan selama 60 hari dengan kombinasi *pra-composting* 10 hari dan *vermicomposting* 50 hari.
6. Parameter laboratorium yang diuji adalah densitas, pH, suhu, kadar air, *volatile solid*, C-organik, amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), *Total Kjeldahl Nitrogen* (TKN) dan rasio C/N. Dalam penelitian ini, rasio C/N terdiri dari C/N total dan C/N organik.
7. *Vermicompost* yang dihasilkan sebagai pupuk organik. Penentuan kualitasnya berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011.
8. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan dilaksanakan di *Workshop* Departemen Teknik Lingkungan untuk penyimpanan reaktor. Pelaksanaan analisis parameter laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air dan Laboratorium Remediasi Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Sampah Organik

Karakteristik sampah merupakan sifat kimia dan fisika yang dimiliki oleh sampah. Karakteristik tersebut sangat bervariasi, tergantung pada komponen-komponen sampah. Karakteristik fisika sampah mencakup densitas, kadar air, kadar *volatile*, kadar abu, nilai kalor dan distribusi ukuran. Karakteristik kimia sampah terdiri dari karbon (C), nitrogen (N), oksigen (O), fosfor (P), hidrogen (H) dan sulfur (S). Identifikasi karakteristik kimia dan fisika sampah dapat memberikan informasi sifat sampah untuk menentukan teknik pengolahan sampah yang diperlukan (Damanhuri dan Padmi, 2010).

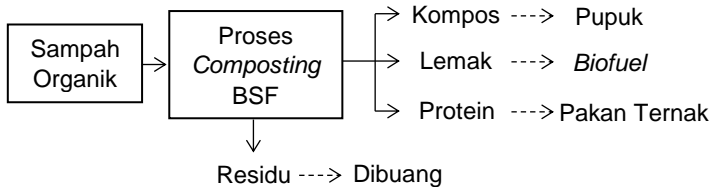
Analisis kadar air sampah didasarkan pada kadar air sampah kota dalam Tchobanoglous *et al.* (1993), dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Kadar Air

Komponen Sampah	Kadar Air (%)	
	Nilai Rentang	Nilai Tipikal
Sisa makanan	50-80	70
Sampah halaman	30-80	60
Tekstil	6-15	10
Plastik	1-4	2
Karet	1-4	2
Kulit	8-12	10
Kertas	4-10	6
Karton	4-8	5
Kayu	15-40	20
Kaca	1-4	2
Kaleng	2-4	3
Metal non besi	2-4	2
Metal besi	2-6	3
Bongkahan bangunan	6-12	8
Sampah kota keseluruhan	10-30	20

2.2 Diagram Alir Pemanenan Larva BSF

Setelah 12 hari proses perombakan bahan organik oleh BSF pada fase larva, kemudian dilakukan pemanenan. Diagram alir proses pemanenan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pemanenan

Pemanenan adalah proses pemisahan larva dari kompos dan produk BSF lainnya. Pemanenan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak bergetar secara manual maupun otomatis, sehingga larva dapat dengan mudah dipisahkan. Kompos mengandung nutrisi dan unsur organik dan dapat membantu mengurangi penipisan unsur tanah (Dortmans *et al.*, 2017). Beberapa produk samping yang dihasilkan oleh larva BSF yaitu kandungan protein dan lemak. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa larva BSF mampu menjadi sumber protein bagi makan ternak (Fahmi, 2015). Penelitian lain menyatakan bahwa kandungan lemak di dalam larva BSF dapat dimanfaatkan sebagai *biodiesel* (Yang *et al.*, 2014). Selain itu, ada residu dari proses *composting* BSF yang berupa gumpalan. Dalam proses pemanenan, residu ini tetap berada di atas kasa dan belum dapat dimanfaatkan. Residu larva BSF merupakan material organik kaya serat (*selulosa*) yang tidak dapat dicerna oleh larva karena pengolahan yang singkat selama 12 hari, menyebabkan aktivitas mikroba pada residu masih sangat tinggi, sehingga dapat mengurangi kandungan oksigen dan nitrogen dalam tanah. Penggunaan residu secara langsung akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil atau kematian pada tanaman (Dortmans *et al.*, 2017).

2.3 Bahan Baku Pengomposan

Bahan baku untuk *vermicomposting* harus memenuhi

syarat agar proses berlangsung secara optimal. Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), persyaratan penting untuk bahan baku sebagai berikut:

- a. Ukuran partikel antara 25 mm sampai 75 mm (1 inch – 3 inch)
- b. Rasio C/N antara 25-50 agar optimum. Jika lebih rendah, amonia akan terlepas dan aktivitas biologis terhambat. Jika terlalu tinggi, nitrogen akan kehilangan nutrien.
- c. Kadar air 50-60% selama proses pengomposan.
- d. Suhu harus terjaga pada 25-30°C.
- e. pH antara 6,0-8,0 untuk meminimalisasi kehilangan nitrogen dalam bentuk amonia. pH tidak boleh melebihi 8,5.
- f. Pecampuran dan penambahan mikroorganisme (blending and seeding) bahan kompos setengah matang 1-5% dari berat sampah agar mempercepat proses.
- g. Material kompos harus diaduk secara rutin atau setiap kali dibutuhkan untuk menghindari kekeringan atau penggumpalan.

Pada penelitian ini, bahan baku pengomposan adalah sampah sisa makanan dan residu larva BSF. Pemanfaatan sampah sisa makanan dan residu larva BSF sebagai bahan baku pengomposan berdasarkan:

2.3.1 Residu Larva BSF sebagai Bahan Baku Pengomposan

Hasil penelitian Monita *et al.* (2017) menunjukkan bahwa residu larva BSF dari hasil dekomposisi sampah restoran mengandung 3% nitrogen (N), 0,82 fosfor (P), 1,04 kalium (K), kadar air 59,02%. Dari data tersebut, residu larva memiliki kandungan unsur N, P, dan K yang dapat menjadi nutrisi yang baik untuk meningkatkan kualitas substrat sehingga dapat diterima oleh cacing, kadar air dalam residu larva BSF sedang artinya residu memiliki sifat *porous* yang mudah menyerap dan menyimpan air. Menurut Dortmans *et al.* (2017), teknik pengolahan residu larva BSF dapat dilakukan dengan memasukkan residu ke dalam proses *vermicomposting* dalam residu larva BSF karena aktivitas mikroba pada residu masih

sangat tinggi, sehingga dapat meningkatkan koloni mikroba di bahan baku antara lain bakteri, jamur dan *protozoa*. Menurut Anwar (2013), media cacing harus terdiri atas bahan organik yang sudah mengalami pelapukan atau sudah dikomposkan dan tidak mengeluarkan gas (amonia) yang tidak diinginkan cacing. Maka cacing akan bertindak sebagai dekomposer tahap kedua. Oleh karena itu, residu larva BSF hasil dekomposisi tahap pertama oleh larva BSF dapat dimanfaatkan ke dalam proses *vermicomposting* sebagai bahan baku pengomposan.

2.3.2 Sampah Sisa Makanan sebagai Bahan Baku Pengomposan

Sampah sisa makanan merupakan bahan organik *biodegradable* yang jumlahnya banyak ditemukan pada komposisi sampah organik. Sampah sisa makanan sangat mudah membusuk sehingga berpotensi menjadi sumber penyakit dan sumber pencemar apabila tidak dikelola dengan baik. Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), kadar air dalam sampah sisa makanan adalah 70%. Kadar air yang tinggi akan berpotensi menghasilkan lindi yang dapat mencemari air tanah dan menghasilkan gas metan yang menjadi penyebab pemanasan global (Damanhuri dan Padmi, 2010). Salah satu upaya untuk mengolah sampah sisa makanan menjadi pupuk organik yaitu melalui pembuatan kompos. Sampah sisa makanan digunakan sebagai bahan baku untuk media pertumbuhan sekaligus sebagai substrat cacing tanah yang kemudian akan diperoleh feses cacing tanah (*vermicompost*).

2.4 *Pra-composting*

Durasi *pra-composting* sebaiknya tidak melebihi 30 hari karena dapat mengakibatkan hilangnya nutrien bersamaan dengan amonia (Frederickson *et al.*, 2007). Menurut Kulkarni (2017), durasi *pra-composting* yang efektif adalah 7 hari karena hampir 95% koliform tinja dan *E. coli* dapat disisihkan. *Pra-composting* dilakukan untuk menstabilkan suhu, mengurangi keasaman dan kadar air sampah organik yang terlalu tinggi. *Pra-composting* dilakukan untuk mendapatkan kadar air hingga 60%-70% (Aulinas, 2008). Penurunan ini akibat adanya aktivitas mikroorganisme. Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), mikro-

organisme akan mengalami 4 fase pertumbuhan yaitu fase *lag*, fase *log* (aktif), fase *stasioner* dan fase kematian. Fase *lag* merupakan fase adaptasi. Fase *log* adalah fase dimana mikroorganisme membutuhkan banyak energi untuk metabolisme. Fase *stasioner* adalah fase dimana jumlah sel sama. Fase kematian adalah fase dimana mikroorganisme mengalami kematian karena nutrisi dalam media sudah habis.

2.5 Prinsip Vermicomposting

Pengomposan dengan metode *vermicomposting* lebih cepat 2 kali lipat dibandingkan pengomposan secara konvensional selama 4-6 bulan karena penguraian material organik menghasilkan *vermicompost* yang mengandung beberapa enzim yang membantu penguraian material organik menjadi lebih cepat (Ganesh, 2009). *Vermicompost* atau *vermicompost* merupakan material yang diperoleh dari hasil perombakan bahan-bahan organik yang dilakukan oleh cacing tanah. Campuran antara kotoran cacing tanah (*vermicompost*) dengan sisa media atau pakan dapat dimanfaatkan untuk budidaya cacing tanah. Peran cacing tanah dalam proses *vermicomposting* adalah melalui aktivitas secara fisik dan biokimia. Aktivitas secara fisik yaitu membuat lubang sehingga memudahkan oksigen masuk ke dalam substrat dan mencampur substrat yang ada. Sementara aktivitas secara biokimia dilakukan oleh dekomposer yang ada di dalam saluran pencernaan cacing tanah (Kaviraj dan Sharma, 2003).

Prinsip pengomposan adalah menurunkan nilai rasio C/N bahan organik menjadi sama dengan rasio C/N tanah. Rasio C/N akan memiliki nilai yang lebih rendah setelah *vermicomposting*. Rasio C/N mengindikasikan tingkat dekomposisi. C-organik hilang sebagai CO₂ dan unsur N meningkat sebagai hasil hilangnya karbon (Suthar, 2009). *Vermicompost* yang berkualitas baik ditandai dengan warna hitam kecoklatan hingga hitam, tidak berbau, bertekstur remah dan matang dengan kelembaban sekitar 40%-60%. *Vermicompost* juga mengandung banyak mikroba. Jumlah mikroba yang banyak dan aktivitasnya yang tinggi bisa mempercepat mineralisasi atau pelepasan unsur-unsur hara dari kotoran cacing (Loh, 2005).

Vermicomposting akan berlangsung baik apabila

memenuhi syarat kondisi lingkungan yang teduh dan tempatnya tidak terkena air pada waktu hujan. Daerah dengan curah hujan tinggi, pengomposan harus dilindungi dari hujan, misalnya diberi terpal atau tutup plastik. Bila terlalu basah, pori-pori timbunan akan berisi air, dan oksigen berkurang sehingga proses menjadi anaerob. Sedangkan panas yang terbentuk menyebabkan air menguap sehingga tumpukan kompos menjadi kering. Pengadukan diperlukan sekaligus penambahan air setiap 4-5 hari sekali (Damanhuri dan Padmi, 2010).

Menurut Anwar (2013), faktor-faktor penting yang mempengaruhi proses *vermicomposting* adalah:

1. Sumber makanan

Sumber makanan yang digunakan adalah bahan organik. Sumber makanan berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan dan kemampuan reproduksi cacing tanah. Cacing tanah tidak mempunyai gigi untuk proses pencernaannya, oleh karena itu semua pakan yang diberikan sebaiknya lunak atau mengandung air. Media cacing harus terdiri atas bahan organik yang sudah mengalami pembusukan atau sudah dikomposkan. Bahan organik yang masih segar akan mengeluarkan gas (amonias) yang tidak baik untuk proses *vermicomposting*.

2. *Bedding*

Bedding adalah lapisan bahan organik di atas permukaan substrat dapat menjadi tempat berlindung bagi cacing tanah dari suhu tinggi. Kriteria *Bedding* yang baik yaitu memiliki daya serap tinggi terhadap air, sehingga dapat menjaga kelembaban, mampu menjaga sirkulasi oksigen, memiliki kandungan protein rendah dan rasio C/N yang tinggi. Bahan *bedding* harus memiliki kandungan *selulosa* yang tinggi untuk pengaturan aerasi di dalam reaktor sehingga cacing mendapatkan sirkulasi udara yang baik. Contoh *bedding* adalah sampah sayuran karena memiliki karakteristik seperti kemampuan menyerap air dan sirkulasi udara. Percobaan dapat dilakukan untuk menentukan *bedding* yang cocok bagi cacing yaitu dengan uji aklimatisasi, yaitu menempatkan beberapa

cacing ke dalam media selama minimal 48 jam. Jika setelah 48 jam cacing tanah tidak meninggalkan media, berarti media yang berisi *bedding* telah layak sebagai tempat pemeliharaan cacing tanah.

3. pH

Cacing tanah bisa bertahan hidup pada pH antara 5-9, tetapi optimalnya 7,5-8. Secara umum, pH *bedding* cacing cenderung menurun dari waktu ke waktu karena fermentasi sampah organik di bawahnya. Pada lingkungan yang terlalu basa akan menyebabkan cacing meninggalkan media, sedangkan pada lingkungan yang terlalu asam, akan terjadi kerusakan pada jaringan tubuh cacing sehingga proses degradasi akan berlangsung lebih lambat dan akhirnya cacing mengalami kematian. Pada kondisi asam akan menyebabkan munculnya hama seperti tungau. Turunnya pH selama proses *vermicomposting* terjadi karena degradasi rantai pendek asam lemak dan *amonifikasi* unsur N. Namun cacing tanah memiliki kemampuan untuk *sekresi* kapur dalam bentuk kalsium karbonat atau dolomit yang dapat meningkatkan nilai pH.

4. Suhu Lingkungan

Suhu lingkungan yang ideal untuk aktivitas pertumbuhan dan saat penetasan *kokon* (telur cacing) menjadi *juvenile* (cacing muda) berkisar 15°C-30°C. Pada suhu lebih tinggi dari 40°C, aktivitas bakteri mesofilik akan terhenti dan diganti dengan jamur *termofilik*. Selanjutnya suhu akan turun menjadi normal kembali seperti pada saat pertama pengomposan yaitu 25-35°C. Suhu lingkungan sangat berpengaruh pada aktivitas metabolisme, pertumbuhan, respirasi, dan produksi cacing.

5. Aerasi

Faktor-faktor seperti zat berlemak atau berminyak dalam bahan baku, kelembaban yang berlebihan, aerasi yang buruk dapat membuat kondisi anaerobik di dalam proses *vermicomposting*. Cacing akan mati karena kekurangan oksigen dan adanya zat-

zat beracun (misalnya amonia) diproduksi di bawah kondisi seperti itu. Maka diperlukan proses *pre-composting* terlebih dahulu untuk memecah minyak dan lemak pada sampah sisa makanan.

6. Kelembaban

Cacing membutuhkan kelembaban dalam rentang 50%-70%. Pemberian pakan harus diperhatikan, sebaiknya tidak terlalu basah karena dapat menciptakan kondisi anaerob dan dapat menyebabkan cacing tanah mati. Selain itu, penyusutan bahan organik akan berlangsung secara cepat, sehingga kompos yang dihasilkan sedikit. Namun, jika kelembaban rendah menyebabkan cacing tanah menghindari dan mencari media yang lebih lembab. Kelembaban yang rendah dapat menurunkan laju konsumsi dan pertumbuhan. Media harus dihindarkan dari sinar matahari langsung atau tiupan angin kencang untuk mencegah penurunan kelembaban secara drastis. Perbedaan tingkat kelembaban menyebabkan metabolisme cacing tanah menghasilkan energi berbeda sehingga mempengaruhi laju konsumsinya. Makanan dan *bedding* perlu disemprot dengan air untuk mempertahankan kelembaban hingga kelembaban mencapai 50%-70%.

7. Ukuran Partikel

Ukuran partikel sebaiknya sekitar 1-2 mm. Ukuran partikel akan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan cacing tanah. Ukuran yang lebih kecil, maka luas permukaan semakin luas sehingga akan mudah dicerna dan diasimilasi.

2.6 Perbandingan Standar Kualitas *Vermicompost*

Standar yang berlaku di Indonesia tentang kualitas *vermicompost*. Standar kualitas kompos diatur dalam SNI 19-7030-2004 dan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011 untuk kriteria minimal pupuk organik. Standar kualitas kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004, tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Kualitas Kompos

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1.	Kadar air	%	-	50
2.	Temperatur	°C		Suhu air tanah
3.	Warna			Kehitaman
4.	Bau			Berbau tanah
5.	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6.	Kemampuan ikat air	%	58	-
7.	pH		6,8	7,49
8.	Bahan asing	%	-	1,5
Unsur makro				
9.	Bahan organik	%	27	58
10.	Nitrogen	%	0,4	-
11.	Karbon	%	9,8	32
12.	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0,1	-
13.	Rasio C/N		10	20
14.	Kalium (K ₂ O)	%	0,2	-
15.	<i>E. coli</i>	MPN/g		1000

Dalam SNI 19-7030-2004 kematangan kompos ditandai dengan warna hitam kecoklatan hingga hitam, tidak berbau, bertekstur remah dan matang (C/N<20), suhu 25°C-30°C, kelembaban 60%-70%, dan pH 7-8. Ketika kompos dengan kandungan karbon lebih tinggi dengan rasio C/N melebihi 40:1 padahal rasio idealnya C/N 20:1, maka perlu adanya penambahan nitrogen untuk memastikan proses dekomposisi efektif, namun nitrogen yang ditambahkan sebesar 0,1 kg untuk 20 kg material kompos, karena jika kelebihan akan menyebabkan kompos menjadi panas sehingga cacing akan meninggalkan media (Anwar, 2013).

Standar kualitas pupuk organik berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan Teknis Minimal Mutu Pupuk Organik

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1.	C - organik	%	15	
2.	C/N rasio		10	25
3.	Bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil)	%		2
4.	Kadar Air	%	10	25
5.	Logam Berat:			
	As	ppm		10
	Hg	ppm		1
	Pb	ppm		50
	Cd	ppm		2
6.	pH		4	9
7.	Hara makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	0,4	
8.	Hara mikro			
	Fe total	ppm		9000
	Fe tersedia	ppm		500
	Mn	ppm		5000
	Zn	ppm		5000
9.	Mikroba Kontaminan			
	E. Coli	MPN/g		100
	Salmonella	MPN/g		100

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011, rasio C/N yaitu 15-25. Namun berdasarkan SNI 19-7030-2004, rasio C/N dalam standar kualitas kompos yaitu 10-20. Dari sisi pertanian, rasio C/N untuk pupuk organik memiliki rentang batas maksimum 25. Hal ini dikarenakan C/N pupuk organik dipertahankan tinggi, kadar N rendah sehingga tidak mudah hilang sebagai amonia.

2.7 Vermicompost sebagai Pupuk Organik

Proses pengomposan residu larva BSF dan sampah sisa

makanan dengan menggunakan cacing *E. eugeniae* akan menghasilkan kotoran cacing (*vermicompost*). Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), hasil dekomposisi bahan organik yang dihasilkan dari kotoran hewan disebut sebagai pupuk organik. Penggunaan cacing sebagai dekomposer bahan organik selain dimaksudkan untuk mempercepat proses dekomposisi juga untuk melakukan desinfeksi bahan kompos sehingga pupuk organik yang dihasilkan bebas dari mikroorganisme patogen, ektoparasit, biji gulma, dan tidak berbau busuk (Taniwiryono, 2018). Bahan-bahan organik berupa residu larva BSF dan sampah sisa makanan didekomposisikan sehingga melewati proses desinfeksi dengan bantuan mikroorganisme *probiotik*, yang akhirnya menjadi pupuk organik yang bermutu baik. Oleh sebab itu, parameter mikrobiologis pada *E. coli* pupuk organik jauh lebih sedikit dari pada kompos. Kadar maksimum *E. coli* pupuk organik yang diperbolehkan yaitu 100 MPN/g, sedangkan pada kompos 1000 MPN/g (dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan 2.3)

2.8 Karakteristik dan Peran *E. eugeniae* dalam *Vermicomposting*

Cacing *E. eugeniae* atau sering dikenal *African Night Crawler* (ANC) memiliki warna campuran abu-abu dan ungu. Cacing ini dapat mencapai ukuran hingga 15–25 cm dengan berat 1-1,5 g, ketika dewasa tubuhnya akan berbentuk pipih seperti pensil. Cacing *E. eugeniae* memiliki kadar air 80,16% (Rahmawati, 2015) dan selama *vermicomposting*, kadar air yang baik untuk cacing adalah 60% (Wahyono, 2001).

Cacing tanah merupakan hewan fototaksis negatif, yaitu tidak bisa terkena cahaya matahari secara langsung. Cacing tanah bernapas melalui permukaan tubuhnya. Cacing tanah juga merupakan hewan nokturnal, yaitu hewan yang aktif pada malam hari untuk mencari makan. Makanan *E. eugeniae* adalah sampah buah yang tidak asam (apel, pisang, anggur, labu), sisa sayuran (wortel, selada, kacang, kentang, sayur berdaun), cangkang telur yang telah dihancurkan, sampah kebun, karbohidrat (pasta, nasi, kentang, biji-bijian) dan pupuk kandang. Dibandingkan dengan cacing tanah lainnya, cacing *E. eugeniae* secara khusus diperuntukkan untuk *vermicomposting* karena cacing *E. eugeniae* dapat memproduksi kotoran (*vermicompost*) dalam jumlah besar.

Cacing *E. eugeniae* diperkirakan mampu memakan zat organik sejumlah 1,5 kali berat tubuhnya setiap hari.

Cacing *E. eugeniae* hidup berkoloni dan berdekatan. Hal ini menyebabkan reproduksinya tinggi. Pada kondisi ideal, cacing *E. eugeniae* mencapai kematangan reproduksi dalam 5 minggu. Cacing *E. eugeniae* memproduksi rata-rata 3,5 g telur cacing dalam seminggu (Anandharaj, 2014). Cacing *E. eugeniae* memiliki cara reproduksi secara *amfimiktik* (perkawinan silang), tumbuh dalam waktu 40 sampai 49 hari, inkubasi telur selama 12-16 hari, daur hidup 75-84 hari, produksi telur per hari 0,42-0,51, kelembaban optimum 80%, dan suhu optimum 32°C (Lowe *et al.*, 2014). Cacing *E. eugeniae* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Cacing *E. eugeniae*

Sumber: Budidaya Cacing Tanah di Mojowarno, Jombang

Ada keterkaitan antara peran cacing dan mikroba dalam proses biokimia pengomposan yaitu cacing memakan daun dan sampah organik sedangkan mikroba akan menguraikan material sisanya. Cacing juga berperan menurunkan rasio C/N bahan organik, dengan menghasilkan nitrogen berupa kotoran (Anwar, 2013). Fase hidup cacing dimulai dari *kokon* atau telur cacing (10-21 hari), cacing muda atau *juvenile* (1-2,5 bulan), cacing produktif (2,5-4 bulan) dan cacing tua (4-8 bulan). Pada fase cacing produktif adalah fase cacing sebagai dekomposer yang efektif (Rahmatullah, 2013). Maka umur cacing yang digunakan dalam penelitian ini akan disamakan dalam kisaran 2,5-4 bulan.

2.9 Analisis Parameter C dan N

Unsur karbon (C) merupakan sumber energi bagi mikroorganisme. Dalam penelitian ini, analisis C secara

gravimetri. Unsur C dalam sampah berhubungan dengan kandungan *volatile solid* sampah. *Volatile solid* menunjukkan kandungan material organik yang dapat didekomposisi pada proses pengomposan. Material organik yang hilang pada saat dibakar tersebut disusun oleh C-organik (Kusuma, 2012). Kadar C-organik dapat dihitung dengan rumus: C-organik (%) = VS x 0,58. Perumusan ini dikeluarkan oleh APHA (2005), yang menyatakan bahwa 0,58 merupakan banyaknya C-organik dalam *volatile solid* yang menguap selama pembakaran 550°C. C-organik disetarakan dengan larutan standar potassium hydrogen phthalate (C₈H₅KO₄) yang digunakan dalam pengujian Total Organik Carbon (TOC) yang dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O. Penelitian Van Bemmelen *et al.* dalam Nelson dan Sommers (1996), menyatakan bahwa penentuan kadar bahan organik dari kadar C-organik yang paling umum dilakukan ialah dengan mengalikan nilai C-organik dengan faktor konversi 0,58. Faktor konversi ini didasarkan atas bahan organik mengandung 58% C. Beberapa penelitian lainnya yang dilakukan oleh Malakahmad (2011), Prajayana (2011), dan Rahmawati (2015), hasilnya juga mendukung pernyataan di atas bahwa material organik yang hilang (*volatile solid*) mengandung 0,58 kali C-organik.

Selain bahan organik yang dapat menguap pada suhu 550°C, terdapat residu dari sampah berupa abu yang tidak dapat terbakar pada suhu tersebut. Analisis abu sama dengan analisis C-total. Dalam analisisnya, abu harus benar-benar terbebas dari *fixed carbon* yang dapat hilang dengan pemanasan >750°C (Warmadewanthi, 1998).

Unsur nitrogen (N) digunakan untuk membangun sel-sel tubuh (sintesis protein) mikroorganisme. Selama proses pengomposan, kadar N akan meningkat. Hal ini karena mikroorganisme menggunakan C sebagai sumber energi dengan menghasilkan CO₂, yang kemudian menurunkan kadar C dan peningkatan kadar N menghasilkan amonia dan nitrogen. Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman. Nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar. Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk NO₃⁻ (nitrat) dan NH₄⁺ (amonium) (Purnomo *et al.*, 2017).

Namun, jumlah nitrogen dalam bentuk amonium sebaiknya tidak lebih dari 25% dari total konsentrasi nitrogen karena dapat memperlambat pertumbuhan tanaman. Amonium memiliki sifat yang dapat mengikat karbohidrat.

Metode yang paling umum digunakan dalam penentuan kadar N adalah metode kjeldahl. Metode ini untuk menentukan kadar nitrogen yang berasal dari bahan organik dan nitrogen dalam amonia. Tahap destruksi merupakan tahap dekomposisi nitrogen dalam sampel menggunakan asam pekat menjadi amonium dan nitrogen organik. Tahap ini kemudian disempurnakan dengan mendidihkan sampel pada asam sulfat pekat. Bahan-bahan yang membantu perubahan N menjadi NH_4 adalah K_2SO_4 , NaSO_4 , dan H_2SO_4 . Kemudian tahap destilasi merupakan tahapan penambahan basa berlebih ke dalam larutan untuk mengubah NH_4^+ menjadi NH_3 dengan proses pemanasan dan kondensasi gas NH_3 . Amonium diukur dari jumlah amonia yang dibebaskan dan ditampung dengan larutan asam borat sebagai absorban. (Thom dan Utomo, 1991).

2.10 Pengaruh Rasio C/N dalam Pupuk Organik

Baku mutu parameter rasio C/N dalam Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011 adalah 15-25. Rasio C/N yang kurang dari baku mutu berarti jumlah nitrogen berlebih. Kelebihan nitrogen akan menghasilkan daun yang lebat dan warna hijau gelap. Tanaman dengan kondisi seperti ini akan sangat rentan terkena serangan hama, penyakit dan menghambat pembentukan bunga dan buah serta dapat menurunkan kualitas buah. Sementara itu, Rasio C/N yang terlalu tinggi melebihi baku mutu berarti pupuk belum terurai sempurna atau belum matang. Rasio C/N yang terlalu tinggi memiliki kadar nitrogen yang rendah. Kondisi ini menyebabkan mikroorganisme tanah dan tanaman akan berkompetisi memanfaatkan nitrogen. Hasil kompetisi ini tanaman selalu kalah (Salundik, 2006). Apabila tanaman kekurangan unsur hara nitrogen, menyebabkan daun hijau berwarna kuning, pertumbuhan menjadi kerdil dan kurus serta pembentukan buah menjadi tidak sempurna (Purnomo *et al.*, 2017). Rasio C/N akan mempengaruhi ketersediaan unsur

hara, apabila rasio C/N tinggi maka kandungan unsur hara sedikit tersedia untuk tanaman, sedangkan jika rasio C/N rendah maka ketersediaan unsur hara tinggi dan tanaman dapat memenuhi kebutuhan hidupnya (Surtinah, 2013).

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai *vermicomposting* menggunakan cacing tanah jenis dan *E. eugeniae* telah dilakukan. Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan dan pembelajaran dalam penelitian selanjutnya. Adapun penelitian tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

Rujukan	Hasil Penelitian
Anandhraraj (2014)	Cacing <i>E. eugeniae</i> dapat digunakan untuk pengomposan sampah organik jenis sampah dapur dan serabut kelapa selama 75 hari. Hasil yang diperoleh yaitu suhu 28°C, TKN: 0,11%-0,54%, C: 0,3%-0,4%, pH: 7,0-8,0, kelembaban: 42%. Namun tidak dijelaskan rasio material organik dan jumlah cacing yang digunakan.
Anggraeni (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Total <i>vermicompost</i> yang dihasilkan cacing <i>E. eugeniae</i> lebih banyak daripada cacing <i>E. foetida</i> pada variasi jumlah cacing. Total <i>vermicompost</i> yang dihasilkan cacing <i>E. eugeniae</i> 10 g yaitu sebanyak 190,05 g. Total <i>vermicompost</i> yang dihasilkan cacing <i>E. foetida</i> 10 g sebanyak 188,45 g. 2. Jenis cacing <i>E. eugeniae</i> lebih baik dalam mendegradasi sampah daripada jenis cacing <i>E. foetida</i>. Hal ini ditunjukkan dengan rasio C/N 11,77%; pH 6,65; P 2,76% dan K 0,18%.
Khoirunnisa (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tingkat degradasi sampah kebun dan sampah sayur oleh cacing <i>E. eugeniae</i> adalah 46,51% - 49,98% dan oleh cacing <i>L. rubellus</i> adalah 43,93%-47,92%. 2. Penambahan cacing yang terbaik dalam mendegradasi sampah organik dengan berat kering total 600 g adalah 15 g cacing/ 1 kg substrat.

Rujukan	Hasil Penelitian
Isnainni (2019)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kombinasi proses <i>pra-composting</i> 10 hari dan <i>vermicomposting</i> 50 hari lebih baik daripada durasi <i>pra-composting</i> 20 hari dan 30 hari. Hal ini dikarenakan memberikan pengaruh lebih baik terhadap parameter amonium, C-organik, <i>volatile solid</i>, dan N-organik. 2. Kualitas <i>vermicompost</i> yang dihasilkan cacing <i>E. eugeniae</i> lebih baik daripada <i>L. rubellus</i>. Cacing <i>E. eugeniae</i> dapat mereduksi C-organik dan <i>volatile solid</i> sebesar 1,08 dan 1,15 kali lipat dari jenis cacing <i>L. rubellus</i>.
Paramatayya (2019)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cacing <i>E. eugeniae</i> dapat mereduksi berat kering kompos sebesar 32,63%-51,97% lebih besar daripada <i>L. rubellus</i> yaitu 33,37-46,50%. Pengomposan dilakukan pada sampah kebun dan lumpur biologis. 2. Analisis statistik menunjukkan adanya pengaruh durasi <i>pra-composting</i> terhadap parameter produksi kompos, C-organik, nitrat, dan <i>volatile solid</i>. Kombinasi proses <i>pra-composting</i> 10 hari dan <i>vermicomposting</i> 50 hari lebih baik daripada durasi <i>pra-composting</i> 20 hari dan 30 hari. 3. Cacing <i>E. eugeniae</i> dapat mereduksi C-organik 6,2%, <i>volatile solid</i> 10,8% yang lebih tinggi jika dibandingkan cacing <i>L. rubellus</i>.

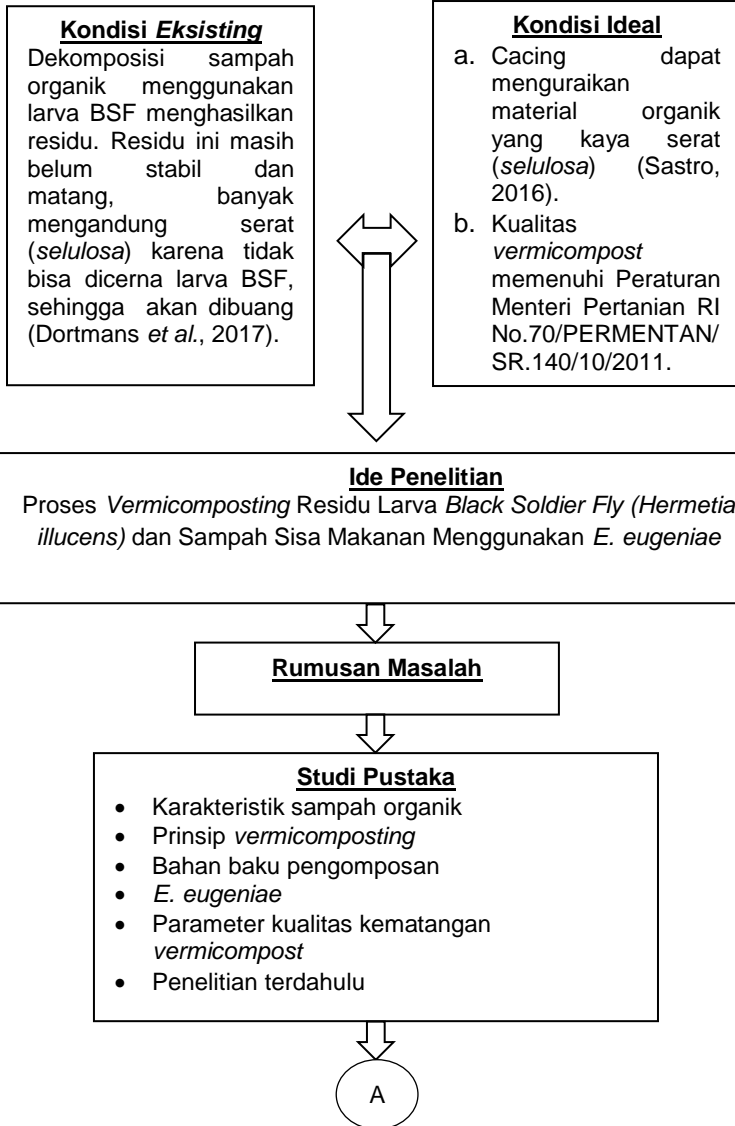
BAB 3 METODE PENELITIAN

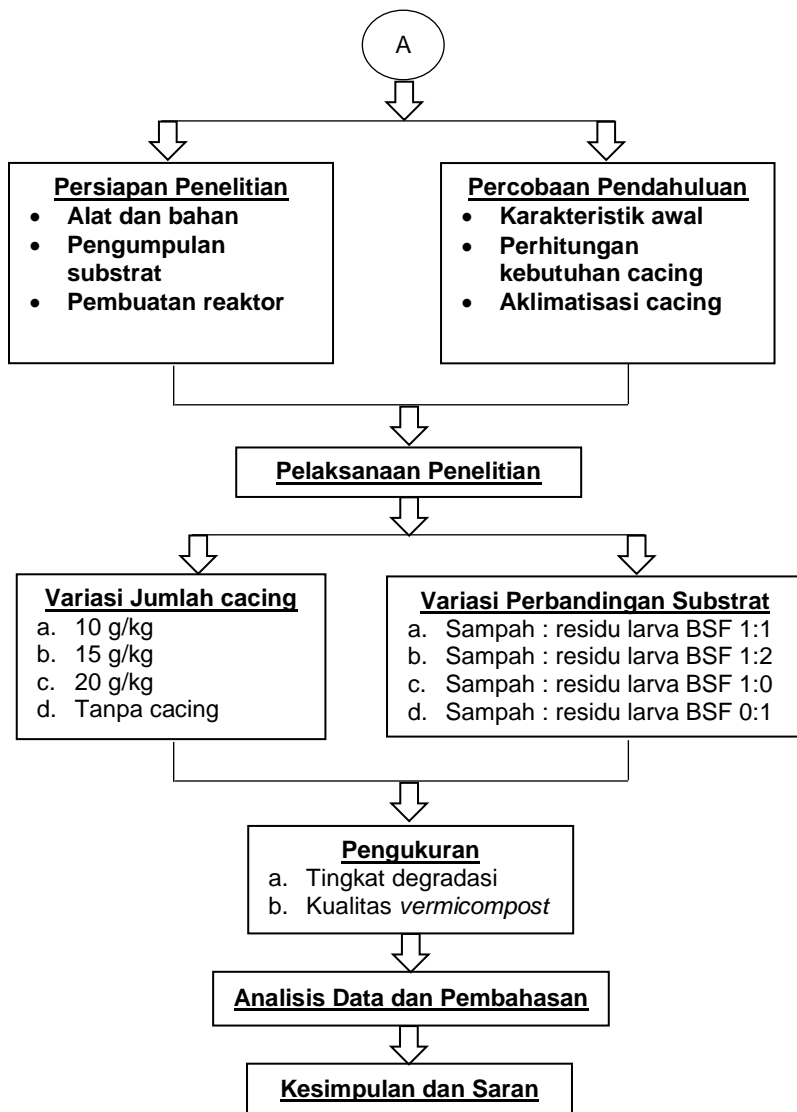
3.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium, bertempat di *Workshop* Penelitian, Laboratorium Teknologi Pengolahan Air, dan Laboratorium Remediasi Lingkungan Departemen Teknik Lingkungan ITS. Pelaksanaan penelitian dalam kurun waktu 2 bulan. Menurut penelitian yang dilakukan Paramatayya (2019), durasi *pra-composting* dan aklimatisasi cacing yaitu selama 10 hari. Kemudian *vermicomposting* dilakukan selama 50 hari. Hal ini dikarenakan lebih dari 60 hari, cacing dianggap sudah tidak efektif sebagai dekomposer (Aira *et al.*, 2016). Hasil akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menentukan persen reduksi sampah dan kualitas *vermicompost* dari pemanfaatan residu larva BSF dan sampah sisa makanan sebagai bahan baku pengomposan menggunakan cacing *E. eugeniae*. Persen reduksi yang diperoleh kemudian digunakan untuk melihat potensi pemanfaatan residu larva BSF sebagai bahan baku *vermicomposting* dalam upaya reduksi sampah.

3.2 Kerangka Penelitian

Penyusunan kerangka penelitian digunakan sebagai acuan atau pedoman dalam melakukan penelitian sehingga kesalahan dapat dicegah atau diminimalisasi. Kerangka penelitian merupakan selisih antara kondisi *eksisting* dengan kondisi ideal sehingga tahap pertama dapat dirumuskan masalah yang dikaji. Kemudian perumusan ide penelitian dan tujuan penelitian, studi literatur, persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, analisis data dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian

Kerangka penelitian mengkaji metode yang digunakan selama penelitian yang berisi tahapan penelitian. Tahap penelitian ini sebagai berikut:

3.3 Ide Penelitian

Ide penelitian ini didasarkan pada kondisi saat ini belum adanya pengolahan residu larva BSF hasil *composting* dengan menggunakan larva BSF di TPS 3R Jambangan. Keadaan ini membuat residu larva BSF akan dibuang. Padahal jumlah residu yang dihasilkan cukup banyak, memiliki perbandingan bobot residu : kompos adalah 1:2 pada pengomposan 300 kg sampah organik restoran dengan tingkat reduksi 89% (Monita *et al.*, 2017). Pada studi ini, dilakukan penelitian tentang pemanfaatan residu larva *Black Soldier Fly (BSF)*. Pemanfaatan residu larva BSF sebagai bahan baku pengomposan dalam proses *vermicomposting*. Proses *vermicomposting* dipilih karena cacing memiliki kemampuan dalam merombak bahan organik yang tidak bisa dicerna oleh larva BSF (Ganesh, 2009). Proses *vermicomposting* menggunakan cacing *E. eugeniae*. Cacing *E. eugeniae* dipilih berdasarkan penelitian terdahulu dan kajian pustaka bahwa cacing ini mampu bertahan hidup dan aktif makan serta cepat dalam reproduksinya. Maka penelitian ini diharapkan sebagai salah satu upaya reduksi sampah organik *biodegradable* dan penerapan konsep *zero waste to nature*.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan berasal dari jurnal ilmiah, buku teks, laporan tugas akhir yang dilakukan guna mengumpulkan informasi dan data yang mendukung penelitian *vermicomposting* residu larva BSF dan sampah sisa makanan sebagai bahan baku pengomposan untuk mereduksi sampah organik *biodegradable*. Studi literatur ini memuat informasi mengenai karakteristik sampah organik *biodegradable*, diagram alir proses pemanenan larva BSF, bahan baku pengomposan, prinsip *vermicomposting*, karakteristik dan peran cacing *E. eugeniae* dalam *vermicomposting*, parameter kualitas kematangan *vermicompost*, dan penelitian terdahulu.

3.5 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan mulai dari 21 Januari hingga 10 Februari 2019. Persiapan yang dilakukan yaitu perizinan, mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan selama penelitian, membuat reaktor penelitian, pengumpulan sampah dan residu larva BSF, menghitung kebutuhan cacing dan aklimatisasi cacing.

3.5.1 Persiapan Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH meter, termometer, oven, desikator, furnace, *glassware*, cawan porselen, spektrofotometer, mortar, palu, kompor listrik, labu destilasi, neraca analitik, dan timbangan. Bahan yang diperlukan yaitu residu larva BSF setelah panen hari ke 12 sebanyak 20,104 kg, sampah sisa makanan sebanyak 32,184 kg, cacing *E. eugeniae* umur dua bulan sebanyak \pm 520 g, kertas saring untuk menentukan berat kering sampah dan untuk mengeringkan cacing sebelum ditimbang beratnya, beberapa reagen yang diperlukan untuk analisis TKN, amonium, dan nitrat, larutan H_2SO_4 pekat 95-97%, larutan garam signet, brucin asetat, larutan nessler, campuran $CuSO_4$ dan K_2SO_4 sebagai katalis, NaOH 40%, H_3BO_3 1%, dan aquades.

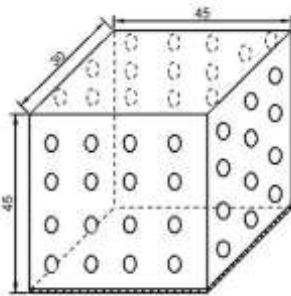
3.5.2 Pengumpulan Substrat

Substrat yang digunakan terdiri dari sampah organik yaitu sampah sisa makanan dan residu larva BSF. Perbandingan sampah sisa makanan dan residu larva BSF adalah 1:1, 1:2, 0:1, dan 1:0. Pengumpulan sampah makanan yang masih segar berumur 1-2 hari setelah dibuang, langsung dilakukan di TPS 3R Jambangan. Sampah sisa makanan yang digunakan adalah campuran sisa nasi, roti, teh, ikan, sayur dan buah (sawi, kol, kentang, wortel, buncis, dan kangkung). Jumlah nasi, campuran sayur, dan buah yang banyak mendominasi komposisi sampah tersebut. Sebelum dikomposkan, sampah dipilah kemudian haluskan dengan mesin penggiling di TPS 3R Jambangan seperti pada Lampiran C, Gambar C.1.2. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pengomposan oleh cacing. Ukuran diseragamkan \pm 1-2 mm karena cacing tidak bisa memakan bahan organik dalam ukuran yang besar (Wahyono, 2001). Pengambilan residu larva BSF dan sampah sisa makanan

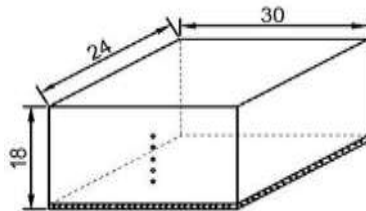
dilakukan langsung di TPS 3R Jambangan. Residu larva BSF dari hasil dekomposisi sampah organik setelah 12 hari pada proses pemanenan larva BSF. Proses pemanenan larva BSF dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.1.1. Pemilihan kedua jenis bahan baku pupuk tersebut berdasarkan pada pengamatan di lapangan. Sampah sisa makanan jumlahnya paling banyak dan residu belum dapat dimanfaatkan secara langsung dan perlu dilakukan pengolahan.

3.5.3 Pembuatan Reaktor

Dalam penelitian ini ada dua macam dimensi reaktor yang terbuat dari plastik berbahan PP (*Polipropylene*) 100%. Reaktor untuk *pra-composting* berukuran 45 cm x 30 cm x 45 cm sebanyak 4 buah. Reaktor untuk *vermicomposting* berukuran 30 cm x 24 cm x 18 cm sebanyak 32 buah. Reaktor untuk aklimatisasi cacing berukuran 30 cm x 24 cm x 18 cm sebanyak 2 buah. Proses aklimatisasi dan *pra-composting* dilakukan secara bersamaan selama 10 hari, kemudian dilanjutkan untuk proses *vermicomposting* selama 50 hari pada 32 buah reaktor. Gambar reaktor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 sampai 3.3.



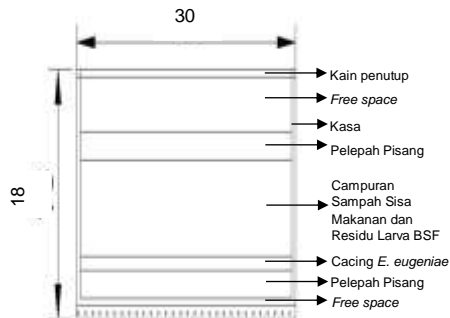
Gambar 3.2 Sketsa Reaktor *Pra-composting*



Gambar 3.3 Sketsa Reaktor *Vermicomposting* dan Aklimatisasi Cacing

Pada masing-masing reaktor *vermicomposting* dimasukkan perbandingan sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:1, 1:2, dan dipisahkan tanpa perbandingan. Kemudian ditambah

cacing menurut variasi penambahan yaitu 10 g/kg, 15 g/kg, 20 g/kg, dan tanpa penambahan cacing. Susunan material dalam reaktor seperti reaktor *vermicomposting* yang dilakukan oleh Ganesh (2009), mulai dari dasar reaktor memiliki lubang-lubang berukuran 1 mm untuk tempat keluarnya cairan lindi. Lapisan dalam reaktor dilapisi dengan kasa dan berjarak 1 cm dari dasar, kemudian dialasi pelepah pisang setebal 1-2 cm sebagai *bedding*, cacing *E. eugeniae*, campuran sampah sisa makanan dan/ atau residu larva BSF, kemudian ditutup dengan pelepah pisang, bagian permukaan diberi kain penutup. Kain penutup dikondisikan basah dengan tujuan untuk menjaga kelembaban dalam reaktor dan mencegah kontaminasi ataupun gangguan hewan dari lingkungan sekitar. Pelepah pisang berfungsi sebagai tempat berlindung cacing. Pelepah pisang mempunyai kadar air yang tinggi. Pelepah pisang memiliki kandungan air 92,5%; protein 0,35% dan karbohidrat 4,4% (Aulinas, 2008). Susunan material dalam reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Susunan Material dalam Reaktor

Ada 32 buah reaktor *vermicomposting* berdasarkan perlakuan dan variabel penelitian yaitu delapan buah reaktor untuk campuran sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:1, delapan buah reaktor untuk campuran sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:2, delapan buah reaktor untuk sampah sisa makanan, dan delapan buah reaktor untuk residu larva BSF. Jumlah dan variasi reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Reaktor Penelitian

No.	Nama Reaktor	Perbandingan Sampah : Residu	Jumlah Cacing (g/kg)	Jumlah Reaktor
1	SRA-0	1:1	0	2
2	SRA-10	1:1	10	2
3	SRA-15	1:1	15	2
4	SRA-20	1:1	20	2
5	SRB-0	1:2	0	2
6	SRB-10	1:2	10	2
7	SRB-15	1:2	15	2
8	SRB-20	1:2	20	2
9	RL-0	0:1	0	2
10	RL-10	0:1	10	2
11	RL-15	0:1	15	2
12	RL-20	0:1	20	2
13	SM-0	1:0	0	2
14	SM-10	1:0	10	2
15	SM-15	1:0	15	2
16	SM-20	1:0	20	2

Keterangan:

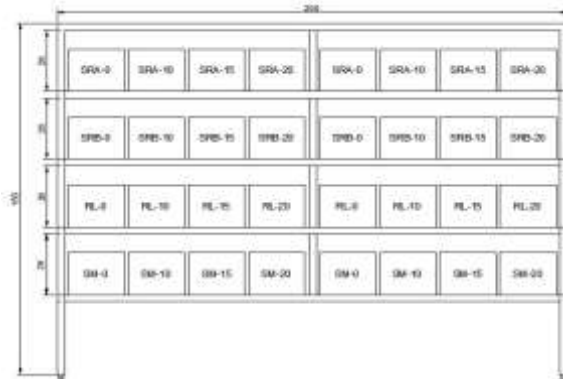
SRA: Campuran sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:1

SRB: Campuran sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:2

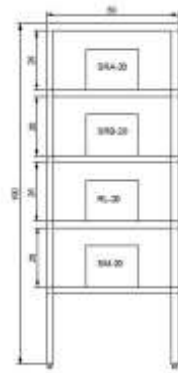
RL: Campuran sampah sisa makanan dan residu larva BSF 0:1

SM: Campuran sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:0

Reaktor disusun ke dalam rak kayu berukuran 200 cm x 60 cm x 150 cm yang terdiri dari empat tingkat. Gambar rak dan reaktor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 sampai 3.6.



Gambar 3.5
Sketsa Rak
Tampak Depan



Gambar 3.6
Sketsa Rak
Tampak
Samping Kanan

3.5.4 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk memperoleh data pendukung yang diperlukan pada penelitian. Data tersebut yaitu karakteristik sampah berupa data densitas, suhu, kadar air, *volatile solid*, pH, dan nilai kandungan C-organik, dan TKN, nitrat, amonium, dan rasio C/N dari sampah makanan dan residu larva BSF yang ditambahkan.

Kadar air sampah diperoleh dari pengukuran berat kering sampah. Kadar air perlu diketahui untuk penentuan berat sampah dan residu larva BSF yang dimasukkan ke dalam reaktor. Pengukuran berat kering dilakukan dengan memanaskan sampel di dalam oven selama 24 jam pada suhu 105°C. Berat akhir yang diperoleh dari pemanasan dijadikan sebagai data berat kering (Diener *et al.*, 2010). Penambahan masing-masing berat sampah basah sebagai berikut:

$$\text{Berat basah: } \frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times \text{berat substrat}$$

a. Berat Sampah Sisa Makanan

Berat sampah kering = 600 g

Kadar air = 72,67%

$$\text{Berat sampah basah} = \frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times 600 \text{ g}$$

$$\text{Berat sampah basah} = \frac{100\%}{100\% - 72,67\%} \times 600 \text{ g}$$

$$\text{Berat sampah basah} = 2.195 \text{ g}$$

b. Berat Residu Larva BSF

Berat residu larva kering = 600 g

Kadar air = 48,30%

$$\text{Berat residu larva basah} = \frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times 600 \text{ g}$$

$$\text{Berat residu larva basah} = \frac{100\%}{100\% - 48,30\%} \times 600 \text{ g}$$

$$\text{Berat residu larva basah} = 1.160 \text{ g}$$

c. Berat Campuran Sampah dan Residu Larva BSF 1:1

Berat sampah kering = 300 g

Kadar air = 72,67%

$$\text{Berat sampah basah} = \frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times 300 \text{ g}$$

$$\text{Berat sampah basah} = \frac{100\%}{100\% - 72,67\%} \times 300 \text{ g}$$

$$\text{Berat sampah basah} = 1.097 \text{ g}$$

Berat residu larva kering = 300 g

Kadar air = 48,30%

$$\text{Berat residu larva basah} = \frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times 300 \text{ g}$$

$$\text{Berat residu larva basah} = \frac{100\%}{100\% - 48,30\%} \times 300 \text{ g}$$

$$\text{Berat residu larva basah} = 580 \text{ g}$$

d. Berat Campuran Sampah dan Residu Larva BSF 1:2

Berat sampah kering = 200 g

Kadar air = 72,67%

$$\text{Berat sampah basah} = \frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times 200 \text{ g}$$

$$\text{Berat sampah basah} = \frac{100\%}{100\% - 72,67\%} \times 200 \text{ g}$$

$$\text{Berat sampah basah} = 731 \text{ g}$$

Berat residu larva kering = 400 g

Kadar air = 48,30%

Berat residu larva basah = $\frac{100\%}{100\% - \text{kadar air sampah}} \times 400 \text{ g}$

Berat residu larva basah = $\frac{100\%}{100\% - 48,30\%} \times 400 \text{ g}$

Berat residu larva basah = 773 g

Berat substrat yang dimasukkan ke dalam reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Berat Substrat dalam Reaktor

No.	Nama Reaktor	Berat Residu Larva BSF (g)	Berat Sampah (g)	Berat Total (g)
1	SRA-0	580	1.097	1.677
2	SRA-10	580	1.097	1.677
3	SRA-15	580	1.097	1.677
4	SRA-20	580	1.097	1.677
5	SRB-0	773	731	1.504
6	SRB-10	773	731	1.504
7	SRB-15	773	731	1.504
8	SRB-20	773	731	1.504
9	RL-0	1.160	-	1.160
10	RL-10	1.160	-	1.160
11	RL-15	1.160	-	1.160
12	RL-20	1.160	-	1.160
13	SM-0	-	2.195	2.195

No.	Nama Reaktor	Berat Residu Larva BSF (g)	Berat Sampah (g)	Berat Total (g)
14	SM-10	-	2.195	2.195
15	SM-15	-	2.195	2.195
16	SM-20	-	2.195	2.195
Total		10.052	16.092	26.144

Dari perhitungan di atas, berat residu larva BSF yang diperlukan adalah 10,052 kg dan sampah sisa makanan 16,092 kg. Percobaan dilakukan secara *duplo* maka, berat total residu larva BSF yang diperlukan menjadi 20,104 kg dan berat total sampah sisa makanan adalah 32,184 kg.

Pengujian kandungan C dan N awal sampah perlu dilakukan untuk dibandingkan di akhir penelitian terhadap kandungan C dan N residu. Pengukuran C-organik menggunakan metode gravimetri, sedangkan N yang diukur adalah *Total Kjeldahl Nitrogen* (TKN), amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). N-total diperoleh dengan menambahkan TKN dan nitrat, sedangkan N-organik diperoleh dengan mengurangi TKN dengan amonium. Karena menurut Thom dan Utomo (1991), kadar TKN diukur dari jumlah nitrogen dalam amonium dan N-organik.

3.5.5 Perhitungan Kebutuhan Cacing

Perhitungan jumlah cacing dilakukan berdasarkan kadar air cacing. Penambahan jumlah cacing untuk variasi jumlah cacing yaitu 10 g/kg, 15 g/kg, dan 20 g/kg sebagai berikut:

Kadar air *E. eugeniae*: 79,16%

Berat kering substrat: 0,6 kg

$$\text{Berat kering cacing 10 g/kg: } \frac{0,01 \text{ kg cacing}}{1 \text{ kg substrat}} \times 0,6 \text{ kg} = 0,006 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kering cacing 15 g/kg: } \frac{0,015 \text{ kg cacing}}{1 \text{ kg substrat}} \times 0,6 \text{ kg} = 0,009 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kering cacing 20 g/kg: } \frac{0,02 \text{ kg cacing}}{1 \text{ kg substrat}} \times 0,6 \text{ kg} = 0,012 \text{ kg}$$

$$\text{Variasi Berat cacing 10 g/kg: } \frac{0,006 \text{ kg cacing} \times 100}{100 - 79,16} = 28,79 \text{ g}$$

$$\text{Variasi Berat cacing 15 g/kg: } \frac{0,009 \text{ kg cacing} \times 100}{100-79,16} = 43,18 \text{ g}$$

$$\text{Variasi Berat cacing 20 g/kg: } \frac{0,012 \text{ kg cacing} \times 100}{100-79,16} = 57,58 \text{ g}$$

Berat cacing yang dimasukkan ke dalam reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Berat Cacing dalam Reaktor

No.	Nama Reaktor	Berat Cacing (g)
1	SRA-0	0
2	SRA-10	28,79
3	SRA-15	43,18
4	SRA-20	57,58
5	SRB-0	0
6	SRB-10	28,79
7	SRB-15	43,18
8	SRB-20	57,58
9	RL-0	0
10	RL-10	28,79
11	RL-15	43,18
12	RL-20	57,58
13	SM-0	0
14	SM-10	28,79
15	SM-15	43,18
16	SM-20	57,58

Berat cacing *E. eugeniae* yaitu sebesar 0,4 g/ekor. Maka jumlah cacing yang dimasukkan ke dalam satu reaktor *vermicomposting* pada variasi 10 g/kg sebanyak 72 ekor, variasi

15 g/kg sebanyak 108 ekor, dan variasi 20 g/kg sebanyak 144 ekor.

3.5.6 Aklimatisasi Cacing

Proses aklimatisasi cacing dilakukan selama 10 hari pada tanggal 11 Februari sampai 20 Februari 2019. Cacing yang digunakan adalah cacing produktif yang berumur 2 bulan dengan ukuran sekitar 10-15 cm. Aklimatisasi cacing dilakukan pada reaktor berukuran 30 cm x 24 cm x 18 cm sebanyak 2 buah. Pada masing-masing reaktor dibuat media aklimatisasi cacing berupa pelepah pisang sebagai tempat berlindung cacing, kemudian ditambah dengan ampas tebu sebagai asupan substrat bagi cacing. Aklimatisasi cacing *E. eugeniae* dalam reaktor diberi sedikit sampah makanan dan residu larva BSF setiap 3 hari. Hal ini bertujuan agar cacing dapat beradaptasi dengan substrat yang menjadi media tumbuh berikutnya dalam proses *vermicomposting*. Reaktor disemprot setiap 4-5 hari dan diberi lubang pada sisinya agar mencegah panas dan kondisi anaerob. Dari proses aklimatisasi ini dipilih cacing yang mampu beradaptasi dan bertahan hidup selama proses yang ditandai dengan cacing tetap berada di dalam reaktor.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 60 hari, dengan kombinasi *pra-composting* 10 hari dan *vermicomposting* 50 hari. Hal-hal yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian adalah analisis laboratorium yaitu pH, suhu, dan kadar air, *volatile solid*, amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), *Total Kjeldahl Nitrogen* (TKN), dan rasio C/N.

Penelitian ini dilakukan dengan 2 variabel yaitu jumlah cacing dan jumlah perbandingan sampah yang ditambahkan dengan beberapa variasi pada masing-masing variabel yaitu:

a. Variasi jumlah cacing

Variasi jumlah cacing dalam penelitian ini adalah 10 g cacing/ 1 kg substrat, 20 g cacing/ 1 kg substrat, 30 g cacing/ 1 kg substrat, dan tanpa penambahan cacing. Hal ini dilakukan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Khoirunnisa (2016), penambahan cacing terbaik adalah 15-35 g

cacing/ 1 kg substrat dengan hasil terbaik adalah 15 g cacing/ 1 kg substrat dalam mendegradasi sampah organik. Penambahan 10 g cacing/ 1 kg substrat untuk menentukan apakah tingkat degradasi sampah lebih baik daripada 15 g cacing/ 1 kg substrat. Ada reaktor tanpa penambahan cacing dilakukan untuk menentukan pengaruh penambahan cacing dalam *vermicomposting*.

b. Variasi jumlah perbandingan sampah

Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah sisa makanan dan residu larva BSF. Substrat tersebut dipisahkan dan dicampurkan dengan variasi perbandingan. Perbandingan sampah sisa makanan dan residu larva BSF adalah 1:1, 1:2, 1:0, dan 0:1. Variasi komposisi tersebut untuk menentukan potensi residu larva BSF untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pengomposan menggunakan cacing.

3.6.1 *Pra-composting*

Proses *pra-composting* dilakukan selama 10 hari pada tanggal 11 Februari sampai 21 Februari 2019. *Pra-composting* dilakukan untuk mengurangi kadar amonia, kadar air, pH dan menstabilkan suhu. Selama tahap *pra-composting* dilakukan analisis laboratorium. *Pra-composting* dilakukan dengan mencampurkan sampah sisa makanan dan residu larva BSF pada reaktor berukuran 45 cm x 30 cm x 45 cm sebanyak 4 buah. Pada perbandingan sampah sisa makanan dan residu larva BSF 1:1 dicampurkan sebanyak 4,640 kg residu dan 8,776 kg sampah. Pada perbandingan sampah sisa makanan dan residu 1:2 dicampurkan sebanyak 6,184 kg residu dan 5,848 kg sampah. Pada perbandingan sampah sisa makanan dan residu 1:0, maka hanya menambahkan sampah sebanyak 17,560 kg. Pada perbandingan sampah sisa makanan dan residu 0:1, maka hanya menambahkan residu sebanyak 9,280 kg.

Sampah dan residu yang telah digiling dibiarkan di dalam masing-masing reaktor dengan perlakuan pengadukan. Selama tahap *pra-composting* dilakukan pengukuran suhu dan kadar air.

Apabila suhu dalam reaktor sudah normal berkisar 25-30 °C dan kadar air 60-70% maka cacing siap untuk dimasukkan ke dalam reaktor *vermicomposting*. Perhitungan kadar air campuran adalah sebagai berikut:

Kadar air sampah sisa makanan : 72,67%

Kadar air residu larva BSF : 48,30%

a. Sampah : residu 1:1

Berat sampah : 6,582 kg

Berat residu : 3,480 kg

Kadar air campuran :

$$\frac{(\text{kadar air sampah} \times \text{berat sampah}) + (\text{kadar air residu} \times \text{berat residu})}{(\text{berat sampah} + \text{berat residu})} = \frac{(72,67 \times 6,582) + (48,30 \times 3,480)}{(6,582 + 3,480)} = 64,24\% \text{ (memenuhi)}$$

b. Sampah : residu 1:2

Berat sampah : 4,638 kg

Berat residu : 4,386 kg

Kadar air campuran :

$$\frac{(\text{kadar air sampah} \times \text{berat sampah}) + (\text{kadar air residu} \times \text{berat residu})}{(\text{berat sampah} + \text{berat residu})} = \frac{(72,67 \times 4,638) + (48,30 \times 4,386)}{(4,638 + 4,386)} = 60,82\% \text{ (memenuhi)}$$

c. Sampah : residu 1:0

Berat sampah : 13,170 kg

Berat residu : 0 kg

Kadar air sampah : 72,67% (tidak memenuhi)

d. Sampah : residu 0:1

Berat sampah : 0 kg

Berat residu : 6,960 kg

Kadar air residu : 48,30% (tidak memenuhi)

Pada komposisi SM memiliki kadar air berlebih, maka dilakukan perataan sampah kemudian dидiamkan terkena udara sekitar agar terjadi penguapan air. Kemudian pada komposisi RL memiliki kadar air yang kurang. Maka dilakukan penyiraman air sebanyak 250 mL, kadar air menjadi 53,51% pada hari ke-0.

3.6.2 *Vermicomposting*

Proses *vermicomposting* dilakukan selama 50 hari, dimulai pada tanggal 22 Februari sampai 13 April 2019. Selama proses *vermicomposting* dilakukan pengadukan dan penyiraman setiap

4-5 hari sekali. Tujuan pengadukan untuk menjaga suhu pupuk dan kelembaban. Kelembaban ini harus dijaga karena jika kondisi terlalu kering, cacing akan mati, namun jika kondisi terlalu basah cacing akan beralih ke tempat lain. Kontrol kelembaban sampah yang ada di dalam reaktor dengan cara mengambil segenggam tanah pada bagian tengah dari dalam reaktor tanpa penambahan cacing yaitu SRA-0, SRB-0, RL-0, dan SM-0 agar tidak mengganggu aktivitas cacing, kemudian diperas dan apabila air keluar 1-2 tetes maka kelembaban cukup, tidak ada air yang keluar maka sampah dalam reaktor kering dan harus dilakukan penyiraman, belum diperas sudah keluar air lebih dari 2 tetes maka sampah dalam reaktor terlalu basah.

3.6.3 Analisis Laboratorium

Dalam penelitian ini, analisis laboratorium dilakukan untuk menguji parameter suhu, kadar air, *volatile solid*, pH, C-organik, TKN, nitrat, amonium, dan rasio C/N. Analisis laboratorium yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Analisis hari ke 0: densitas, pH, suhu, kadar air, *volatile solid*, rasio C/N.
- b. Analisis setiap 2 hari: suhu.
- c. Analisis setiap 5 hari: pH, kadar air.
- d. Analisis setiap 10 hari: *volatile solid*, C-organik, C-total, nitrat, amonium, TKN, rasio C/N.
- e. Analisis setiap 15 hari: tingkat degradasi (hasil ayakan).
- f. Analisis hari ke 60: tingkat reduksi (berat subsrat).

Metode pengambilan sampel dan analisis menggunakan metode yang berlaku dan dapat dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS yaitu sebagai berikut:

- a. Densitas

Analisis densitas dilakukan dengan memasukkan sampah ke dalam *beaker glass* hingga volume 1 L dan ditimbang beratnya. Pengukuran densitas bertujuan untuk menentukan jumlah sampah yang dimasukkan ke dalam reaktor. Analisis densitas dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

Densitas sampah: $\frac{\text{Berat sampah}}{\text{Volume sampah}}$

b. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer suhu pada setengah kedalaman sampel di dalam reaktor. Analisis suhu dilakukan setiap 2 hari untuk mendapatkan data yang akurat dan fluktuasi suhu berdasarkan fungsi waktu. Prosedur analisis suhu terdapat pada Lampiran.

c. pH

Pengukuran pH dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 5 g, kemudian dilarutkan ke dalam aquades. Perbandingan sampel dan aquades adalah 1:10. Pengukuran pH dilakukan setiap 5 hari sekali menggunakan pH meter. Pengukuran pH dilakukan pada sampel basah untuk menentukan kematangan *vermicompost*. Sampel yang telah dianalisis dimasukkan kembali dalam reaktor. Prosedur analisis pH terdapat pada Lampiran.

d. Analisis kadar air, berat kering, total karbon, *volatile solid*, dan C-organik

Analisis kadar air dan berat kering dilakukan dengan cara pemanasan sampel sebanyak ± 5 g menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Perhitungan kadar air dan berat kering pada sampel diukur menggunakan pengukuran berat sampel sebelum dan setelah dikeringkan. Pengukuran *volatile solid* dan C-organik dilakukan dengan mengambil ± 1 g sampel dari analisis kadar air dan berat kering, kemudian menganalisis dengan metode gravimetri. Prosedur analisis berat kering, kadar air, total karbon, *volatile solid*, dan C-organik terdapat pada Lampiran.

e. Analisis amonium, nitrat, dan TKN

Analisis amonium dengan menggunakan metode nessler. Analisis nitrat dengan metode brucin asetat, dan analisis TKN dengan metode kjeldahl. Sampel yang digunakan dalam analisis tersebut adalah sampel yang telah kehilangan kelembabannya dari

analisis kadar air. Prosedur analisis amonium, nitrat, dan TKN terdapat pada Lampiran.

f. Analisis rasio C/N

Nilai rasio C/N diperoleh dengan metode perbandingan. Unsur C akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan unsur N digunakan untuk sintesis protein. Nilai C terdiri dari C-organik dan C-total. Nilai N terdiri dari N-total dan N-organik. N-total adalah jumlah nilai TKN dan NO_3^- sedangkan N-organik adalah selisih nilai TKN dan $\text{NH}_4\text{-N}$. Analisis C/N pada hari ke-0, ke-30, dan ke-60. Tujuan penentuan rasio C/N dari residu sampah ini adalah untuk melihat potensi pemanfaatan residu larva BSF sebagai bahan baku dalam proses *vermicomposting*.

g. Analisis ayakan

Analisis ayakan dilakukan untuk menentukan tingkat degradasi dari *vermicompost* yang terbentuk. Metode analisis dilakukan dengan cara mengayak 100 g substrat bagian atas dari dalam reaktor menggunakan pengayak berdiameter 1 mm. Sebelumnya diayak, substrat dikering-anginkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air. Kadar air ini menyebabkan pupuk susah lolos ayakan. Substrat yang lolos dari ayakan adalah pupuk yang ditimbang beratnya sehingga diketahui persentase pembentukan *vermicompost* setiap 15 hari. Sampel yang tertinggal di dalam reaktor sampai hari terakhir percobaan dijadikan sebagai data residu. Data residu yang diperoleh digunakan untuk menghitung tingkat reduksi sampah selama penelitian (Diener *et al.*, 2010).

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Metode Analisis

No.	Parameter	Metode	Sumber	Tujuan
1	Densitas	Perbandingan	Kusumawati (2014)	Menentukan besarnya sampah yang dapat dimasukkan dalam reaktor.
2	Suhu	Termometri	AOAC, 2002	Indikator kematangan <i>vermicompost</i> .
3	pH	Soil test DM-15	AOAC, 2002	Indikator kematangan <i>vermicompost</i> .
4	Kadar Air	Gravimetri	APHA, 2005	Mempengaruhi aktivitas mikro-organisme dalam pengomposan.
5	Berat Kering	Gravimetri	APHA, 2005	Menghitung tingkat degradasi sampah.
6	<i>Volatile Solid</i>	Gravimetri	APHA, 2005	Menghitung besarnya karbon dalam substrat.
7	C-organik	Gravimetri	APHA, 2005	Menentukan kadar C organik dalam <i>vermicompost</i> .
8	C-total	Gravimetri	APHA, 2005	Menentukan kadar C total dalam <i>vermicompost</i> .
9	TKN	Kjeldahl	AOAC, 2002	Menentukan kadar N total dalam <i>vermicompost</i> .
10	Amonium	Nessler	SNI 06-2479-1991	Menentukan kadar N dalam amonium pada <i>vermicompost</i> .
11	Nitrat	Brucin Asetat	SNI 06-2480-1991	Menentukan kadar N dalam nitrat pada <i>vermicompost</i> .
12	Rasio C/N	Perbandingan		Indikator kematangan <i>vermicompost</i> .
13	Tingkat Degradasi	Analisis Ayakan dan Penimbangan Berat	Rahmawati (2015)	Menghitung tingkat degradasi dan reduksi sampah.

3.7 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan dari hasil penelitian ini dilakukan berdasarkan dari tujuan awal penelitian yang telah dibuat. Analisis sampah sisa makanan dan residu larva BSF sebagai bahan baku dalam proses *vermicomposting* ditentukan berdasarkan tingkat degradasinya. Tingkat degradasi dihitung dari banyaknya produksi *vermicompost* dengan analisis ayakan dan besarnya reduksi substrat. Persentase sampah yang tereduksi dalam proses *vermicomposting* diukur dengan menimbang berat material pengomposan. Material pengomposan terdiri dari reaktor, sampah, residu larva BSF, cacing, dan pelepah pisang. Pengukuran berat total material pengomposan untuk menentukan banyaknya substrat yang hilang sebagai besarnya tingkat reduksi. Perhitungan dilakukan pada hari ke-30 dan ke-60. Tingkat reduksi sampah dapat dihitung dengan persamaan (Diener *et al.*, 2010):

$$D (\%) : \frac{W-R}{W} \times 100\%$$

dimana:

- D : tingkat reduksi sampah
- W : jumlah sampah sebelum terdegradasi
- R : jumlah residu

Kemudian membandingkan kualitas *vermicompost* dengan standar kualitas pupuk organik pada Peraturan Menteri Pertanian. Analisis dan pembahasan data berdasarkan tujuan penelitian ini harus disesuaikan dengan studi literatur yang telah dilakukan sebagai pendukung maupun pembanding hasil yang diperoleh. Semua faktor yang berpengaruh secara sengaja maupun tidak sengaja selama pelaksanaan penelitian harus dibahas secara detail untuk mendapatkan hasil analisis dan kesimpulan dan saran yang baik.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan diperoleh dari penelitian, yaitu berupa persen degradasi substrat dan kualitas *vermicompost*. Pemberian saran dilakukan untuk perbaikan dan pengembangan penelitian mengenai pemanfaatan residu larva BSF untuk reduksi sampah organik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Bahan Baku Pupuk

Bahan baku yang dikomposkan adalah residu larva BSF dan sampah sisa makanan. Sebelum digunakan dalam penelitian, bahan baku dianalisis karakteristik awalnya. Analisis karakteristik bahan baku meliputi parameter: densitas, suhu, pH, kadar air, *volatile solid*, C-organik, amonium, nitrat, TKN, N-organik, dan rasio C/N. Karakteristik awal bahan baku pengomposan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Bahan Baku Pupuk

No.	Parameter	Residu Larva BSF	Sampah Sisa Makanan
1	Densitas (g/cm ³)	1,03	1,87
2	Suhu (°C)	40	38
3	pH	7,9	5,3
4	Kadar Air (%)	48,30	72,67
5	<i>Volatile Solid</i> (%)	68,22	38,86
6	C-organik (%)	39,57	22,54
7	Amonium (%)	0,014	0,017
8	Nitrat (%)	0,037	0,003
9	TKN (%)	0,772	0,928
10	N-organik (%)	0,758	0,911
11	C/N organik	52,20	24,74

Masing-masing bahan memiliki perbedaan karakteristik awal dari beberapa parameter tersebut. Residu larva BSF memiliki suhu, pH, *volatile solid*, C-organik, nitrat, TKN, N-organik, C/N yang lebih besar dibandingkan dengan sampah sisa makanan.

Densitas residu larva BSF lebih kecil dari sampah sisa makanan karena densitas suatu bahan dipengaruhi oleh kadar air bahan tersebut (Tchobanoglous *et al.*,1993). Pernyataan ini didukung oleh hasil analisis kadar air bahwa kadar air residu larva BSF lebih kecil dari pada sampah sisa makanan. Analisis densitas dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.1. Berat residu larva BSF adalah 1167 g dalam wadah bervolume 1125 cm³, maka densitasnya adalah 1,03 g/cm³.

Hasil pengukuran suhu, menunjukkan bahwa residu larva BSF memiliki suhu 40°C. Suhu ini lebih panas dari pada suhu sampah sisa makanan yaitu 38°C. Hal ini disebabkan karena residu larva BSF terbentuk melalui proses pengomposan. Residu larva BSF masih dalam fase *mesofilik* karena belum matang. Dalam fase *mesofilik*, bakteri masih aktif bekerja dan terjadi proses degradasi yang melibatkan mikroorganisme sehingga menghasilkan panas. Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), suhu dalam pengomposan dibagi menjadi tiga: *psikofilik* (30°C-38 °C), *mesofilik* (38°C-55°C), dan *termofilik* (55°C-60°C). Kondisi ini berbeda dengan sampah sisa makanan yang merupakan bahan baku masih segar dan belum dikomposkan.

Hasil analisis pH, nilai pH residu larva BSF 7,9 dan lebih besar dari sampah sisa makanan yaitu 5,3. Nilai pH dipengaruhi oleh kadar nitrogen sebagai hasil sintesis protein oleh mikroorganisme (Damanik *et al.*, 2010). Jika sesuai dengan pernyataan tersebut, maka kadar amonium residu larva BSF lebih besar dari sampah sisa makanan. Namun, hasil analisis awal menunjukkan kadar amonium sampah sisa makanan yang sedikit lebih besar. Padahal pH sampah sisa makanan lebih rendah. Hal ini disebabkan dalam sampah sisa makanan terjadi pembentukan asam-asam organik dari karbon yang terkandung di dalamnya (Xueling, 2006).

Hasil analisis kadar air, residu larva BSF memiliki kadar air 48,30%. Kadar air ini lebih kecil dari sampah sisa makanan yang memiliki kadar air 72,67%. Hal ini disebabkan karena residu adalah material organik hasil pengomposan selama 12 hari, sedangkan sampah adalah bahan segar yang masih berumur 1 hari. Pada proses pemanenan, residu larva BSF mengalami penurunan kadar air akibat pengering-anginan. Hal yang dialami residu larva BSF berbeda dengan sampah yang masih segar dan terdiri dari campuran bahan-bahan yang banyak mengandung air. Walaupun sampah sisa makanan banyak kehilangan air dalam proses penggilingan, namun tekstur sampah masih sangat berair seperti bubur. Tekstur ini mudah menyerap dan menyimpan air.

Berdasarkan hasil analisis kadar *volatile solid* pada Tabel 4.1, menunjukkan bahwa residu larva BSF memiliki *volatile solid* 68,22%. Nilai ini lebih besar dibandingkan sampah sisa makanan yang memiliki setengah kadar *volatile solid* residu larva BSF yaitu 38,86%. Perbedaan kadar *volatile solid* ini berhubungan dengan besarnya kadar karbon yang dimiliki residu larva BSF. Menurut Kusuma (2012), *volatile solid* berhubungan dengan unsur karbon yang terkandung dalam bahan. Unsur karbon ini merupakan bahan organik yang dapat didekomposisi. Maka residu larva BSF dapat menjadi sumber karbon dalam proses *vermicomposting*.

Besarnya kadar *volatile solid* dalam residu larva BSF sebanding dengan kadar C-organiknya. Dalam analisis C-organik digunakan pendekatan bahwa besarnya C-organik adalah 0,58 kali *volatile solid*. Residu larva BSF memiliki kadar C-organik sebesar 39,57%. Nilai ini lebih besar dari sampah sisa makanan yang memiliki C-organik 22,54%. Pada analisis karakteristik awal, belum dapat menentukan kadar C-total karena ada permasalahan instrumen peralatan laboratorium.

Selanjutnya adalah analisis konsentrasi amonium dalam bahan baku. Konsentrasi amonium sampah sisa makanan yaitu 0,017% yang lebih besar dibandingkan residu larva BSF sebesar 0,014%. Hal ini disebabkan sampah sisa makanan memiliki kadar air yang lebih tinggi yang berpotensi menciptakan kondisi yang anerob sehingga menghasilkan gas amonia sehingga konsentrasi amonium bertambah (Siswanto, 2012).

Konsentrasi nitrat residu larva BSF yaitu sebesar 0,037% yang lebih besar dari sampah sisa makanan sebesar 0,003%. Ini disebabkan karena residu merupakan hasil dari proses dekomposisi oleh larva BSF. Dalam proses tersebut, terjadi perombakan protein dalam bentuk N-organik. Perombakan N-organik akhirnya membentuk nitrat (Mulyadi, 2008).

Hasil analisis TKN menunjukkan bahwa kadar TKN sampah sisa makanan lebih besar yaitu 0,928% dari pada residu larva BSF yaitu 0,772%. Besarnya kadar TKN sebanding dengan N-organik dan amonium yang ada dalam sampah (Sitorus, 2013).

Maka, dalam hal ini sampah sisa makanan dapat menjadi sumber nitrogen dalam proses *vermicomposting*.

Jumlah N-organik yang lebih besar pada sampah sisa makanan terjadi karena kadar amonium dan TKN yang lebih tinggi dari pada residu larva BSF. Selain itu, sampah sisa makanan belum mengalami proses pengomposan. Sebaliknya residu larva BSF berasal dari pengomposan. Dalam proses pengomposan, N-organik akan didegradasi langsung oleh mikroorganismenya (Mulyadi, 2008).

Rasio C/N organik pada sampah sisa makanan yaitu sebesar 24,74 dan residu larva BSF memiliki rasio C/N organik 52,20. Rasio C/N ini akan menjadi bahan baku yang baik, karena dalam rentang C/N 25-50 (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Rasio C/N organik dalam sampah sisa makanan lebih kecil dari residu larva BSF karena karbon sampah sisa makan juga lebih kecil dari pada residu larva BSF. Rasio C/N merupakan parameter kematangan *vermicompost*. Semakin rendah rasio C/N, maka diperlukan waktu yang lebih cepat untuk mencapai kematangan.

4.2 *Pra-composting* dan *Vermicomposting*

Pra-composting dilaksanakan selama 10 hari, pada tanggal 11 Februari sampai 21 Februari 2019. *Pra-composting* dilakukan pada empat reaktor yang masing-masing berisi komposisi sampah yang berbeda. Masing-masing komposisi sampah tersebut yaitu: SRA, SRB, RL, dan SM yang dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.2. Selama proses *pra-composting* tidak ada cacing yang dimasukkan ke dalam reaktor. Maka hasil analisis untuk semua parameter, hanya berbeda setiap komposisinya, namun variasi cacing (-0, -10, -15, -20) adalah sama. Perlakuan selama *pra-composting* adalah pengadukan untuk menghindari kekeringan dan penggumpalan pada komposisi substrat. Pada saat *pra-composting*, komposisi SRA dan SRB tidak berbeda jauh apabila ditinjau dari warna, bau, dan suhu. Pada komposisi RL memiliki bau seperti ramuan tradisional dan lebih panas dari komposisi lainnya. Komposisi RL sudah dilakukan pemilahan dari bahan-bahan yang susah untuk didegradasi oleh cacing. Dalam reaktor RL banyak terdapat tempayak BSF dan sulit dipisahkan secara manual. Semakin

lama, tempayak BSF ini juga muncul pada komposisi SRA dan SRB. Hal ini disebabkan residu larva BSF terkontaminasi dan menyimpan telur lalat BSF selama pengomposan di Rumah Kompos TPS 3R Jambangan. Banyaknya tempayak BSF ini dikuatirkan akan menyebabkan kompetisi antara cacing dan larva dalam proses *vermicomposting*. Maka pada komposisi SRA, SRB, dan RL sering dilakukan penjemuran 10 sampai 20 menit dan diayak. Pengayakan dilakukan dengan kasa pengayak berukuran 1 cm. Sementara itu, pada sampah sisa makanan (SM) terjadi bau yang tidak sedap dan berair. Air lindi dibiarkan keluar dari bawah reaktor *pra-composting* yang berlubang. Oleh karena itu, proses *pra-composting* sangat diperlukan untuk mempersiapkan bahan-bahan sebelum proses *vermicomposting*. Kualitas hasil *pra-composting* yaitu substrat tidak remah, tidak halus, berwarna coklat kehitaman, suhu 30-35°C, pada SM masih berbau dan sedikit berair.

Vermicomposting dilakukan selama 50 hari, sejak tanggal 21 Februari 2019 dan berakhir 13 April 2019. *Vermicomposting* dilakukan pada reaktor-reaktor pada Lampiran C, Gambar C.3.3. Perlakuan pada penelitian ini adalah *duplo*, sehingga jumlah reaktor berjumlah 32 dengan rincian 4 reaktor untuk pengomposan SRA, 4 reaktor untuk pengomposan SRB, 4 reaktor untuk pengomposan RL, dan 4 reaktor untuk pengomposan SM. Masing-masing komposisi ditambah 4 variasi jumlah cacing yang berbeda. Variasi jumlah cacing ditimbang dengan menggunakan neraca analitik seperti pada Lampiran C, Gambar C.3.2. Perlakuan selama proses *vermicomposting* adalah penyiraman dan pengadukan. Penyiraman air untuk mempertahankan kadar air 50-60%. Sedangkan pengadukan untuk meratakan air dan mencegah substrat yang mengering dan menggumpal. Perlakuan ini sesuai dengan syarat pengomposan yang baik (Tcobanoglous *et al.*, 1993). Pada awal proses *vermicomposting*, komposisi SM masih berbau tidak sedap. Hal ini disebabkan dalam komposisi SM memiliki banyak kadar air yang bercampur dengan nitrogen sehingga banyak menghasilkan amonia (Siswanto, 2012). Untuk menetralkan bau ini, dapat ditambahkan karbon lalu dicampur. Karbon akan menyerap nitrogen dan membentuk campuran yang tidak berbau (Setyorini, 2003)

Pada tahap *vermicomposting* ada larva BSF muncul dalam reaktor. Jumlah larva ini tidak sebanyak pada saat *pre-composting*. Secara perlahan, larva BSF ini terlihat keluar dengan sendirinya dari lubang bagian bawah reaktor. Maka pada awal proses *vermicomposting*, ada pengaruh dari larva BSF. Pada hari ke-20, terdapat lalat BSF yang berada dalam reaktor. Hal ini menandakan larva BSF sudah bermetamorfosis menjadi lalat BSF. Metamorfosis larva BSF ini menguntungkan karena larva dapat terpisah dengan sendirinya dari dalam reaktor. Oleh sebab itu, semua serbet penutup reaktor dibuka dan lalat dibiarkan terbang meninggalkan reaktor dan ditutup kembali. Pada nampian reaktor, tidak ditemukan adanya cacing *E. eugeniae* yang meninggalkan reaktor. Maka dapat disimpulkan, cacing *E. eugeniae* hasil proses aklimatisasi mampu bertahan dan menerima kondisi lingkungan dalam reaktor.

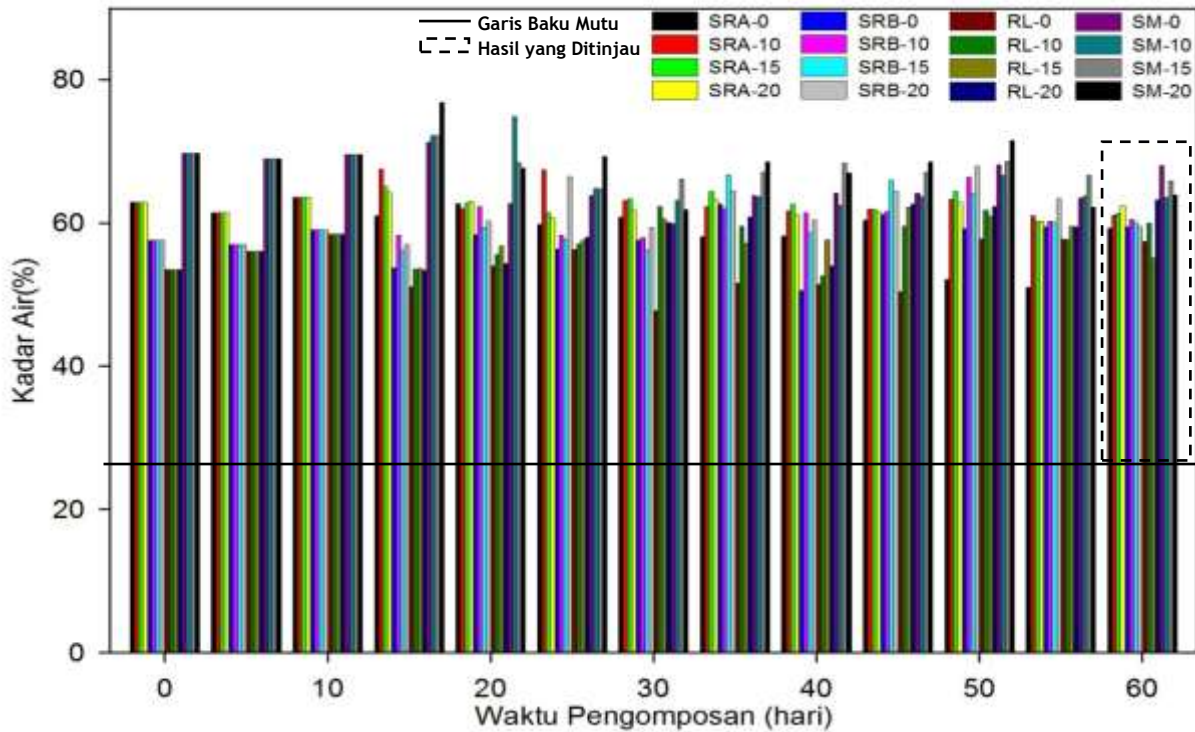
Hasil analisis parameter laboratorium selama 60 hari, disajikan dalam bentuk grafik batang. Sumbu vertikalnya adalah parameter dan sumbu horisontalnya adalah waktu pengomposan. Pada sumbu horisontal, telah diurutkan dari hari pertama hingga terakhir. Pada satu kolom waktu, misalnya hari ke-0 telah dikelompokkan SRA-0, SRA-10, SRA-15, SRA-20 (dari kiri) dengan warna yang berbeda, dan seterusnya. Pada grafik terdapat garis lurus horisontal berwarna hitam yang menunjukkan baku mutu parameter menurut Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011.

4.2.1 Kadar Air

Analisis kadar air perlu dilakukan untuk mengontrol kadar air agar proses *vermicomposting* berlangsung optimum. Hal ini dikarenakan air dalam substrat digunakan oleh mikroorganisme dan cacing untuk proses metabolisme di dalam sel (Trihadiningrum, 2002). Kadar air harus dipertahankan dalam rentang 50-60% selama pengomposan. Kadar air yang kurang dari 40% akan berakibat pengomposan berlangsung lambat, sebaliknya apabila kadar air melebihi 70% akan mengganggu pergerakan oksigen dan menciptakan kondisi anaerob (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Analisis kadar air dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.4, hasil analisisnya dapat dilihat pada

Lampiran B, Tabel B.1.1 sampai B.1.13. Analisis kadar air dilakukan setiap 5 hari, namun pada bab ini ditampilkan grafik hasil analisis setiap 10 hari agar terlihat jelas. Grafik hasil analisis kadar air dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Berdasarkan hasil analisis kadar air pada Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa kadar air rata-rata cenderung stabil pada 50-60%. Kadar air substrat dalam reaktor SRA rata-rata 61,84%. Kadar air terendah terdapat dalam reaktor SRA-0 yaitu 51,02% pada hari ke-55. Kadar air tertinggi yaitu 67,47% dalam reaktor SRA-10 pada hari ke-15. Kadar air substrat dalam reaktor SRB rata-rata 59,81%. Kadar air terendah terdapat dalam reaktor SRB-0 yaitu 50,59% pada hari ke-40. Kadar air tertinggi terdapat dalam reaktor SRB-20 yaitu sebesar 67,93% pada hari ke-50. Kadar air substrat dalam reaktor RL memiliki rata-rata kadar air sebesar 56,86%. Kadar air ini paling rendah dibandingkan dengan reaktor lainnya. Kadar air terendah reaktor RL terdapat dalam RL-0 yaitu 47,78% pada hari ke-30. Kadar air tertinggi terdapat pada reaktor RL-20 yaitu 63,33% pada hari ke-60. Rata-rata kadar air substrat dalam reaktor SM yaitu 67,19%. Kadar air terendah terdapat dalam reaktor SM-0 yaitu 59,90% pada hari ke-30. Kadar air tertinggi reaktor SM pernah terjadi dalam reaktor SM-20 yaitu 76,81 pada hari ke-20. Sebagian besar kadar air terendah terdapat dalam reaktor kontrol (tanpa penambahan cacing). Hal ini disebabkan pada reaktor kontrol, tidak banyak respirasi makhluk hidup di dalamnya. Kadar air yang relatif tinggi terdapat pada reaktor SM dan kadar air yang relatif rendah terdapat pada reaktor RL. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sumber bahan baku. Rendahnya kadar air juga dapat disebabkan karena terjadinya aktivitas konsumsi air oleh mikroorganisme dan cacing selama pengomposan dan penguapan air. Sedangkan tingginya kadar air disebabkan oleh aktivitas makhluk hidup yaitu respirasi. Respirasi akan menghasilkan air sehingga kadar air bertambah (Coulibaly dan Zoro, 2010).



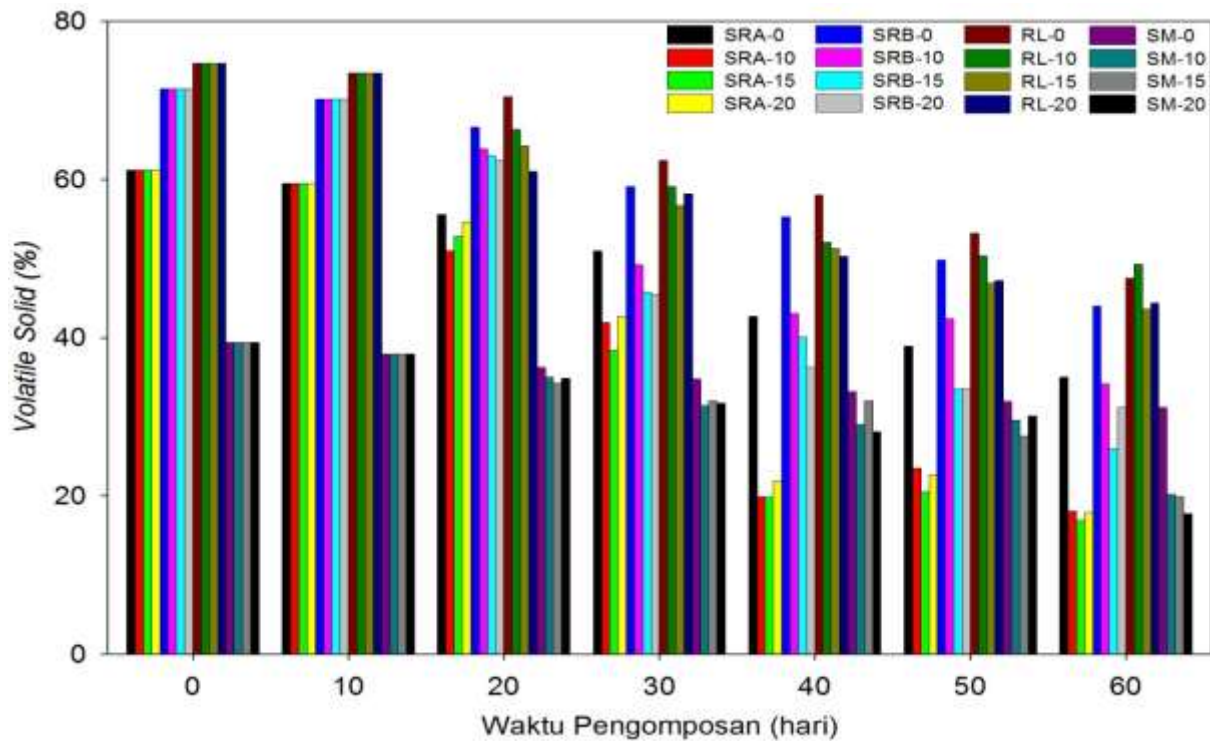
Gambar 4.1 Hasil Analisis Kadar Air

4.2.2 Volatile Solid

Analisis *volatile solid* dilakukan untuk memperoleh kadar karbon (C). Dalam penelitian ini, C-organik adalah 0,58 kali *volatile solid* dan C-total adalah sisa abu dari *volatile solid* yang dibakar kembali dengan suhu $>750^{\circ}\text{C}$. Hubungan antara *volatile solid* dan C dinyatakan dalam beberapa penelitian yang telah dijelaskan pada Bab 2, Sub-bab 2.9. Analisis *volatile solid* untuk menentukan besarnya material organik yang mampu didegradasi oleh cacing *E.eugeniae*. Analisis *volatile solid* dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.4, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.2.1 sampai B.2.13. Grafik hasil analisis *volatile solid* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Berdasarkan hasil analisis *volatile solid* pada Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa rata-rata *volatile solid* pada reaktor RL tertinggi dan reaktor SM terendah. Rata-rata *volatile solid* SRA adalah 41,75%. Kadar *volatile solid* terendah dimiliki SRA-15 pada hari ke-60 yaitu 16,95% dan kadar *volatile solid* tertinggi yaitu 61,18% dimiliki oleh semua reaktor pada tahap *pra-composting*. Penurunan kadar *volatile solid* pada reaktor SRA yaitu 72,29%. Rata-rata *volatile solid* SRB adalah 53,75%. Kadar *volatile solid* terendah dimiliki SRB-15 yaitu 25,98 pada hari ke-60 dan kadar *volatile solid* tertinggi yaitu 71,45 dimiliki oleh semua reaktor pada tahap *pra-composting*. Penurunan kadar *volatile solid* pada reaktor SRB yaitu 63,63%. Rata-rata *volatile solid* RL adalah 60,20%. Kadar *volatile solid* terendah dimiliki RL-15 yaitu 43,61% pada hari ke-60 dan kadar *volatile solid* tertinggi yaitu 74,73 dimiliki oleh semua reaktor pada tahap *pra-composting*. Penurunan kadar *volatile solid* pada reaktor RL yaitu 41,64%. Rata-rata *volatile solid* SM adalah 32,52%. Kadar *volatile solid* terendah dimiliki SM-20 yaitu 17,78% pada hari ke-60 dan kadar *volatile solid* tertinggi yaitu 39,44% dimiliki oleh semua reaktor pada tahap *pra-composting*. Penurunan kadar *volatile solid* pada reaktor SM yaitu 23% pada hari ke-30 dan 54,91% pada hari ke-60.

Pada hari ke-60, semua reaktor mengalami penurunan *volatile solid*. Semakin lama waktu pengomposan, *volatile solid*



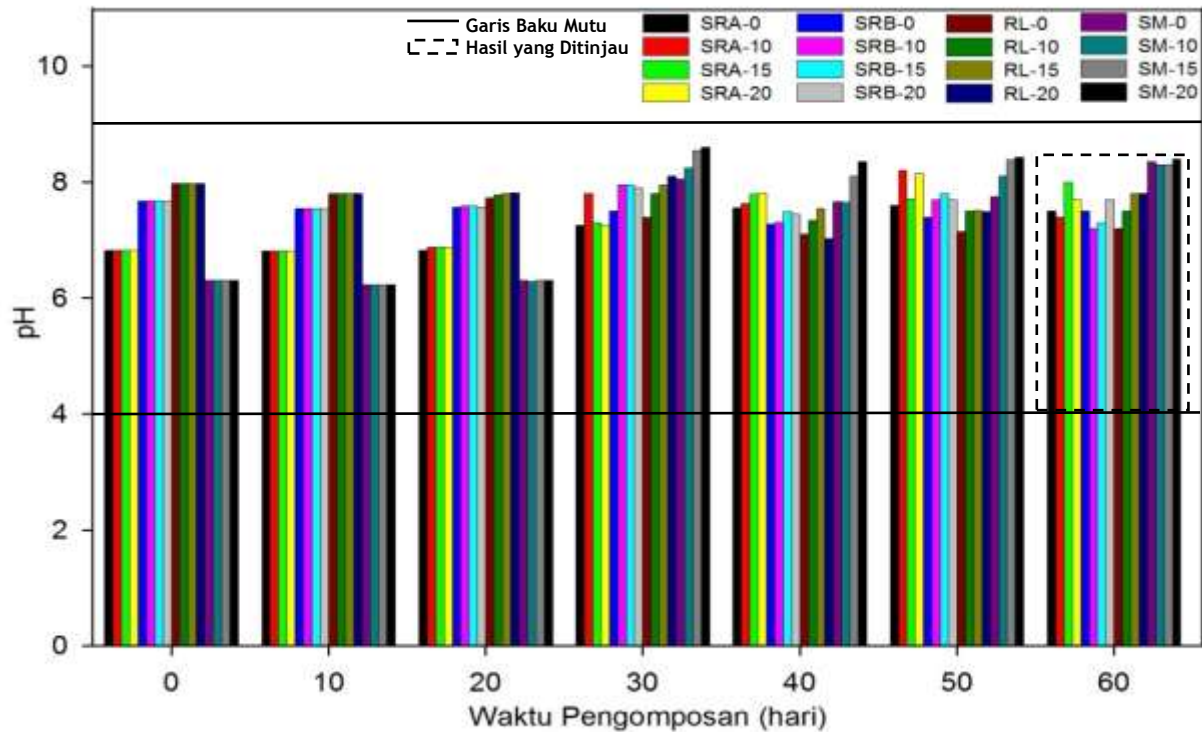
Gambar 4.2 Hasil Analisis *Volatile Solid*

semakin rendah. Penurunan kadar *volatile solid* terbesar terjadi pada reaktor SRA yaitu sebesar 72,29%. Penurunan tersebut disebabkan karena perbandingan komposisi yang sama antara residu dan sampah. Perbandingan ini menghasilkan dekomposisi karbon atau material organik yang cepat. Hal ini berbeda dengan komposisi SRB yang lebih banyak karbon dari residu larva BSF, menyebabkan penurunan kadar *volatile solid* tidak sebesar pada SRA. Maka komposisi SRA adalah perbandingan yang terbaik untuk degradasi material organik dalam waktu lebih cepat. Sementara itu, penurunan *volatile solid* sampah sisa makanan sebesar 20% pada hari ke-30. Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan Lau dan Lemus (2002), degradasi *volatile solid* dalam 4 minggu mencapai 20% pada sampah makanan. Laju penurunan *volatile solid* pada SM paling rendah karena sebanding dengan jumlah karbon yang dimiliki oleh sampah sisa makanan lebih rendah dibandingkan residu larva BSF.

4.2.3 pH

Analisis pH dilakukan untuk mengontrol nilai pH agar pengomposan berjalan optimum. pH awal sampah sisa makanan yaitu 5,3 dan pH residu larva BSF yaitu 7,9. Nilai pH bahan baku tersebut, menjadi salah satu pertimbangan membuat komposisi SRA dan SRB. Komposisi SRA dan SRB diharapkan mampu menciptakan pH yang diterima cacing yaitu 7,0-7,5. Walaupun cacing tanah mampu bertahan pada pH 5,9 namun kemampuan degradasinya akan melambat (Anwar, 2013). Analisis pH dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.3, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.3. Analisis pH dilakukan setiap 5 hari, namun pada bab ini ditampilkan grafik hasil analisis setiap 10 hari agar terlihat jelas. Grafik hasil analisis pH yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Berdasarkan hasil analisis pH pada Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa pH mengalami kenaikan pada hari ke-30 kemudian cenderung stabil. Ada reaktor yang mengalami penurunan pH yaitu reaktor RL. Penurunan pH disebabkan karena terjadi penguraian *polisakarida* dan *selulosa* menjadi asam-asam



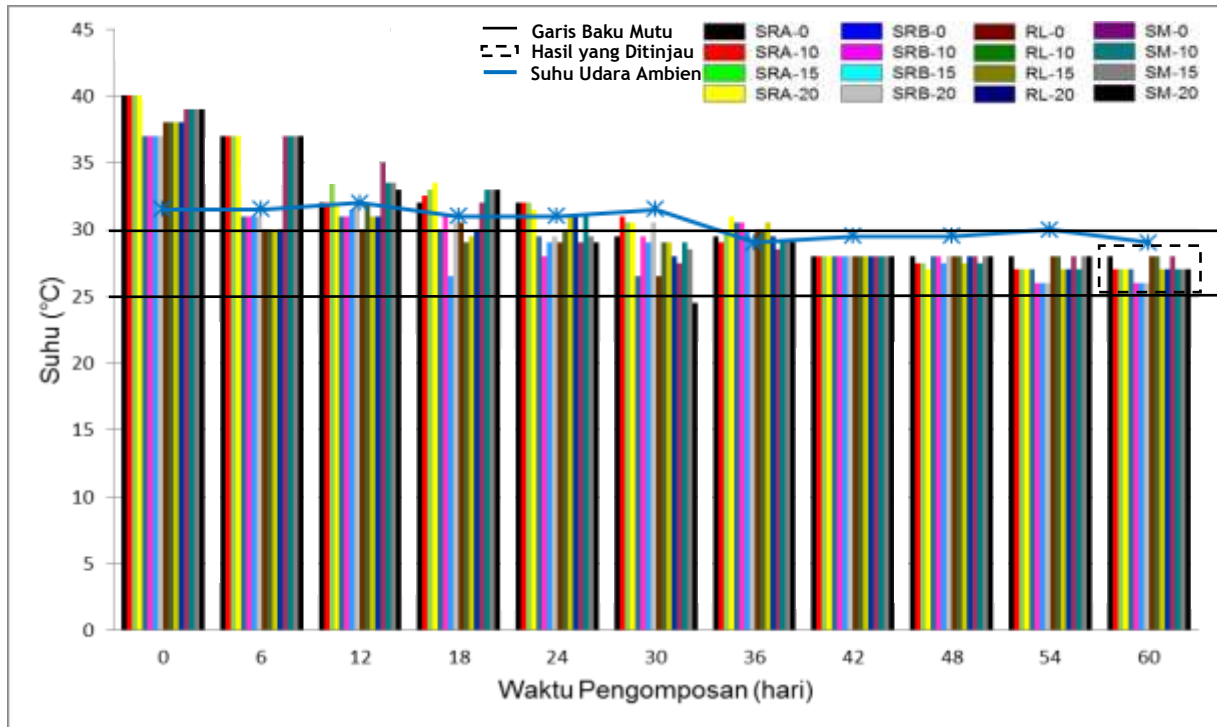
Gambar 4.3 Hasil Analisis pH

organik oleh mikroorganisme (Xueling, 2006). Ini sebabnya pada hari ke-0 sampai dengan hari ke-20 pH cenderung rendah karena pembentukan asam organik. Kemudian pH meningkat pada hari ke-30 karena berhubungan dengan pemanfaatan asam-asam organik sebagai substrat dan membentuk amonia. Proses amonifikasi ini membentuk ion OH^- yang menambah nilai pH. Kemudian pH cenderung stabil pada rentang nilai pH netral 7,0-8,5 karena adanya CO_2 dan air dari metabolisme cacing dan mikroorganisme. Reaksi antara air dan CO_2 ini akan menghasilkan senyawa bikarbonat (H_2CO_3). Menurut Sari *et al.* (2015), senyawa bikarbonat memiliki kemampuan sebagai *buffer* pH, jadi larutan asam akan tetap asam, sebaliknya larutan yang basa akan tetap basa.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011, nilai pH dalam standar kualitas pupuk organik yaitu pada rentang 4-9. Maka, komposisi yang memenuhi pH tersebut adalah semua komposisi.

4.2.4 Suhu

Analisis suhu dilakukan untuk mengontrol suhu agar bahan komposisi dapat menjadi media yang tepat untuk cacing. Dalam hal ini, suhu sangat berpengaruh terhadap aktivitas metabolisme, pertumbuhan, dan respirasi cacing. Suhu yang baik untuk jenis cacing *E. eugeniae* adalah 21-29°C. Namun, cacing masih mampu bertahan hidup sampai suhu 35°C. Jika melebihi suhu tersebut, cacing akan mati dan mikroorganisme tidak dapat melakukan metabolismenya dengan baik (Anwar, 2013). Maka dilakukan *pra-composting* agar dapat menurunkan dan menstabilkan suhu bahan baku. Suhu bahan baku selama *pra-composting* dapat turun sebesar $\pm 8^\circ\text{C}$. Analisis suhu dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.2, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.4. Analisis suhu dilakukan setiap 2 hari, namun pada bab ini ditampilkan grafik hasil analisis setiap 6 hari agar terlihat jelas. Grafik hasil analisis suhu yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Analisis Suhu

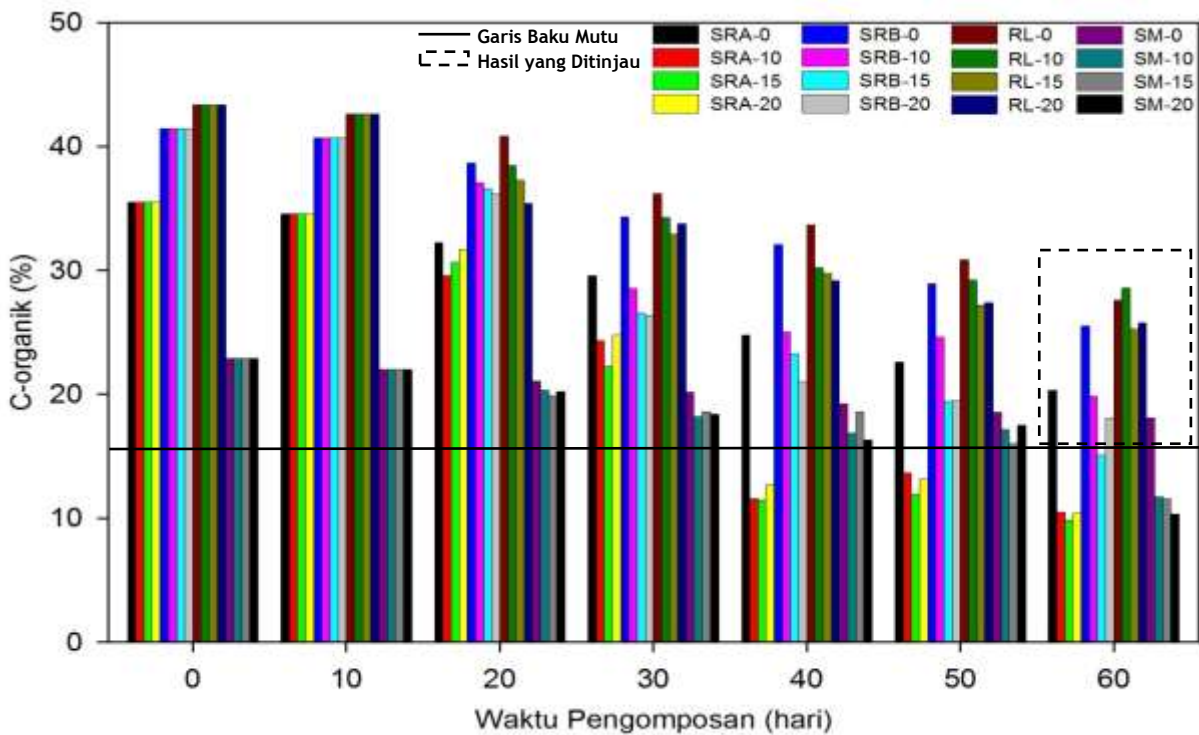
Hasil analisis suhu pada Gambar 4.4, dapat dilihat bahwa pada hari ke-0 (*pra-composting*) semua bahan memiliki suhu 37°C-40°C. Kemudian suhu menurun seiring pertambahan waktu sampai hari ke-10. Suhu tidak mencapai fase *termofilik* karena dilakukan pengadukan selama *pra-composting*. Pengadukan sampah dapat menurunkan suhu (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Analisis suhu pada *vermicomposting* menunjukkan bahwa suhu mengalami fluktuasi hingga hari ke-60. Kenaikan suhu terjadi pada beberapa reaktor pada hari ke-30 dan penurunan suhu hampir terjadi di semua reaktor setelah hari ke-36. Kemudian pada hari ke-40 sampai hari ke-60 suhu cenderung stabil. Peningkatan suhu dipengaruhi oleh kadar air bahan. Semakin tinggi kadar air bahan, menyebabkan konsumsi air oleh mikroorganisme tinggi, sehingga kadar air menurun. Turunnya kadar air ini menyebabkan suhu meningkat. Penurunan suhu disebabkan oleh adanya penurunan aktivitas mikroorganisme karena materi organik yang harus diuraikan semakin sedikit (Sulaiman, 2010). Kemudian pada hari ke-40 sampai hari ke-60 suhu cenderung stabil karena energi hasil metabolisme cacing terlalu kecil sehingga tidak berdampak pada substrat.

4.2.5 C-organik

Analisis C-organik dilakukan karena C-organik menunjukkan jumlah karbon yang dijadikan sebagai sumber energi oleh mikroorganisme (Andhika dan Dodi, 2009). C-organik diukur dari 0,58 kali kadar *volatile solid*. Tujuan menentukan C-organik yaitu untuk menghitung rasio C/N organik. Dalam hal ini, N yang digunakan adalah N-organik. Analisis C-organik dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.4, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.2.1 sampai B.2.13. Grafik hasil analisis C-organik dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Hasil analisis C-organik pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa rata-rata C-organik tertinggi terdapat pada komposisi RL yaitu sebesar 34,92%. Rata-rata C-organik terendah terdapat pada komposisi SM yaitu 18,86%. Pada tahap *pra-composting*



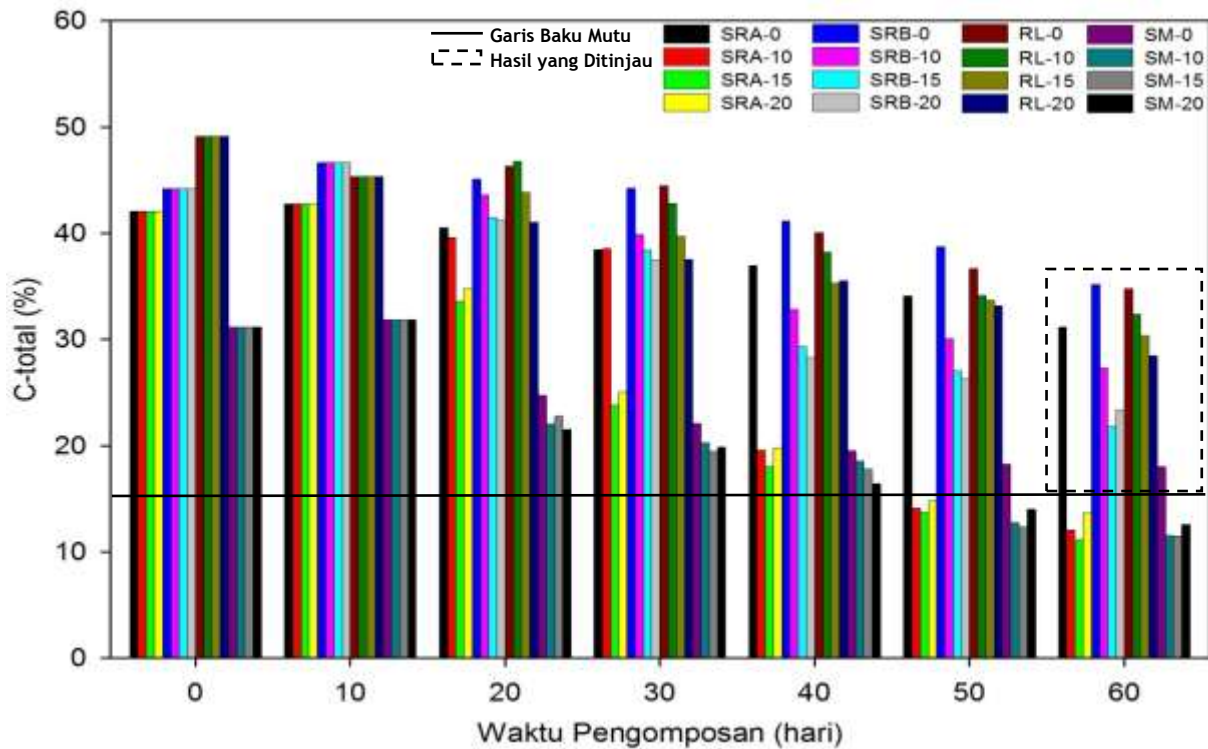
Gambar 4.5 Hasil Analisis C-organik

selama 10 hari, C-organik cenderung tetap. Hal ini disebabkan tidak ada cacing yang ditambahkan, sehingga substrat tidak banyak terdekomposisi. Setelah *pra-composting*, C-organik mengalami penurunan pada semua reaktor. Penurunan C-organik terbesar terjadi pada komposisi SRA yaitu 72,30% dengan variasi SRA-15 mengalami penurunan terbesar menjadi 9,83%. C-organik terbentuk karena adanya gula dalam *selulosa*. Residu larva BSF masih banyak mengandung *selulosa* (Dortmans *et al.*, 2017). Hal ini menyebabkan kadar C-organik pada residu larva BSF tinggi. Penurunan C-organik disebabkan karena adanya dekomposisi karbon (*selulosa*) oleh mikroorganisme dan cacing. Semakin sedikit jumlah *selulosa* maka C-organik akan menurun (Mulyadi, 2008). Penurunan C-organik terbesar terjadi pada reaktor dengan jumlah cacing yang banyak. Semakin banyak jumlah cacing, maka akan memperbesar penurunan C-organik.

4.2.6 C-total

Analisis C-total dilakukan untuk menentukan tingkat dekomposisi substrat oleh mikroorganisme dan cacing. C-total merupakan karbon dalam bentuk organik dan anorganik. C-organik bersumber dari *selulosa*, gula, dan karbohidrat, sedangkan C-anorganik tersusun dari karbon dioksida (CO₂), asam bikarbonat (H₂CO₃), karbon monoksida (CO), dan lain-lain. Dalam prosesnya, C-anorganik akan dihasilkan ketika dekomposisi C-organik. Sehingga penurunan C-organik akan berpengaruh terhadap penurunan C-total. Tujuan menentukan kadar C-total yaitu untuk menghitung rasio C/N total. Dalam hal ini, N yang digunakan adalah N-total. Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), rasio C/N untuk parameter kematangan kompos menggunakan C-total karena karbon dalam standar kualitas kompos didasarkan pada C-total. Analisis C-total Analisis C-total dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.4, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.2.1 sampai B.2.13. Grafik hasil analisis C-total dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Hasil analisis C-total pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa rata-rata C-total tertinggi dimiliki oleh komposisi RL yaitu sebesar



Gambar 4.6 Hasil Analisis C-total

40,47%. Rata-rata C-total terendah pada komposisi SM yaitu 21,71%. Pada tahap *pra-composting* selama 10 hari, C-total cenderung tetap. Hal ini disebabkan tidak ada cacing yang ditambahkan menyebabkan material organik tidak banyak terdekomposisi sehingga C-total tidak banyak mengalami penurunan. Setelah *pra-composting*, C-total mengalami penurunan pada semua reaktor. Penurunan C-total terbesar terjadi pada komposisi SRA yaitu 74,00% dan pada reaktor SRA-15 mengalami penurunan C-total menjadi 11,12%. Penurunan C-total berhubungan dengan penurunan C-organik. C-organik menurun karena adanya konsumsi gula dalam *selulosa* oleh mikroorganisme dan cacing. Aktivitas ini akan menghasilkan C-anorganik dalam bentuk CO_2 dan H_2CO_3 . Namun, CO_2 akan dilepaskan ke udara dan H_2CO_3 di dalam reaktor menjadi agen penyangga bagi nilai pH (Sari *et al.*, 2015). Penguraian senyawa-senyawa karbon dalam substrat akan menghasilkan CO_2 , H_2O , dan energi. Lepasnya CO_2 ke udara menyebabkan kadar C-anorganik berkurang, sehingga C-total menurun. Penurunan C-total terbesar terjadi pada reaktor dengan jumlah cacing yang banyak. Penurunan C-total menunjukkan hubungan yang sebanding dengan C-organik, dimana C-organik menurun karena terdekomposisi, C-anorganik menurun karena terkonversi menjadi CO_2 kemudian dilepaskan ke udara, sehingga kadar C-total juga menurun.

4.2.7 Total Nitrogen

Dalam penelitian ini, total nitrogen yang dianalisis dalam bentuk amonium, nitrat, dan TKN. Nitrogen digunakan untuk sintesis sitoplasma, dinding sel, klorofil, enzim, dan metabolisme. Nitrogen ini baru bisa dimanfaatkan tanaman setelah melalui beberapa tahap reaksi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Marina, 2010). Menurut Pramaswari (2011), TKN merupakan jumlah nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Amonia merupakan senyawa anorganik dari hasil dekomposisi protein (Thom dan Utomo, 1991). Maka dalam penelitian ini, dilakukan analisis amonium untuk menentukan besarnya nitrogen

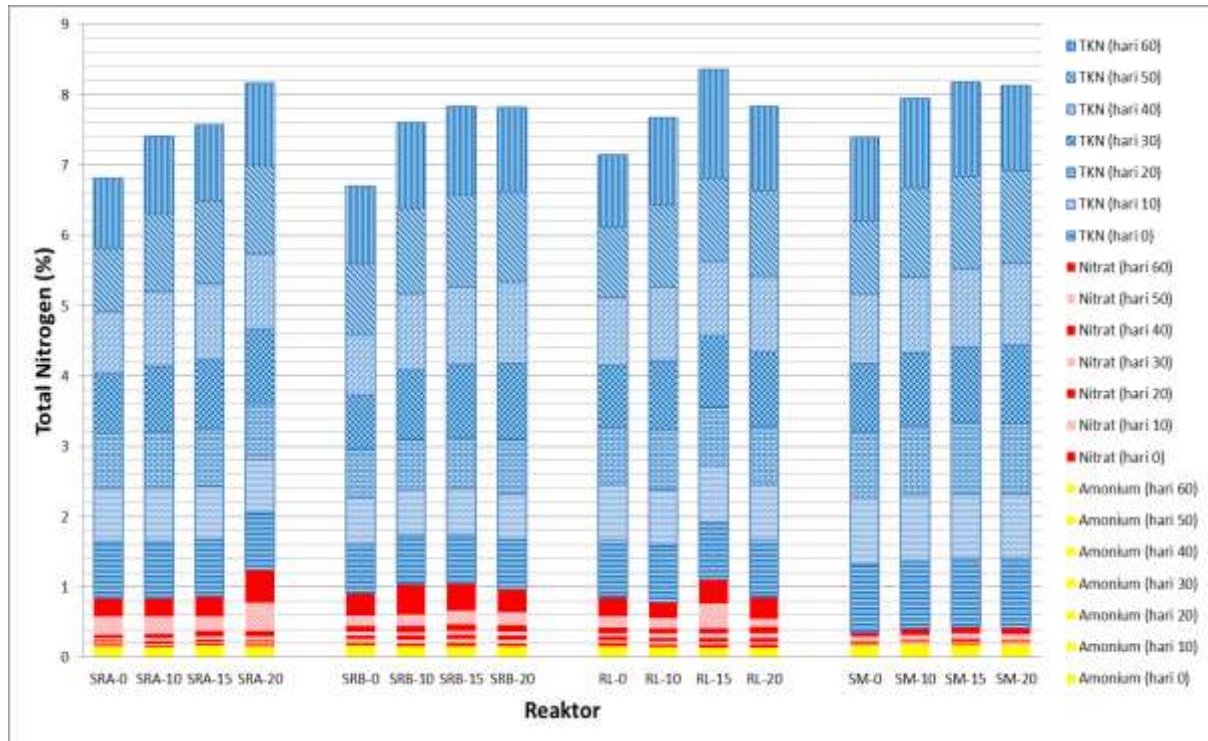
anorganik yang terkandung dalam amonium. Selain itu, nitrat juga dianalisis karena merupakan hasil perombakan dari amonium oleh mikroorganisme dan cacing. Analisis total nitrogen dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.5 sampai C.4.7, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.5.1 sampai B.7.7. Grafik hasil analisis total nitrogen dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa konsentrasi amonium dan TKN pada reaktor SM paling tinggi, sebaliknya konsentrasi nitratnya rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian Sitorus (2013), bahwa tingginya nilai TKN dan amonium tidak sebanding dengan konsentrasi nitrat. Adanya peningkatan nitrogen akan mempengaruhi nilai TKN. TKN dibentuk dari protein kemudian dirombak enzim *proteolitik* menjadi asam amino yang kemudian melalui proses hidrolisis menghasilkan amonia. Secara kumulatif, total nitrogen pada SRA-20 dan RL-15 paling tinggi dibandingkan komposisi lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi nitrat yang terbentuk pada komposisi tersebut.

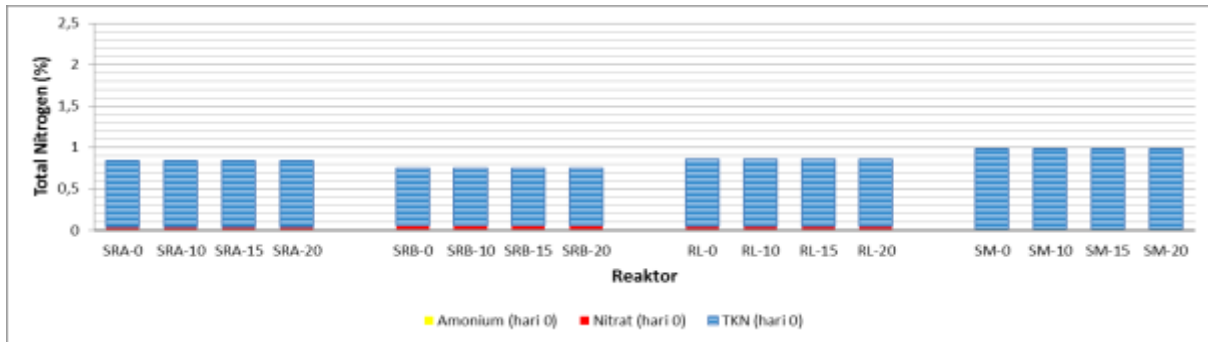
Total nitrogen akan meningkat seiring penurunan karbon (Loh, 2005). Peningkatan total nitrogen merupakan hasil dari penguraian protein menjadi asam amino, kemudian asam amino mengalami amonifikasi menjadi amonium. Amonium akan dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat.

Gambar 4.7 merupakan grafik kumulatif konsentrasi total nitrogen dalam bentuk amonium, nitrat, dan TKN pada masing-masing reaktor selama 60 hari. Agar lebih jelas disajikan juga grafik secara detail konsentrasi total nitrogen setiap 10 hari yang dapat dilihat pada Gambar 4.8-4.14.

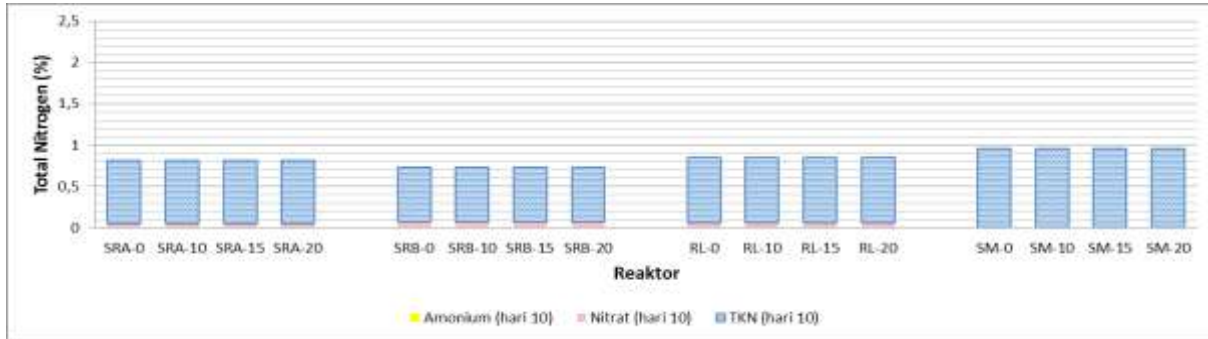
Analisis amonium bertujuan untuk menentukan besarnya nitrogen yang terkandung dalam amonium selama proses dekomposisi senyawa organik oleh cacing dan mikroorganisme. Hasil analisis amonium digunakan untuk menghitung N-organik yaitu dengan mengurangi TKN dan amonium. Penentuan ini berdasarkan penelitian Thom dan Utomo (1991), kadar TKN diukur dari jumlah nitrogen dalam N-organik dan N-anorganik.



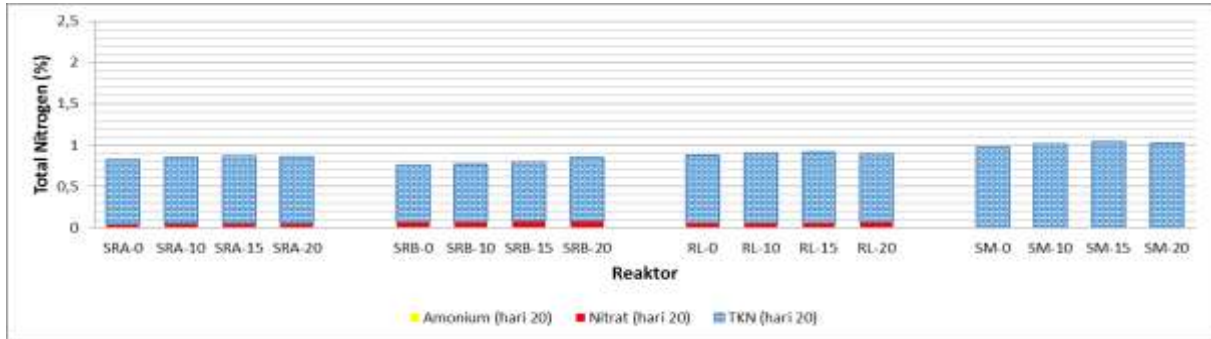
Gambar 4.7 Hasil Analisis Total Nitrogen



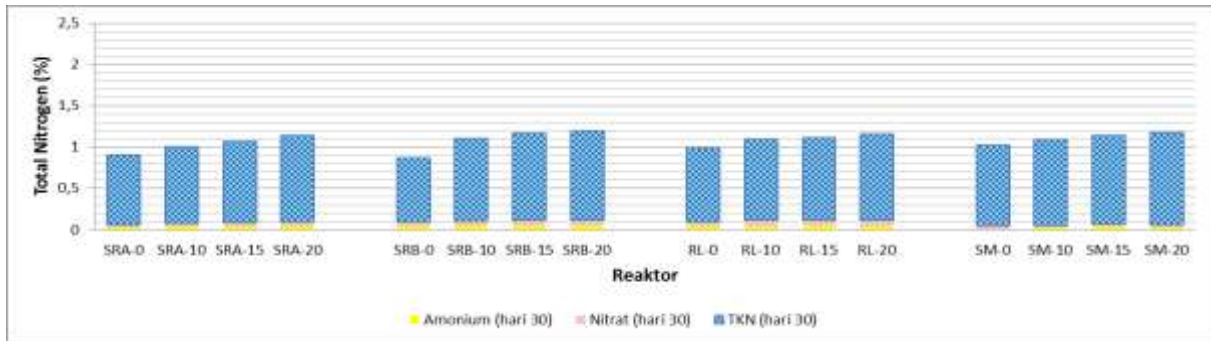
Gambar 4.8 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-0



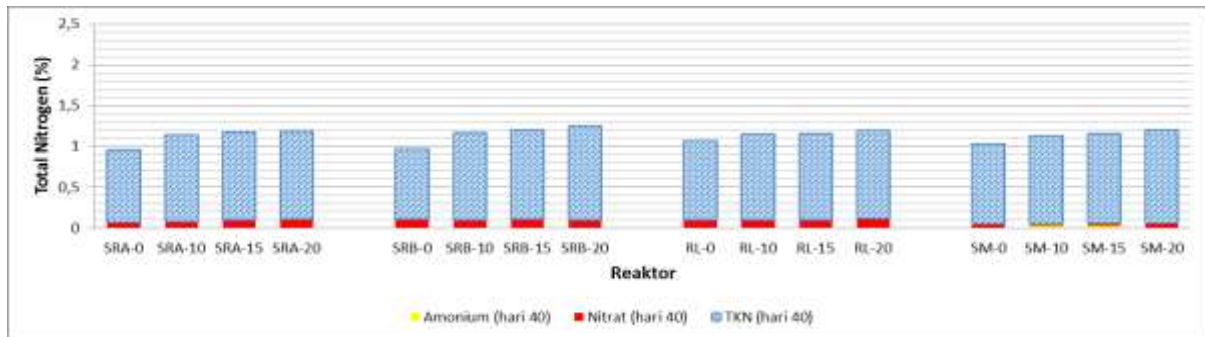
Gambar 4.9 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-10



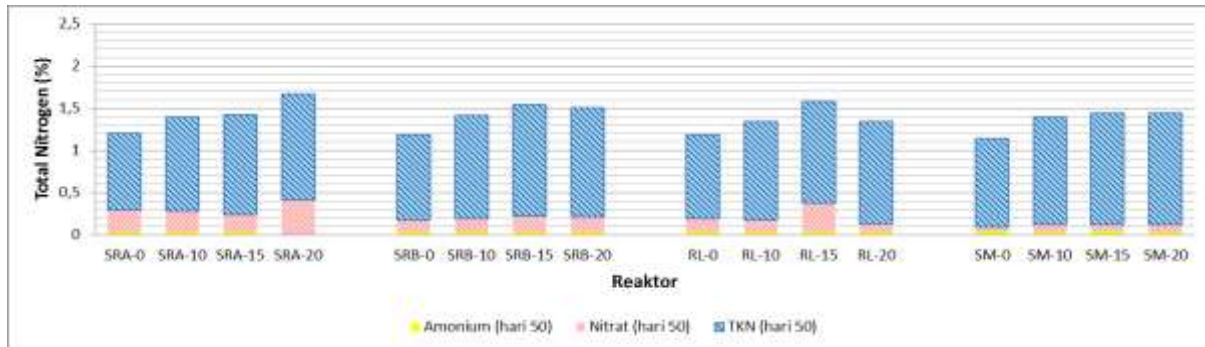
Gambar 4.10 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-20



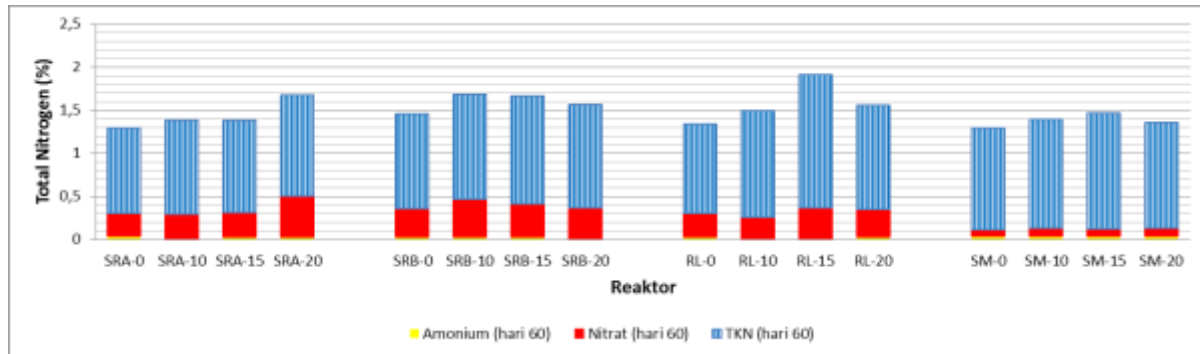
Gambar 4.11 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-30



Gambar 4.12 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-40



Gambar 4.13 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-50



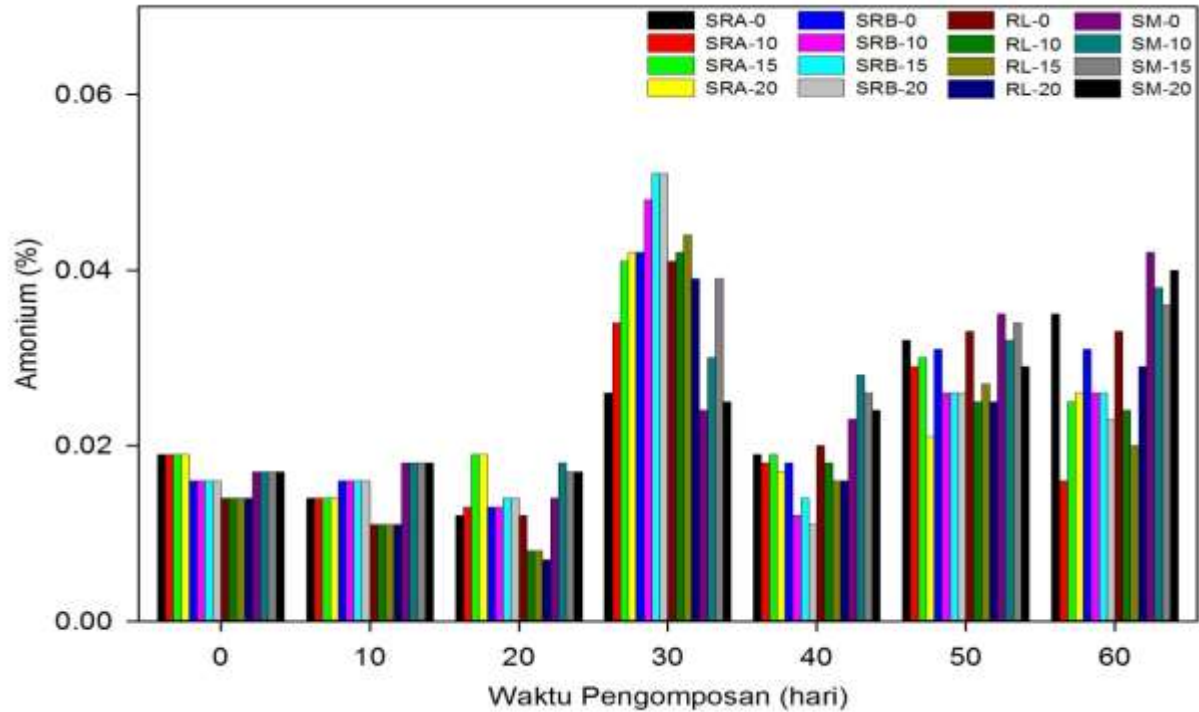
Gambar 4.14 Hasil Analisis Total Nitrogen Hari ke-60

Amonia merupakan senyawa anorganik dari hasil dekomposisi protein. Maka semakin rendah konsentrasi amonium, nilai N-organiknya akan semakin besar. Dengan demikian, rasio C/N organik akan semakin rendah. Analisis amonium dilakukan setiap 10 hari, hasil analisisnya disajikan dalam grafik pada Gambar 4.15

Hasil analisis amonium pada Gambar 4.15, dapat dilihat bahwa amonium mengalami fluktuasi. Rata-rata konsentrasi amonium terbesar dimiliki oleh komposisi SM yaitu sebesar 0,025%. Konsentrasi tertinggi terdapat dalam reaktor SM-0 pada hari ke-60. Konsentrasi terendah terdapat dalam reaktor SM-0 pada hari ke-20. Tingginya konsentrasi amonium pada komposisi SM berhubungan dengan karakteristik awal bahan baku bahwa sampah sisa makanan memiliki amonium dan kadar air yang lebih besar daripada residu larva BSF.

Kenaikan konsentrasi amonium tertinggi terjadi pada hari ke-30. Peningkatan konsentrasi amonium disebabkan oleh perombakan protein oleh enzim dan membentuk asam amino, kemudian menghasilkan amonia. Kemudian penurunan secara fluktuatif konsentrasi amonium pada hari ke 40 sampai hari ke-50, disebabkan karena amonium berubah menjadi nitrat (Siswanto, 2012). Kemudian pada hari ke-60 meningkat kembali karena berhubungan dengan peningkatan TKN sehingga nitrogen organik yang terikat dalam substrat juga meningkat. Nitrogen dan amonia tersebut merupakan hasil metabolisme cacing berupa kotoran cacing.

Setelah analisis amonium, kemudian dilakukan analisis nitrat. Analisis nitrat bertujuan untuk menentukan tingkat degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme dan cacing selama proses pengomposan. Hasil analisis nitrat digunakan untuk menghitung N-total yaitu dengan menjumlahkan TKN dan nitrat. Dalam perhitungan N-total, amonium tidak dijumlahkan karena amonium sudah terkonversi menjadi nitrat. Jadi nilai nitrogen amonium sudah terkonversi menjadi nitrogen dalam bentuk nitrat. Nitrat merupakan hasil mineralisasi protein dari amonia kemudian dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat.

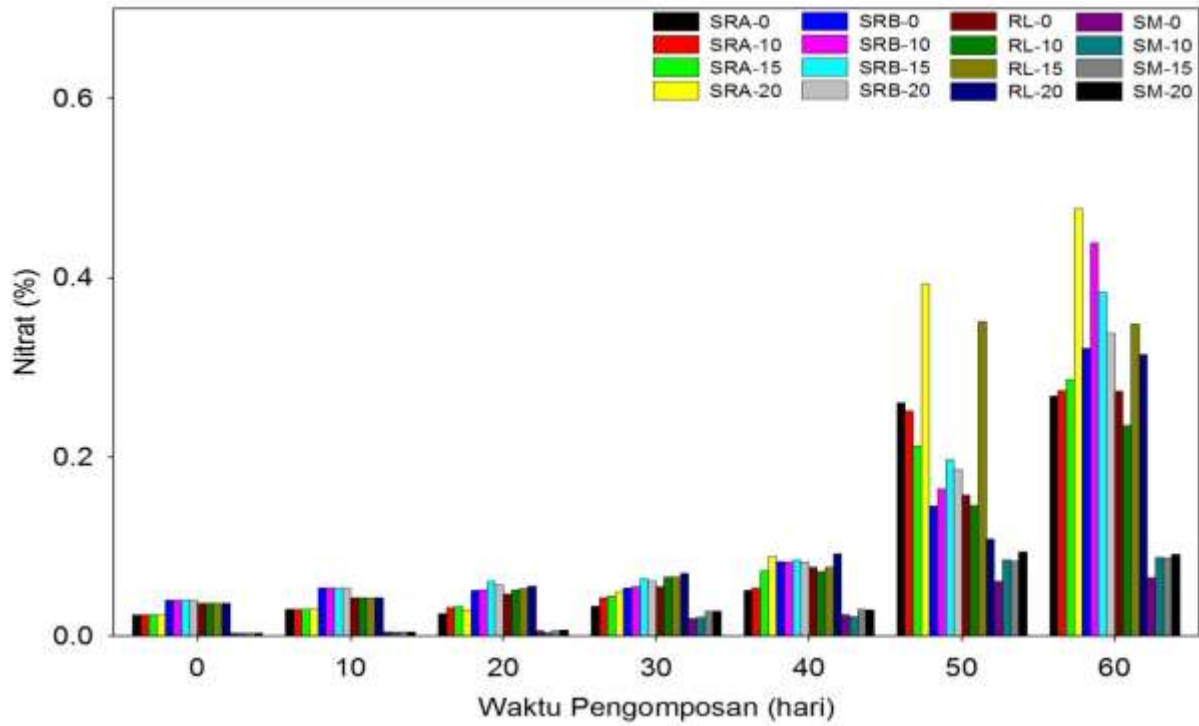


Gambar 4.15 Hasil Analisis Amonium

Proses pembentukan nitrat dilakukan oleh dua jenis bakteri yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* akan mengoksidasi amonia menjadi nitrit. Bakteri *nitrobacter* akan mengoksidasi nitrit menjadi nitrat dan mengikat CO₂ untuk memenuhi kebutuhan energi dan karbon (Trihadiningrum, 2012). Nitrit adalah senyawa *intermediet* yang nilainya tidak stabil dan dapat diabaikan. Nitrogen dalam nitrat merupakan sumber sintesis bagi sel mikroorganisme dan cacing. Maka semakin banyak konsentrasi nitrat, semakin banyak pula sel-sel mikroba dan cacing yang tersintesis. Analisis nitrat dilakukan setiap 10 hari, hasil analisisnya disajikan dalam grafik pada Gambar 4.16.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.16, nitrat cenderung mengalami peningkatan. Peningkatan konsentrasi nitrat sangat pesat pada hari ke-50 sampai hari ke-60 pengomposan. Rata-rata konsentrasi nitrat tertinggi dimiliki oleh komposisi SRB. Komposisi SRB adalah komposisi yang lebih banyak residu larva BSF. Selain banyak mengandung karbon, residu larva BSF adalah hasil dekomposisi larva BSF yang menghasilkan nitrat. Rata-rata konsentrasi nitrat SRB mencapai 0,119% dengan konsentrasi tertinggi yaitu 0,439% dalam reaktor SRB-10 pada hari ke-60. Hal ini disebabkan proses nitrifikasi berlangsung lancar dan banyak konsentrasi nitrat yang dihasilkan.

Ada beberapa reaktor yang mengalami kondisi stabil dan konsentrasi nitratnya menurun. Kondisi ini terjadi pada reaktor SM-20 pada hari ke-60, dimana penurunan nitrat sebesar 0,003%. Penurunan nitrat terjadi akibat konsentrasi amonium berkurang. Berkurangnya konsentrasi amonium diakibatkan sebagian besar amonia yang dihasilkan tidak segera dikonversi maka akan menguap ke udara. Hal ini berkaitan dengan laju metabolisme mikroorganisme dan cacing. Konsentrasi nitrat tertinggi terjadi pada hari ke-60 pada reaktor SRA-20, SRB-10, RL-15, dan SM-20. Konsentrasi nitrat pada semua reaktor SM selalu lebih rendah daripada reaktor lainnya, namun mengalami peningkatan setiap 10 hari. Hal ini berhubungan dengan material organik sampah sisa makanan yang juga lebih rendah.

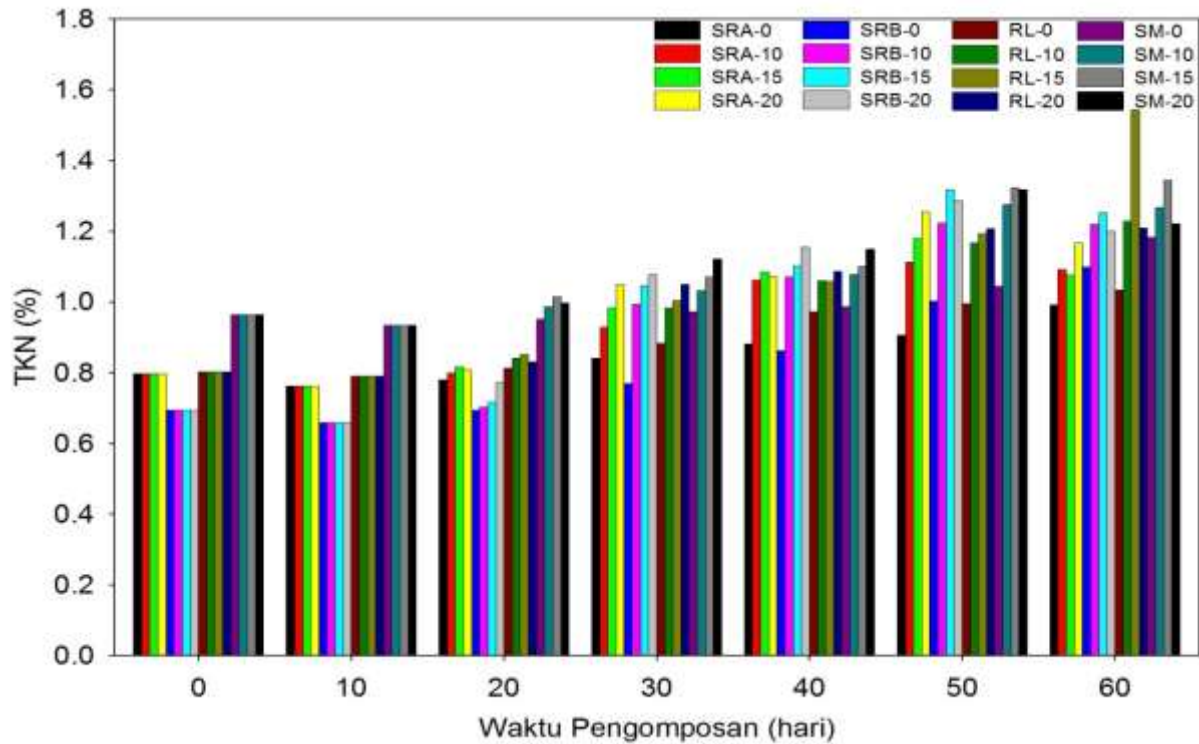


Gambar 4.16 Hasil Analisis Nitrat

Selain analisis amonium dan nitrat, juga dilakukan analisis TKN. Analisis TKN dilakukan setiap 10 hari, hasil analisisnya disajikan dalam grafik pada Gambar 4.17. Berdasarkan Gambar 4.17, menunjukkan bahwa nilai TKN pada tahap *pra-composting* cenderung stabil. Setelah *pra-composting*, nilai TKN mengalami peningkatan secara terus-menerus. Rata-rata nilai TKN yang terbesar dimiliki komposisi SM yaitu sebesar 1,072%, namun nilai TKN terbesar dimiliki oleh reaktor RL-15 yaitu sebesar 1,543%. Peningkatan nilai TKN disebabkan karena adanya peningkatan nitrogen. Nitrogen yang dimaksud adalah nitrogen organik. Menurut Rahmawati (2015), TKN mengalami peningkatan dikarenakan adanya peningkatan nitrogen organik dalam substrat yang dipengaruhi oleh cacing. Pengaruh cacing yaitu berupa lendir, enzim, atau ekskresi material yang mengandung nitrogen seperti kotoran cacing (*vermicompost*).

Peningkatan nilai TKN tidak terlalu signifikan pada reaktor kontrol (tanpa cacing). Hal ini disebabkan karena metabolisme zat organik hanya dilakukan oleh mikroorganisme saja dan tanpa adanya bantuan cacing. Kemudian pada reaktor seperti SRA-0 pada hari ke-20, SM-15 pada hari ke-20 dan hari ke-50, terjadi penurunan nilai TKN. Penurunan ini mencapai 0,003%. Penurunan nilai TKN terjadi karena adanya aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan amonia yang diawali dengan pemafaatan nitrogen oleh mikroorganisme dan cacing

Selama proses *vermicomposting*, nilai TKN semakin meningkat. Peningkatan secara signifikan terjadi pada reaktor RL-15 pada hari ke-60, sebesar 0,4% dari 10 hari sebelumnya. Secara umum, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pengomposan, maka semakin besar aktivitas mikroorganisme dan cacing dalam mendegradasi material organik yang menghasilkan nitrogen dalam bentuk nitrat. Secara khusus terjadi pada reaktor RL yang memiliki kandungan C-organik yang lebih tinggi dari pada reaktor lainnya.



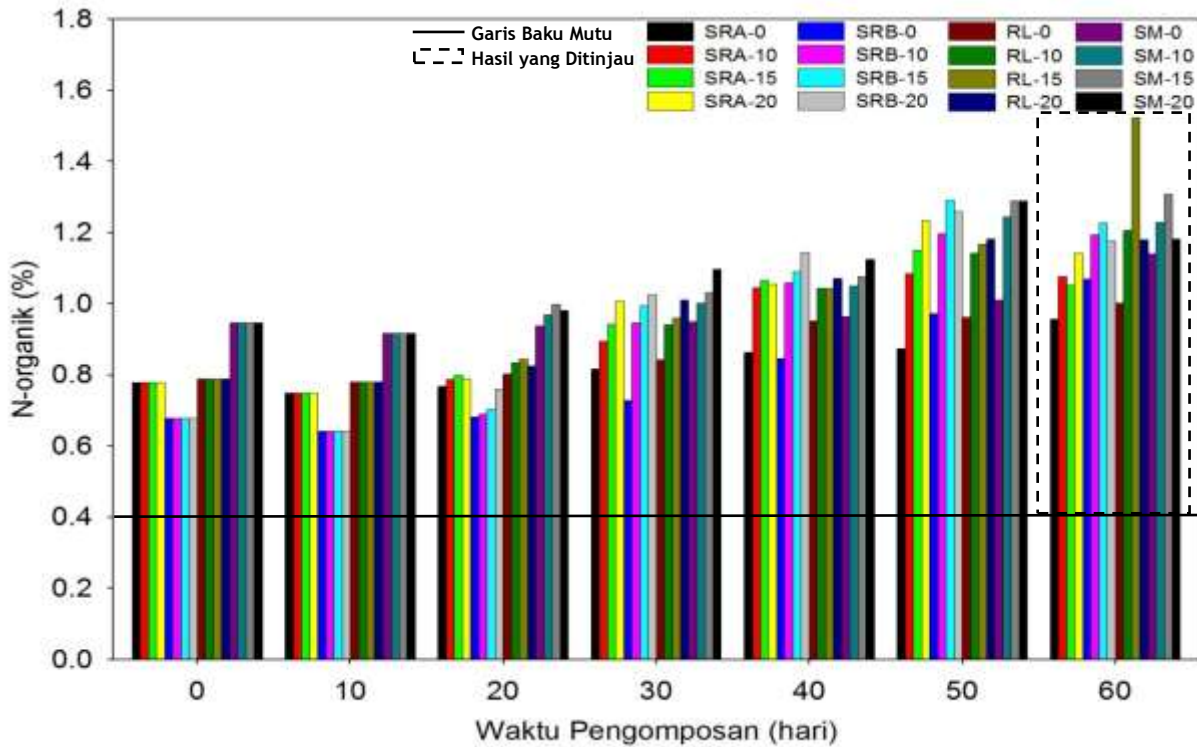
Gambar 4.17 Hasil Analisis TKN

4.2.8 N-organik

N-organik merupakan nitrogen organik yang dapat didegradasi langsung oleh mikroorganisme, kemudian diikat dalam sel mikroorganisme. Hasil analisis N-organik dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.8.1 sampai 8.4. Grafik hasil analisis N-organik dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Berdasarkan hasil analisis N-organik yang disajikan dalam grafik pada Gambar 4.18, dapat dilihat bahwa N-organik cenderung mengalami peningkatan pada semua reaktor. Peningkatan terjadi pada tahap *vermicomposting*, pada reaktor dengan penambahan cacing memiliki N-organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor kontrol. Nilai tertinggi N-organik terdapat pada reaktor RL-15 pada hari ke-60. Kenaikan N-organik disebabkan karena cacing tidak mampu bertahan sampai hari ke-60 sehingga produksi amonia berkurang. Penurunan jumlah cacing menurunkan konsentrasi amonium karena kotoran cacing juga berkurang. Penurunan konsentrasi amonium menyebabkan N-organik meningkat. Di sisi lain, terjadi penurunan N-organik pada reaktor SM-20 pada hari ke-50 menuju hari ke-60. Penurunan N-organik disebabkan karena adanya metabolisme cacing yang masih bertahan hidup dan mikroorganisme. Metabolisme ini menghasilkan gas amonia dan menambah konsentrasi amonium (Siswanto, 2012). Kemudian fluktuasi N-organik disebabkan karena konsentrasi TKN dan amonium yang berubah-ubah.

Dalam siklusnya, N-organik akan diubah menjadi amonia dan dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat. Bertambahnya konsentrasi nitrat, menyebabkan mikroorganisme dan cacing semakin aktif dalam mendegradasi karbon. Karbon digunakan untuk sumber energi dalam melakukan metabolisme dan respirasi. Hasil dari proses ini menghasilkan kotoran cacing yang mengandung N-organik diubah menjadi amonia, begitupun seterusnya sampai akhirnya jumlah karbon menurun.



Gambar 4.18 Hasil Analisis N-organik

4.2.9 N-total

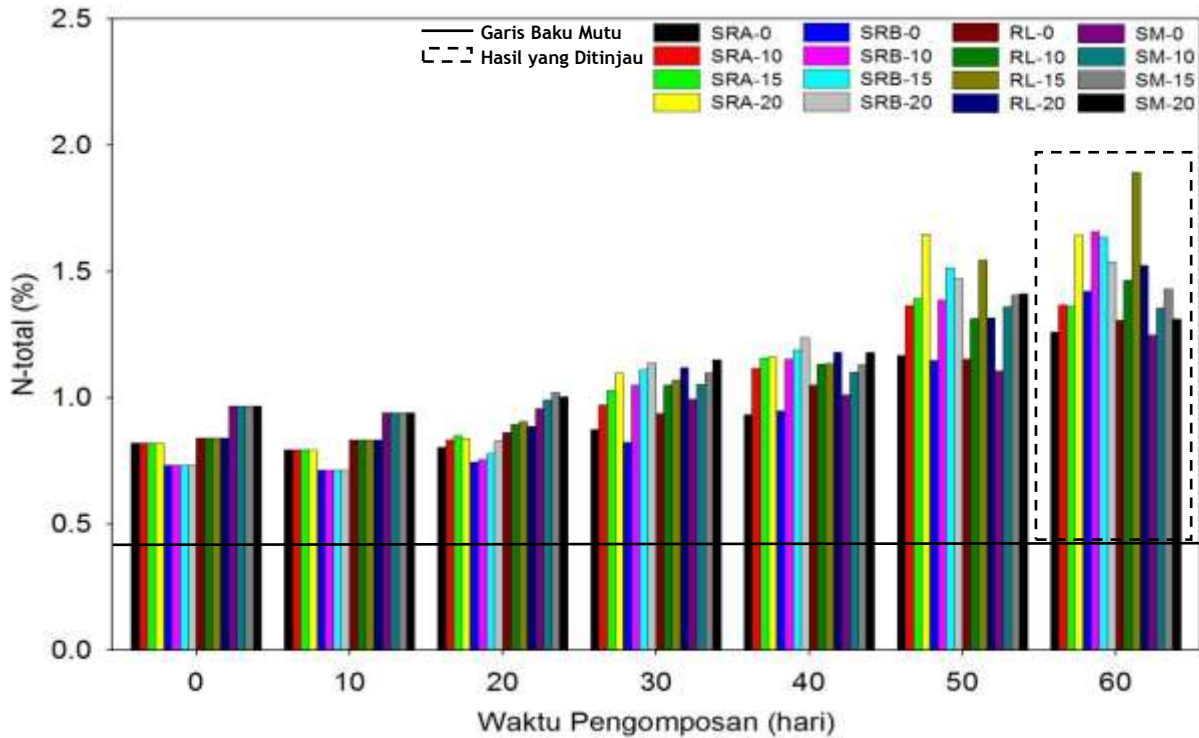
Analisis N-total digunakan sebagai salah satu indikator untuk menentukan kelayakan pupuk organik, karena N-total ini mempengaruhi rasio C/N pupuk organik yang dihasilkan. N-total merupakan nitrogen dalam bentuk organik dan anorganik. Senyawa organiknya bersumber dari protein, asam amino, dan enzim, sedangkan senyawa anorganiknya disusun oleh amonia, nitrat, dan nitrit. Hasil analisis N-total dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.9.1 sampai 9.4. Grafik hasil analisis N-total dapat dilihat pada Gambar 4.19.

Berdasarkan hasil analisis N-total yang disajikan dalam grafik pada Gambar 4.19, dapat dilihat bahwa N-total pada sebagian besar reaktor mengalami fluktuasi. Fluktuasi terjadi pada hari ke-0, 10, dan 20. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh nilai TKN dan nitrat yang juga berubah. Setelah tahap *pra-composting*, N-total cenderung mengalami peningkatan. Rata-rata N-total terbesar terdapat dalam reaktor SM yaitu 1,105% dengan nilai N-total tertinggi dalam reaktor SM-15 pada hari ke-60. N-total reaktor lain yang lebih tinggi dari SM-15 adalah RL-15 yaitu 1,891 pada hari ke-60. Peningkatan terbesar terjadi pada reaktor RL-15 pada hari ke-60. Peningkatan nilai N-total ini disebabkan karena konsentrasi nitrat dan TKN bertambah. Selain itu proses dekomposisi substrat oleh mikroorganisme dan cacing yang menghasilkan amonia dan nitrogen (Andhika dan Dodi, 2009).

4.2.10 Rasio C/N

Rasio C/N terdiri dari C/N organik dan C/N total. C/N organik dihitung dari perbandingan antara C-organik dan N-organik, sedangkan C/N total dihitung dari perbandingan antara C-total dan N-total. Hasil perhitungan rasio C/N dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.10.1 sampai 11.4. Grafik rasio C/N dapat dilihat pada Gambar 4.20 dan 4.21.

Berdasarkan hasil perhitungan C/N yang disajikan dalam grafik pada Gambar 4.20 dan 4.21, terlihat bahwa C/N organik lebih besar dari pada C/N total karena nilai N-organik lebih kecil dari N-total. Nilai N digunakan sebagai pembanding C.



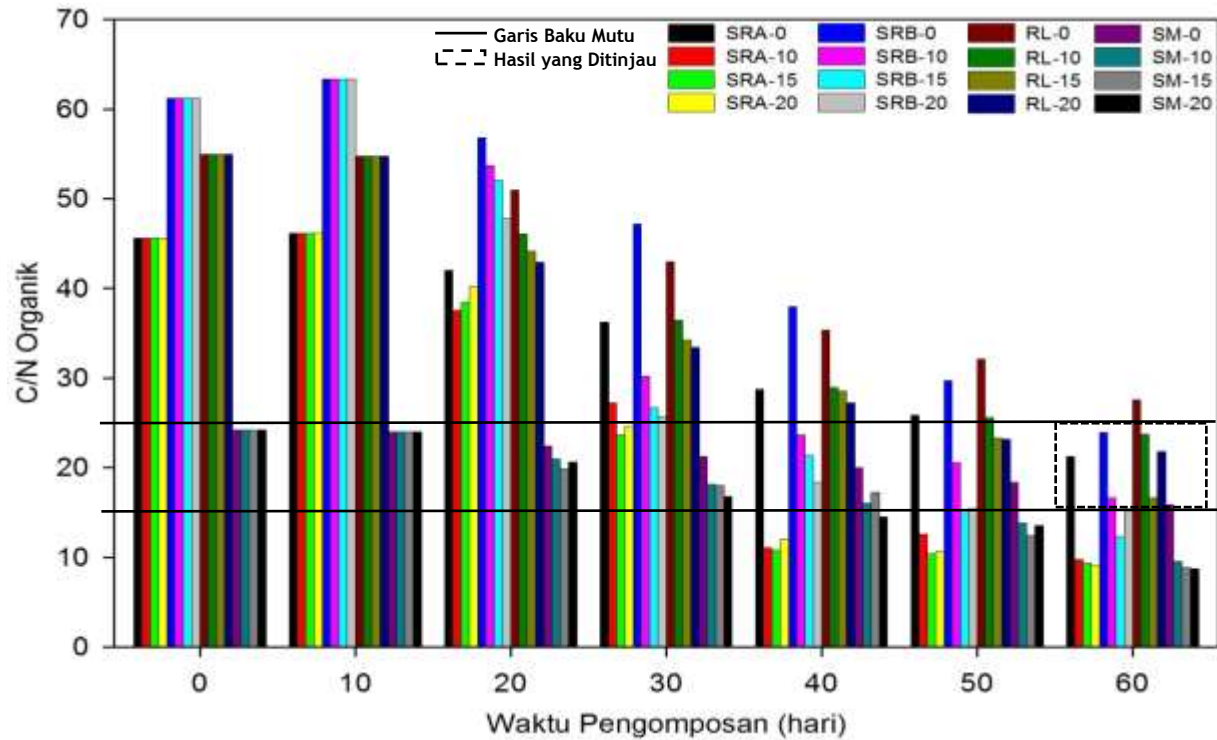
Gambar 4.19 Hasil Analisis N-total

Pada Gambar 4.20 dapat dilihat C/N organik pada hari ke-0 sampai hari ke-10 tetap. Hal ini disebabkan belum adanya cacing yang ditambahkan pada tahap *pra-composting* berlangsung. Kemudian selama proses *vermicomposting*, C/N organik cenderung mengalami penurunan. Rasio C/N organik menunjukkan besarnya material organik yang mampu didegradasi mikroorganisme dan cacing sebagai senyawa organik saja. Rasio C/N organik sangat dipengaruhi konsentrasi amonium. Konsentrasi amonium berpengaruh pada besarnya N-organik sebagai pembanding C-organik.

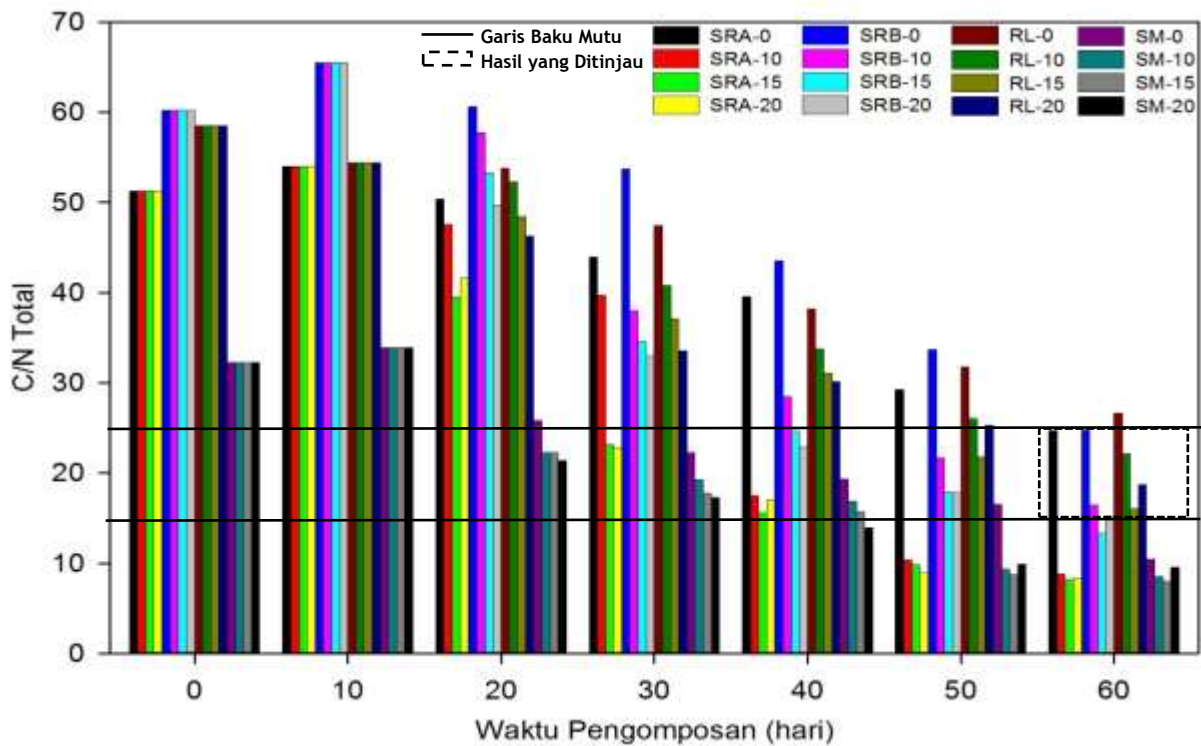
Kondisi serupa juga terjadi pada C/N total yang dapat dilihat pada Gambar 4.21. Penurunan C/N total terjadi pada tahap *vermicomposting*. Penurunan rasio C/N total disebabkan karena konsentrasi nitrat meningkat dan C-total mengalami penurunan. Nitrat meningkat karena mikroorganisme mengubah N-organik menjadi amonia dan dikonversi menjadi nitrat. Sedangkan karbon pada semua reaktor menurun karena adanya aktivitas mikroorganisme dan cacing menggunakan karbon sebagai sumber energi untuk respirasi. Energi digunakan untuk mengubah C-organik menjadi CO₂ dan H₂O (Sitorus, 2013).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011, rasio C/N yang digunakan sebagai parameter kematangan pupuk organik adalah C/N organik. Kematangan pupuk organik ditandai dengan rasio C/N total dalam rentang 15-25. Rasio C/N total rentang 15-25 terjadi pada reaktor SRA dan SM pada hari ke-40. Meskipun demikian, proses *vermicomposting* tetap dilanjutkan. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kualitas *vermicompost* dari 60 hari pengomposan, bukan semenjak terjadinya kematangan. Selain itu, pada reaktor SRA masih terjadi peningkatan nitrat pada hari ke-50 dan 60. Maka *vermicompost* SRA masih belum stabil karena masih terjadi proses reaksi di dalamnya.

Pada komposisi SM, kecepatan kematangan yang lebih cepat dari target waktu pengomposan selama 60 hari, disebabkan karena komposisi SM memiliki rasio C/N awal sudah rendah yaitu 24,74%.



Gambar 4.20 Hasil Analisis C/N Organik



Gambar 4.21 Hasil Analisis C/N Total

Menurut Tchobanoglous *et al.* (1993), setiap bahan organik memiliki rasio C/N yang berbeda-beda. Semakin tinggi rasio C/N suatu bahan maka akan menyebabkan waktu penguraiannya semakin lama. Rasio C/N 10-20 dapat terurai dalam hitungan hari, misalnya daun. Sementara itu, pada komposisi SRA perbandingan bahan baku adalah residu larva BSF : Sampah sisa makanan 1:1. Residu larva BSF adalah bahan yang sudah mengalami pengomposan sebelumnya, namun belum stabil dan matang. Kemudian residu larva BSF diolah kembali dengan proses *vermicomposting*. Cacing adalah dekomposer tahap kedua yang senang mendegradasi bahan-bahan yang sudah dikomposkan. Maka residu larva BSF ini disukai oleh cacing dalam proses *vermicomposting*. Selain itu, pada awal tahap *vermicomposting* masih ditemukan adanya larva BSF. Menurut Zhang *et al.* (2010), kemampuan degradasi larva BSF yang mencapai 70-80% dalam waktu 12 hari pengomposan. Penambahan sampah sisa makanan sebagai bahan segar dalam SRA menyebabkan larva BSF semakin aktif makan.

Secara tidak diduga, dalam penelitian ini terjadi kombinasi peran antara kedua agen dekomposer yaitu larva BSF dan cacing *E. eugeniae*. Namun peran cacing *E. eugeniae* yang lebih dominan karena umur cacing *E. eugeniae* lebih dari 2 bulan waktu pengomposan dan tetap tinggal dalam reaktor. Sebaliknya umur larva BSF selama 11 hari dan banyak meninggalkan reaktor ketika dalam fase pra-pupa (hari ke-20 *vermicomposting*). Kombinasi peran tersebut menyebabkan rasio C/N komposisi SRA menjadi rendah. Menurut Ali (2012), untuk mengatasi rasio C/N yang terlalu rendah dapat dilakukan dengan penambahan *bulking agent*. Fungsi penambahan *bulking agent* untuk mempertahankan komposisi material organik, dalam hal ini *bulking agent* sebagai agen penyangga. Namun dalam penelitian ini, penambahan *bulking agent* tidak dilakukan karena penambahan *bulking agent* tidak termasuk metode maupun ruang lingkup penelitian selama 60 hari pengomposan. Selain itu, analisis data dilakukan setelah hari ke-60 pengomposan. Besarnya pengaruh larva BSF meningkatkan rata-rata penurunan rasio C/N SRA sebesar

21,20% pada awal proses. Besarnya pengaruh larva BSF ini dihitung dari selisih penurunan rasio C/N pada hari ke 10-20 (ada larva BSF) dan 50-60 (tanpa larva BSF).

Pada hari ke 50 sampai hari ke-60, rasio C/N kurang dari 15 pada reaktor SRA dan SM dengan penambahan cacing. Hal ini menyebabkan SRA dan SM tidak termasuk kategori kualitas pupuk organik. Rasio C/N menggambarkan proses perombakan C oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein (Bernal, 2009). Salundik (2006) menyatakan rasio C/N pupuk organik yang terlalu tinggi menyebabkan mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Sebaliknya, rasio C/N pupuk organik yang kurang dari baku mutu artinya rendahnya jumlah karbon tidak sebanding dengan tingginya. Jumlah nitrogen yang terlalu tinggi menyebabkan kehilangan nitrogen dalam bentuk amonia yang selanjutnya akan teroksidasi. Jumlah karbon yang rendah sesuai dengan analisis *volatile solid* yang menunjukkan bahwa rata-rata penurunan kadar *volatile solid* SRA tertinggi yaitu 72-74%. Dampak dari C/N yang terlalu rendah yaitu cacing tidak efektif dalam mendegradasi substrat. Hal ini ditandai pada reaktor SRA dan SM jumlah cacing dalam reaktor berkurang. Semakin lama durasi pengomposan, ketersediaan makanan akan semakin berkurang.

4.3 Penentuan Kualitas *Vermicompost* sebagai Pupuk Organik

Dalam penelitian ini, penentuan kualitas *vermicompost* berdasar pada standar kualitas pupuk organik yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011. Parameter-parameter yang ditinjau dalam menentukan kualitas pupuk organik yaitu kadar air, pH, suhu, C, N, dan rasio C/N. Penentuan Kualitas *vermicompost* yang memenuhi mutu pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penentuan Kualitas *Vermicompost*

Reaktor	PERMENTAN No. 70 Tahun 2011						Keterangan
	Kadar Air	pH 4-9	Suhu 25-30°C	C-organik > 15%	N-organik > 0,4%	C/N 15-25	
SRA-0	59,31	7,5	28	20,31	0,956	21,24	Memenuhi
SRA-10	61,09	7,4	27	10,50 *	1,076	9,76 *	Tidak Memenuhi
SRA-15	61,33	8,0	27	9,83 *	1,051	9,35 *	Tidak Memenuhi
SRA-20	62,43	7,7	27	10,38 *	1,141	9,10 *	Tidak Memenuhi
SRB-0	59,44	7,5	27	25,53	1,068	23,90	Memenuhi
SRB-10	60,52	7,2	26	19,83	1,193	16,62	Memenuhi
SRB-15	60,08	7,3	26	15,07	1,226	12,29 *	Tidak Memenuhi
SRB-20	59,47	7,7	26	18,07	1,177	15,35	Memenuhi
RL-0	57,45	7,2	28	27,57	1,001	27,54 *	Tidak Memenuhi
RL-10	59,99	7,5	28	28,57	1,205	23,71	Memenuhi
RL-15	55,09	7,8	27	25,29	1,523	16,61	Memenuhi
RL-20	63,22	7,8	27	25,75	1,180	21,82	Memenuhi
SM-0	68,04	8,4	28	18,11	1,140	15,89	Memenuhi
SM-10	63,55	8,3	27	11,71 *	1,229	9,53 *	Tidak Memenuhi
SM-15	65,89	8,3	27	11,57 *	1,308	8,85 *	Tidak Memenuhi
SM-20	63,91	8,4	27	10,31 *	1,181	8,73 *	Tidak Memenuhi

Catatan: tanda (*): kurang / lebih dari baku mutu

Hasil analisis kadar air pada rentang 50-70%. Kadar air ini dipertahankan pada rentang tersebut agar kondisi substrat tetap lembab. Menurut Anwar (2013), kelembaban merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi *vermicomposting*. Cacing membutuhkan kelembaban dalam rentang 50-70%.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011, nilai pH pada rentang 4-9 dan suhu pada rentang 25-30°C. Maka semua komposisi dalam reaktor memenuhi standar kualitas pupuk organik ditinjau dari parameter tersebut.

Kadar C-organik dalam standar kualitas pupuk organik yaitu minimal 15%. Maka, komposisi yang memenuhi persyaratan tersebut adalah SRA-0, semua SRB, semua RL, dan SM-0. Pada semua reaktor kontrol memenuhi persyaratan tersebut. Hal ini terlihat jelas peran dan pengaruh cacing sebagai dekomposer. Kandungan C-organik minimal 15% bertujuan agar kandungan bahan organik dalam tanah tidak cepat menurun seiring waktu akibat dekomposisi.

Hasil kadar N-organik dari semua reaktor dengan perbandingan komposisi substrat dan variasi jumlah cacing telah memenuhi Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011 yaitu > 0,4%.

Kualitas *vermicompost* sangat ditentukan oleh rasio C/N karena rasio C/N berhubungan dengan ketersediaan unsur hara (Surtinah, 2013). Rasio C/N yang tidak memenuhi baku mutu tidak dianjurkan untuk pemanfaatan sebagai pupuk organik. Hal ini dapat menyebabkan tanaman mudah terserang penyakit, metabolisme terganggu, bahkan kematian pada tanaman (Purnomo *et al.*, 2017). Pada bab 2 bagian sub-bab 2.10 telah dijelaskan bahwa rasio C/N yang lebih rendah ataupun melebihi baku mutu pupuk organik akan berdampak buruk bagi tanaman.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI No.70/PERMENTAN/SR.140/10/2011, rasio C/N yaitu 15-25. Rasio C/N ini sesuai dengan standar lain dalam Suriadikarta dan Setyorini (2005) tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik. Standar ini dikeluarkan dari hasil pembahasan para

pakar lingkup Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak), Direktorat Pupuk dan Pestisida, IPB Jurusan Ilmu Tanah, Depperindag, serta Asosiasi Pengusaha Pupuk. Hasil pembahasan ini telah disepakati persyaratan teknis minimal pupuk organik untuk parameter C/N yaitu 15-25. Batas minimal rasio C/N 15 diharapkan unsur hara dapat lebih mudah diserap oleh tanaman karena ketersediaan nitrogen yang mencukupi sehingga mencegah kompetisi antara mikroorganisme dan tanaman. Pertumbuhan tanaman tidak akan terganggu akibat kompetisi konsumsi nitrogen tersebut. Sedangkan batas maksimum C/N 25 diharapkan pupuk organik tidak kehilangan kadar N dalam bentuk amonia. Sehingga rasio C/N dipertahankan dalam batas 25. Semakin tinggi rasio C/N, maka kadar N lebih rendah.

Komposisi yang memenuhi syarat rasio C/N 15-25 adalah SRB dan RL. Pada komposisi SRB dengan variasi penambahan cacing yang memenuhi yaitu SRB-10 16,62 dan SRB-20 15,35. Pada komposisi RL dengan variasi penambahan cacing yang memenuhi yaitu RL-10 23,71, RL-15 16,61, dan RL-20 21,82. Komposisi-komposisi ini memiliki C/N pada rentang 15-25 karena dipengaruhi jumlah residu larva BSF lebih banyak. Residu larva BSF sebagai penyedia kebutuhan karbon dalam proses *vermicomposting* selama 60 hari. Jadi, jumlah karbon dan nitrogen sebanding selama proses. Ketersediaan jumlah karbon lebih banyak dimiliki oleh komposisi RL, maka komposisi RL lebih baik dari pada komposisi SRB. Kemudian, ditinjau dari variasi penambahan cacing pada komposisi RL, maka dipilih rasio C/N yang paling rendah sebagai kualitas terbaik yaitu RL-15. Rasio C/N yang mendekati 15 artinya ketersediaan unsur hara mencukupi dan kandungan bahan organik baik untuk pertumbuhan tanaman. Rasio C/N lebih kecil sama dengan 15 menunjukkan pupuk organik bernilai agronomis yang tinggi (Sudaryono, 2009).

Komposisi RL dengan penambahan cacing 15 g/kg substrat menghasilkan kualitas pupuk organik terbaik. Hal ini berhubungan dengan konsentrasi amonium komposisi ini

terendah. Amonium dihasilkan dari hasil ekskresi cacing dan mikroorganisme. Maka seharusnya, konsentrasi amonium yang terendah pada komposisi RL-0 atau RL-10 karena organisme dalam reaktor sedikit. Namun hasil analisis dalam penelitian ini menunjukkan bahwa RL-15 memiliki konsentrasi amonium yang terendah. Hal ini terjadi karena cacing menghasilkan cairan lendir yang dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam perubahan amonium menjadi nitrat dan nitrit (Anggraeni, 2015). Maka semakin banyak cacing, lendir yang dihasilkan banyak dan amonium berkurang karena diubah menjadi nitrat dan nitrit. Menurut Tripathi dan Bhardwaj (2004), fragmen cacing tanah dan material organik dicerna melalui usus. Dalam proses pencernaan ini dibantu oleh enzim dan dihasilkan lendir sehingga memperbesar luas permukaan aktivitas mikroba. Mikroba melakukan degradasi biokimia bahan organik dan menyediakan beberapa enzim ekstraseluler dalam usus cacing untuk membantu pencernaannya. Oleh sebab itu, mukus usus cacing dan mikroorganisme bersimbiosis mutualisme.

Kemudian komposisi RL-20 memiliki konsentrasi amonium yang lebih tinggi dari pada RL-15. Hal ini disebabkan karena jumlah organisme dalam reaktor lebih banyak sehingga hasil ekskresi yang dihasilkan lebih banyak pula. Hasil ekskresi ini akan menambah konsentrasi amonium.

Konsentrasi amonium akan mempengaruhi besarnya nilai N-organik. Semakin rendah konsentrasi amonium maka N-organik tinggi. N-organik akan mempengaruhi rasio C/N. Semakin tinggi N-organik maka rasio C/N rendah. Komposisi RL-15 memiliki nilai amonium terendah yaitu 0,02% dan N-organik terbesar yaitu 1,523% dibandingkan komposisi lainnya. Dalam perhitungan perubahan konsentrasi parameter pada Lampiran B, Tabel B.15.2, diperoleh hasil perubahan konsentrasi N-organik RL-15 paling besar yaitu 0,73% dari konsentrasi awal 0,789% menjadi 1,523%. Perubahan konsentrasi N-organik ini mendapat 0,52% pengaruh cacing dan 0,21% pengaruh mikroorganisme.

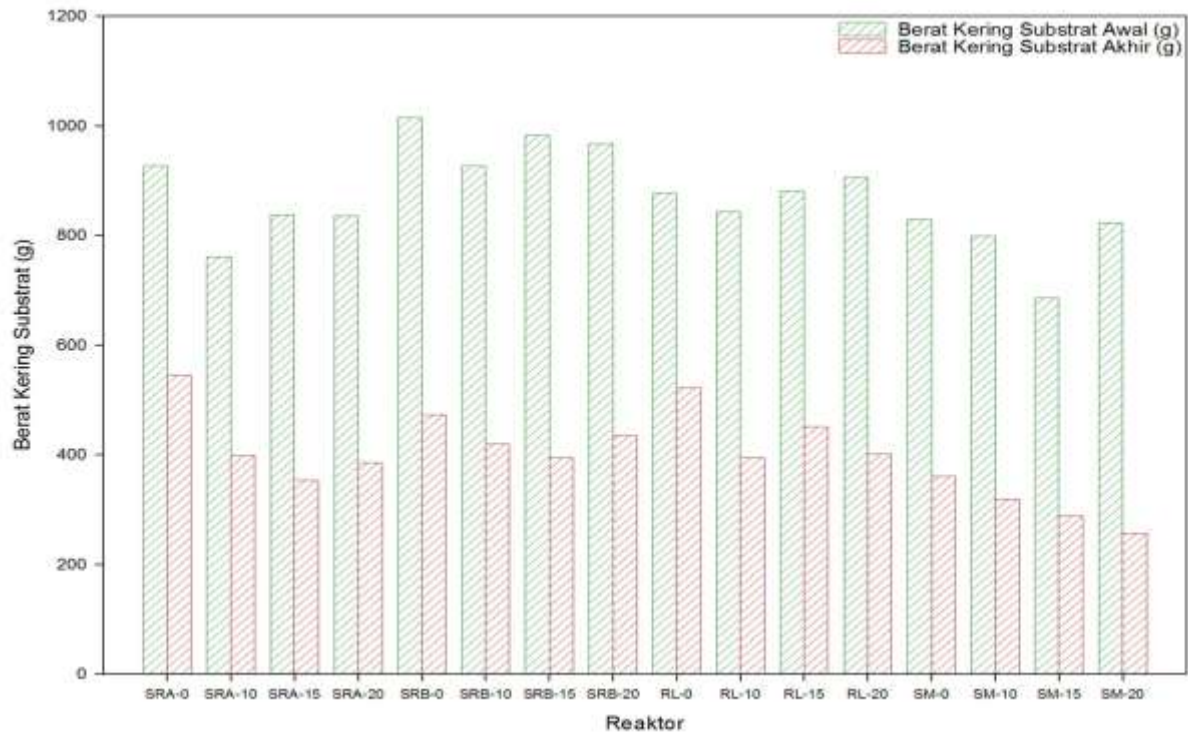
4.4 Tingkat Degradasi

Tingkat degradasi substrat ditinjau berdasarkan tingkat reduksi substrat dan produksi *vermicompost*. Tingkat reduksi substrat dianalisis dari berat kering substrat pada awal dan akhir pengomposan. Kemudian produksi *vermicompost* dianalisis untuk menentukan tingkat degradasi substrat. Produksi pupuk ditentukan berdasarkan hasil analisis ayakan. Selain itu, tingkat degradasi ditinjau dari kesetimbangan massa substrat reaktor berdasarkan berat kering.

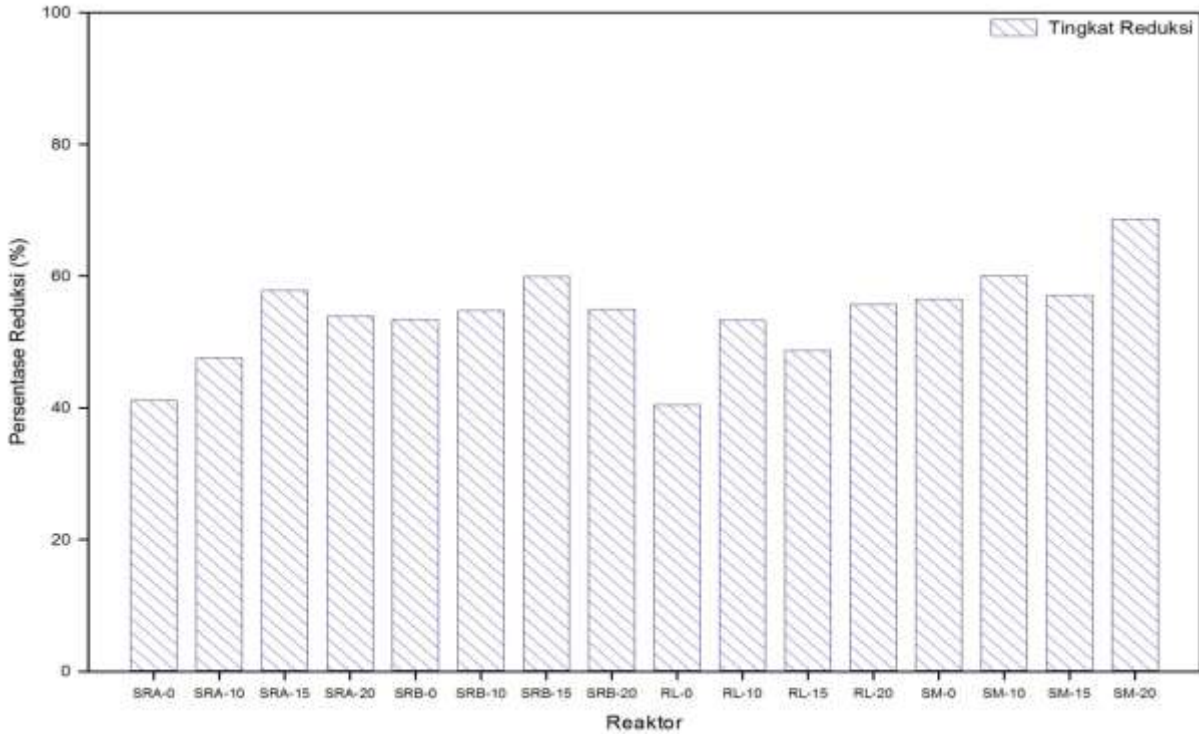
4.4.1 Reduksi Substrat

Besarnya tingkat reduksi substrat diperoleh dari selisih substrat awal (hari ke-0) dan substrat akhir (hari ke-60). Tingkat reduksi substrat menunjukkan besarnya senyawa organik yang dapat didegradasi selama proses pengomposan. Substrat yang dimaksud adalah pelepah pisang, sampah sisa makanan, residu larva BSF, dan cacing. Analisis reduksi substrat dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.8a, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.13. Grafik perubahan berat kering substrat dan tingkat reduksi substrat dapat dilihat pada Gambar 4.22 sampai 4.23. Grafik perubahan berat kering substrat pada Gambar 4.22 terlihat bahwa semua reaktor mengalami penurunan berat kering substrat. Dari data selisih penurunan berat kering terhadap jumlah total substrat awal, kemudian diperoleh tingkat reduksi substrat.

Berdasarkan perhitungan tingkat reduksi substrat dalam grafik pada Gambar 4.23, reduksi lebih besar terjadi pada semua reaktor dengan penambahan cacing. Adanya penambahan cacing mempengaruhi besarnya reduksi substrat. Pada komposisi SRA penambahan cacing memberikan pengaruh sebesar 12%, pada komposisi SRB 3,1%, RL 12,5%, dan SM 5,5%. Pengaruh penambahan cacing pada komposisi SRB paling rendah. Hal ini disebabkan pada reaktor kontrol, reduksi substrat pada komposisi ini cukup besar yaitu 53,4%. Besarnya reduksi substrat pada reaktor kontrol ini dipengaruhi oleh faktor lain selain cacing yaitu aktivitas mikroorganisme yang tinggi dan penguapan air yang



Gambar 4.22 Perubahan Berat Kering Substrat

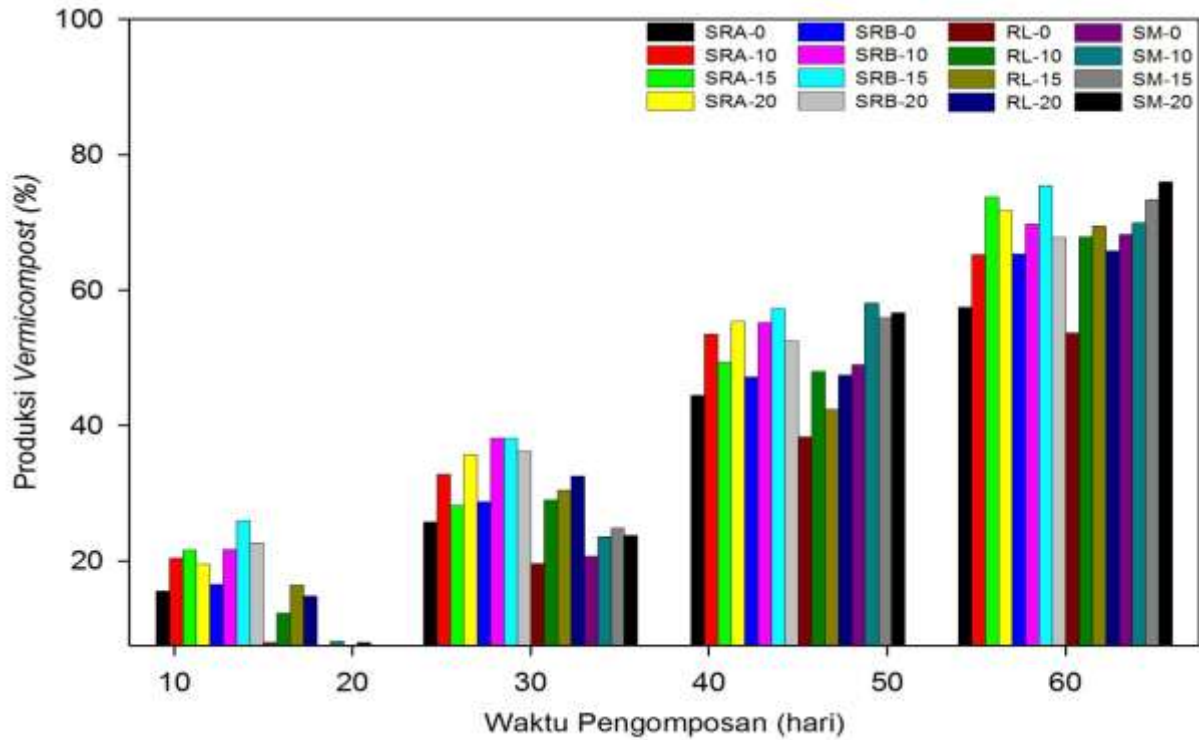


Gambar 4.23 Tingkat Reduksi Substrat (%)

berlebih. Besarnya pengaruh cacing dalam mereduksi substrat dihitung dengan membandingkan tingkat reduksi pada reaktor kontrol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Khoirunnisa (2016), kemampuan degradasi substrat oleh cacing *E. eugeniae* adalah 0,33 g/g – 0,38 g/g. Kemampuan degradasi ini dihitung dengan membandingkan selisih berat total cacing awal dan berat substrat yang hilang sehingga didapatkan hasil dalam satuan berat cacing (g) per substrat yang hilang (g). Hasil ini membuktikan bahwa proses *vermicomposting* efektif dalam mereduksi substrat. Rata-rata tingkat reduksi substrat terbesar terjadi pada komposisi SM (Sampah sisa makanan : residu Larva BSF 1:0) yaitu 61,96%. Pada komposisi ini, reduksi terbesar yaitu 68,7% pada reaktor SM-20. Reduksi yang besar pada komposisi sampah sisa makanan dipengaruhi oleh banyaknya kadar air dan rendahnya *volatile solid*. Kemudian reduksi yang terbesar pada reaktor dengan penambahan cacing 20 g/kg substrat disebabkan karena reaktor ini memiliki jumlah cacing terbanyak. Substrat lebih banyak tereduksi dicerna oleh cacing untuk melakukan aktivitas metabolisme dan respirasi.

4.4.2 Produksi *Vermicompost*

Banyaknya produksi *vermicompost* ditentukan berdasarkan analisis ayakan. Analisis ayakan dilakukan setiap 15 hari selama pengomposan. Analisis ayakan dapat dilihat pada Lampiran C, Gambar C.4.8, hasil analisisnya dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.12.1 sampai Tabel B.12.4. Grafik produksi *vermicompost* dapat dilihat pada Gambar 4.24. Produksi *vermicompost* mengalami peningkatan setiap 15 hari. Jumlah *vermicompost* pada reaktor dengan penambahan cacing lebih banyak dari reaktor kontrol. Hal ini dikarenakan *vermicompost* terbentuk akibat adanya degradasi yang dilakukan mikroorganisme dan cacing. Besarnya pengaruh penambahan cacing terhadap banyaknya produksi *vermicompost* yaitu 12,77% pada komposisi SRA, 5,66% pada komposisi SRB, 14,02% pada komposisi RL, dan 4,86% pada komposisi SM.



Gambar 4.24 Produksi Vermicompost (%)

Pada awal proses pengomposan, hasil produksi *vermicompost* rata-rata 16,54% dari semua reaktor. Produksi *vermicompost* terendah pada komposisi SM yaitu 7,71%. Rendahnya produksi *vermicompost* ini dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dan cacing serta besarnya kadar air. Pada hari awal pengomposan, mikroorganisme dan cacing masih melakukan penyesuaian kondisi lingkungan sehingga elum banyak melakukan aktivitas makan. Kemudian kadar air yang dimiliki oleh sampah sisa makanan lebih besar dari komposisi lainnya. Besarnya kadar air juga berpengaruh pada analisa ayakan. *Vermicompost* banyak yang menempel di kasa dan menutup lubang ayakan sehingga sedikit yang lolos ayakan. Maka, untuk analisis ayakan diambil sampel pada reaktor bagian atas yang sedikit kering dibandingkan bawah reaktor.

Hasil produksi *vermicompost* berbanding lurus dengan tingkat reduksi substrat. Rata-rata produksi *vermicompost* terbanyak dihasilkan dari komposisi SM yaitu 73,08%. Pada komposisi ini, *vermicompost* terbanyak yaitu 75,97% pada reaktor SM-20. Hasil analisis produksi *vermicompost* ini digunakan untuk membuat kesetimbangan massa substrat selama pengomposan.

Selain produk berupa *vermicompost*, terdapat beberapa populasi cacing yang masih hidup dalam reaktor. Semakin lama, cacing akan mengalami kematian. Kematian cacing disebabkan kondisi reaktor *vermicomposting* menjadi kering tanpa dilakukan penyiraman. Cacing tidak dibuang ke lingkungan karena dikuatirkan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Cacing dapat merusak jaringan kortek akar serabut yang aktif menyerap unsur hara dan air. Akibatnya akar serabut menjadi rusak, berwarna coklat dan terdapat luka. Luka-luka tersebut secara bertahap akan meluas, akhirnya seluruh akar serabut membusuk (Purnomo, 2006). Menurut Indriyati (2018), kerusakan akar karena cacing tanah menyebabkan berkurangnya suplai air ke daun, sehingga stomata menutup yang mengakibatkan menurunnya laju fotosintesis. Kasus ini pernah terjadi di pertanian kentang Desa Tulungrejo dan Sumberbrantas, Kota Batu, Jawa Timur. Cacing merusak akar tanaman kentang sehingga

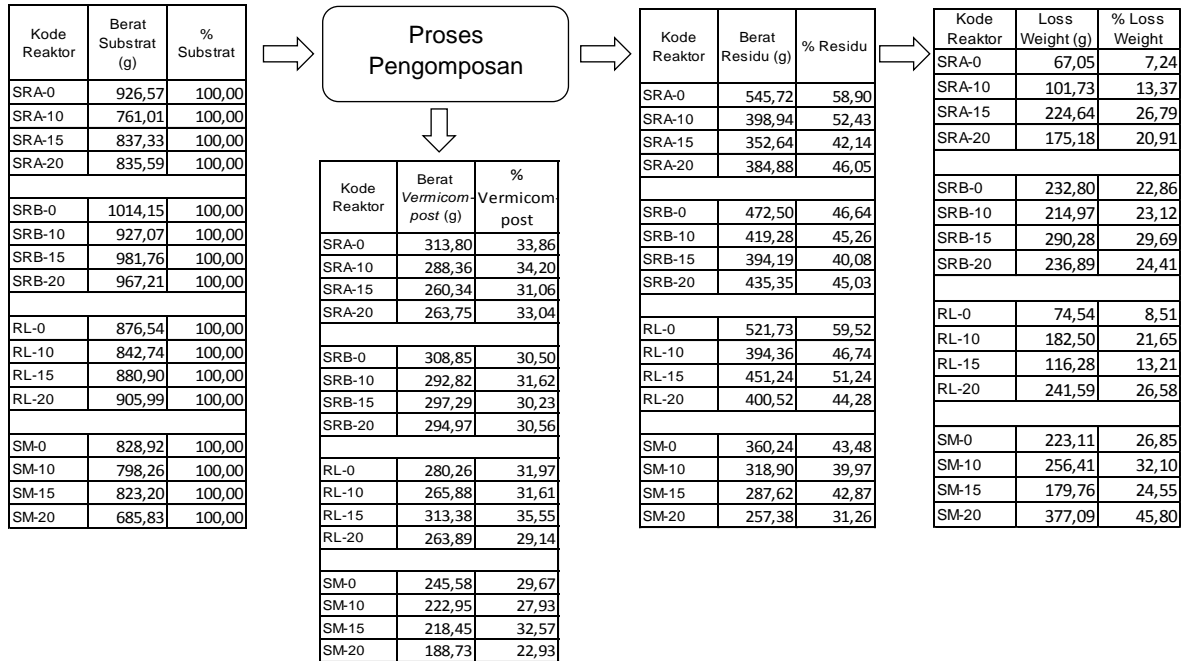
menghambat pertumbuhan hingga akhirnya daun tanaman layu dan menguning (Suryo, 2013).

4.5 Kesetimbangan Massa (*Mass Balance*)

Analisis *mass balance* dihitung untuk menentukan perubahan berat pada substrat yang menjadi produk pengomposan. Produk pengomposan berupa pupuk organik (*vermicompost*) dan cacing. Perubahan berat yang menurun merupakan indikator kehilangan massa bahan organik *biodegradable* sebagai hasil respirasi (Nugroho *et al.*, 2010).

Perhitungan *mass balance* berdasarkan berat kering. Berat kering meliputi berat substrat, berat *vermicompost*, berat residu, berat yang hilang (*loss weight*). Berat substrat terdiri dari berat residu larva BSF, berat sampah sisa makanan, berat pelepah pisang, dan berat variasi cacing. Berat *vermicompost* dihitung dari produksi *vermicompost* setiap 15 hari dari total berat residu. Berat residu dihitung dari berat substrat yang tinggal dalam reaktor pada hari ke-60. Berat residu juga ditambah dengan berat yang diambil untuk analisis parameter laboratorium yang dikomulasikan. Dalam penelitian ini, berat cacing termasuk dalam berat residu. Hal ini disebabkan cacing dan substrat bercampur dalam reaktor dan tidak dipisahkan ketika menimbang beratnya. Inilah yang menyebabkan berat residu lebih berat dari pada berat *vermicompost*. *Loss weight* adalah berat yang hilang akibat respirasi menghasilkan CO₂, H₂O, dan energi. Berat bahan yang hilang adalah gas-gas hasil penguraian oleh mikroorganisme yang dilepaskan ke udara (Nugroho *et al.*, 2010).

Hasil analisis *mass balance* dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.14 dan Gambar 4.25. Diagram *mass balance* pada Gambar 4.25 menunjukkan berat awal substrat mengalami penurunan. Menurut Isroi (2007), selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Penyusutan ini dapat mencapai 30-40%. Berat residu pada reaktor tanpa penambahan cacing lebih berat dari pada reaktor dengan penambahan cacing. Hal ini membuktikan bahwa penambahan cacing meningkatkan proses degradasi substrat.



Gambar 4.25 Diagram Mass Balance

4.6 Perubahan Konsentrasi Parameter dalam Proses *Vermicomposting*

Analisis perubahan konsentrasi parameter dihitung untuk menentukan penurunan atau peningkatan senyawa yang terdapat dalam substrat. Perubahan konsentrasi parameter yang dianalisis adalah C dan N. Perubahan konsentrasi parameter sebagai hasil metabolisme oleh cacing dan mikroorganisme.

Hasil analisis perubahan konsentrasi parameter dapat dilihat pada Lampiran B, Tabel B.15. Pada kolom perubahan konsentrasi menunjukkan kemampuan cacing *E. eugeniae* dan mikroorganisme dalam mereduksi parameter C dan meningkatkan parameter N. Pengaruh cacing diperoleh dari selisih antara reduksi parameter dan pengaruh mikroorganisme. Kemampuan mikroorganisme sama dengan perubahan konsentrasi awal dan akhir pada reaktor kontrol.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Lampiran B, Tabel B.15, parameter C mengalami penurunan dan parameter N mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa adanya dekomposisi C oleh mikroorganisme dan cacing. Semakin kecil nilai C maka semakin besar C yang telah didekomposisi. Aktivitas cacing dan mikroorganisme mengubah C menjadi CO₂ (Loh, 2005). Sedangkan parameter N mengalami peningkatan konsentrasi. Menurut Atiyeh *et al.* (2010), kotoran cacing (*vermicompost*) mengandung nitrogen dari hasil ekskresi amonia, enzim nitrogenase, dan cairan mukus usus. Dengan meningkatnya mineralisasi nitrogen maka mineral nitrogen dapat ditahan dalam bentuk nitrat. Bakteri pengikat nitrogen dapat terakumulasi dalam *vermicompost* (Rodriguez-Campos *et al.*, 2014).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian, maka dapat diperoleh kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Komposisi yang mengalami reduksi terbesar adalah SM (sampah sisa makanan : residu larva BSF 1:0). Rata-rata reduksi 61,96% dan jumlah *vermicompost* yang dihasilkan sebanyak 73,08%. Ditinjau dari komposisi tersebut, reduksi terbesar dihasilkan oleh jumlah cacing *E. eugeniae* 20 g/kg substrat yaitu 68,7%. Hasil produksi *vermicompost* yang diperoleh sebesar 75,97%
2. Komposisi yang memenuhi kualitas pupuk organik adalah komposisi RL (sampah sisa makanan : residu larva BSF 0:1). Hasil yang diperoleh adalah pH 7,2-7,8, suhu 27-28°C, kadar air 55,09-63,22%, *volatile solid* 43,61-49,27%, C-organik 25,29-28,57%, C-total 28,46-34,79%, N-organik 1,001-1,523%, N-total 1,307-1,891%, C/N organik 16,61-27,54, C/N total 16,07-26,62. Ditinjau dari komposisi tersebut, kualitas *vermicompost* terbaik dihasilkan oleh jumlah cacing *E. eugeniae* 15 g/kg substrat. Hasil yang diperoleh adalah pH 7,8, suhu 27°C, kadar air 55,09%, *volatile solid* 43,61%, C-organik 25,29%, C-total 30,38%, N-organik 1,52%, N-total 1,89%, C/N organik 16,61, C/N total 16,07.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lanjutan yaitu sebagai berikut:

1. Kualitas *vermicompost* dapat diuji pada kesuburan tanaman.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait variasi penambahan jumlah cacing untuk menentukan tingkat reduksi substrat yang optimum.

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait durasi *pra-composting* agar proses *vermicomposting* berlangsung optimum.

Daftar Pustaka

- Aira, M., Olcina, J., Perez-Losada, M., dan Dominguez, J. 2016. Characterization Of The Bacterial Communities Of Casts From Eisenia Andrei Fed With Different Substrates. **Applied Soil Ecology**, 98, 103-111.
- Ali, M. 2012. **Tinjauan Proses Bioremediasi Melalui Pengujian Tanah Tercemar Minyak**. Surabaya: UPN Press.
- Anandharaj, M. 2014. **A Study On Life Cycle Of Earth Worm Eudrilus eugeniae**.
- Andhika, C.T.S. dan Dodi A.N. 2009. **Pembuatan Kompos dengan Menggunakan Limbah Padat Organik (Sampah Sayuran dan Ampas tebu)**. Naskah Publikasi. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Anggraeni, K. 2015. Pengaruh Cacing Tanah Eudrilus eugeniae dan Eisenia foetida dalam Mendegradasi Sampah Sayur. **Jurnal Teknik ITS**. 5(1): C30-C31.
- Anwar, E.K. 2013. Efektivitas Cacing Tanah Pheretima hupiensis, Eudrilus sp. dan Lumbricus sp. dalam Proses Dekomposisi Bahan Organik. **Jurnal Tanah Tropika (Journal Of Tropical Soils)**, 14 (2), 149-158.
- APHA (American Public Health Association). 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**; 15th Edition. Washington DC. 1193 pages.
- Atiyeh, R.M., Dominguez, J., Subler, S., Edwards, C.A. 2010. Changes In Biochemical Properties of Cow Manure During Processing by Earthworms (Eisenia andrei bouche) and The Effects On Seedling Growth. **Pedobiologia** 44:711-720.
- AOAC (Association of Official Agriculture Chemist). 2002. **Official methods of analysis of AOAC international**. Vol 1. P. 2.5-2.37. in Horwitz, W. (Ed.) Agricultural Chemicals, Contaminants, Drugs. AOAC International, Maryland, USA. 17th ed.
- Aulinas, M.M. 2008. Evaluation Of Composting As A Strategy For Managing Organic Wastes From A Municipal Market In Nicaragua. **Biosource Technology**, 99 (11), 5120-5124.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. **Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik**. SNI : 19-7030-2004.

<http://sisni.bsn.go.id/index.php/snimain/sni/detailsni/6926>.

Diakses tanggal 12 Desember 2018.

- Bernal, M.P. 2009. Composting of Animal Manures and Chemical Criteria of Compost Maturity Assessment. **Science Direct**.
- Coulibaly, S.S., dan Zoro, I.A. 2010. Influence of animal wastes on growth and reproduction of the African earthworm species *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). **European Journal Of Soil Biology**. 46, 225-229.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T. 2010. Diktat **Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah**. ITB: Bandung
- Damanik, M.M.B., Hasibuan, B.E., Fauzi., Sarifudin dan Hanum, H. 2010. **Kesuburan Tanah dan Pemupukan**. Medan USU Press.
- Data Pembiakan Larva Black Soldier Fly (BSF)**. 2018. Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH). Surabaya.
- Davis, S.C., W. Hay, dan J. Pierce. 2014. **Biomass in the energy industry: An introduction**. London (GB): BP p.l.c
- Diener, S., M. Nandayure, S. Solano, F.R. Gutiérrez, C. Zurbrügg, dan K. Tockner. 2011. Biological Treatment Of Municipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae. **Journal Waste Biomass Valor** 2, pp. 357-363.10.1007/s.12649.011.9079.1
- Dortmans, B., S. Diener, B. Verstappen, dan C. Zurbrügg. 2017. **Proses pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)**. Sandec: Departemen Pengembangan Sanitasi, Air dan Limbah Padat.
- Fahmi, M.R. 2015. Optimalisasi Proses Biokonversi Dengan Menggunakan Mini-Larva *Hermetia illucens* Untuk Memenuhi Kebutuhan Pakan Ikan. **Semnas** 1(1), pp. 139-144.
- Frederickson, J., Howell, G., Hobson, A.M. 2007. Effect Of Pre-Composting And Vermicomposting On Compost Characteristics. **European Journal Of Soil Biology**. Vol 43, pp. S320-S326.
- Ganesh, P.S. 2009. Vermicomposting Of The Leaf Litter Of *Acacia (Accacia Auriculiformis)* : Possible Roles Of Reactor Geometry, Polyphenols, And Lignin. **Bioresource Technology** pp. 100, 1819-1827.
- 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.
- Indriyati, L. 2018. Inventarisasi Nematoda Parasit pada Tanaman, Hewan, dan Manusia. **EnviroScienteeae**. Vol. 13(3): 195-207.
- Isnainni, A.N. 2019. Kombinasi Proses Pra-composting dan Vermicomposting Menggunakan *Eudrilus eugeniae* dan *Lumbricus rubellus* untuk Pengomposan Sampah Kebun dan Lumpur Lumpur Tinja Unit Solid Separation Chamber (SSC). **Jurnal Teknik ITS**. 4(2): C38-C41.
- Isroi. 2007. Pengomposan Limbah Kakao, **Pelatihan Budidaya Kopi dan Kakao**. Jember
- Kaviraj dan S. Sharma. 2003. Municipal Solid Waste Management Through Vermicomposting Employing Exotic and Local Species of Earthworms. **Bioresource Technology**. 90 : 169-173.
- Khoirunnisa, F. 2016. Kombinasi Proses Pra-composting dan Vermicomposting Menggunakan *Eudrilus eugeniae* dan *Lumbricus Rubellus* untuk Pengomposan Sampah Kebun dan Sampah Sayur. **Jurnal Teknik ITS**. 5(10): C23-C28.
- Kulkarni, S.J. 2017. Vermicomposting A Boon For Waste Minimization And Soil Quality. **International Journal Of Research And Review**. Vol 4, Issue 2.
- Kusuma, A. 2012. **Pengaruh Variasi Kadar Air terhadap Laju Dekomposisi Kompos Sampah Organik di Kota Depok**. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kusumawati, N. 2014. **Evaluasi Perubahan Temperatur, pH, dan Kelembaban Media pada Pembuatan Vermicompost dari Campuran Jerami Padi dan Kotoran Sapi Menggunakan Lumbricus Rubellus**. INOTEK, 15(1).
- Lau, A.K. dan Lemus, G.R. 2002. **Biodegradation of Lipidic Compounds in Synthetic Food Waste During Composting**. Chemical and Biological Engineering Department, University of British Columbia.
- Loh, T. 2005. Vermicomposting Of Cattle And Goat Manures By *Eisenia Foetifa* And Their Growth And Reproduction Performance. **Biosource Technology**, 96 (1), 111-114.

- Lowe, C.N., Butt, K.R., dan Sherman, R.L. 2014. Current And Potential Benefits Of Mass Earthworm Culture. In: Mass Production Of Beneficial Organism. **Elsevier**, 683-709.
- Malakahmad, A. 2011. Production of Renewable Energy by Transformation of Kitchen Waste to Biogas, Case Study of Malaysia. **IEE Symposium of Bussiness, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA)**. Universiti Teknologi PETRONAS (UTP), Malaysia.
- Marina, H. 2010. Composting of Bio-waste, Aerobic and Anaerobic Sludge Effect of Feedstock on the Process and Quality of Compost. **Science Direct**.
- Monita, L., Sutjahjo, S.H., Amin, A.A., dan Fahmi, M.R. 2017. Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva Black Soldier Fly. **Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan**, Vol. 7(12), pp. 227-234.
- Mulyadi, A. 2008. **Karakteristik Kompos dari Bahan Tanaman Kaliandra, Jerami Padi, dan Sampah Sayuran**. IPB. Bogor.
- Munroe, G. 2003. **Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture**. Organic Agriculture Centre of Canada.
- Nelson, D.W. dan L.E., Sommers. 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter, P. 961. 1010. In: Van Bemmelen, D.L. Sparks A.L., Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert. **Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. Soil Sci. Soc. Am. Inc, and Am. Soc. Agron. Inc. Medison.
- Nugroho, J., Bintoro, N.S., dan Nurkayanti, T. 2010. Pengaruh Variasi Jumlah dan Jenis Bulking Agent pada Pengomposan Limbah Organik Sayuran dengan Komposter Mini. **Paper presented in the Prosiding Seminar Nasional Perteta**, Purwokerto.
- Paramatya, A. 2019. Kombinasi Proses Pra-composting dan Vermicomposting Menggunakan Eudrilus eugeniae dan Lumbricus rubellus untuk Pengomposan Sampah Kebun dan Lumpur Biologis Unit Sludge Drying Bed (SDB). **Jurnal Teknik ITS**. 3(2): C33-C35.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2011. **Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenaan Tanah**. No. 70. Menteri Pertanian. Indonesia. Jakarta.

- Prajayana, F.I. 2011. **Kajian Konversi Limbah Padat Jerami Padi menjadi Biogas**. Skripsi. IPB. Bogor.
- Pramaswari, A. 2011. **Kombinasi Bahan Organik (Rasio C:N) Pada Pengolahan Lumpur (Sludge) Limbah Pencelupan**. Universitas Udayana. Bali.
- Purnomo, B. 2006. **Diktat Kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman**. Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Purnomo, E.A., Endro, S., dan Sri, S. 2017. Pengaruh Variasi C/N Rasio Terhadap Produksi Kompos dan Kandungan Kalium (K), Pospat (P) dari Batang Pisang dengan Kombinasi Kotoran Sapi Dalam Sistem Vermicomposting. **Jurnal Teknik Lingkungan**, Vol. 6, No. 2.
- Rahmatullah, F. 2013. **Potensi Vermicompost Dalam Meningkatkan Kadar N dan P pada Pupuk Dari Limbah Tikar Pandan, Pelepah Pisang dan Sludge IPAL PT. Djarum**. Universitas Negeri Semarang.
- Rahmawati, E. 2015. Pemanfaatan Cacing *Eudrilus eugeniae* dan *Eisenia foetida* dalam mendegradasi Sampah Kebun. **Jurnal Teknik ITS**. 5(1): C33-C37.
- Rodriguez-Campos, J., Dendooven, L., Alvarez-Bernal, D., Contreras-Ramos, S.M. 2014. Potential of Earthworms to Accelerate Removal of Organic Contaminants from Soil: A Review. **Applied Soil Ecology**. Vol. 79, pp. 10-25
- Salundik. 2006. **Meningkatkan Kualitas Kompos**. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Sari, G.L., Mizwar, A., dan Trihadiningrum, Y. 2015. Pengaruh Tanah terhadap Proses Biodegradasi Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) pada Tanah Terkontaminasi Batubara. **Jurnal Teknologi**. Universitas Muhammadiyah, Jakarta, 8 (1), 31-40.
- Sastro, Y. 2016. **Teknologi Pengomposan Limbah Organik Kota Menggunakan Black Soldier Fly**. Jakarta: Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.
- Setyorini, D. 2003. **Persyaratan Mutu Pupuk Organik Untuk Menunjang Budidaya Pertanian Organik**. Ditjen Bina Sarana Pertanian, Jakarta.
- Siswanto, T. 2012. **Pengaruh Penambahan Bahan Berunsur Karbon Tinggi Untuk Meningkatkan Nilai Rasio C:N**

Pada Kompos. Skripsi. FT UI. Depok.

- Sitorus, B. 2013. **Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik.** Jakarta.
SNI 06-2479-1991: **Metode Pengujian Kadar Amonium Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Nessler.**
- SNI 06-2480-1991: **Metode Pengujian Kadar Nitrat Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat.**
- SNI 19-7030-2004: **Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.**
- SNI 19-3242-2008: **Pengelolaan Sampah di Permukaan.**
- Sudaryono. 2009. Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur. **Jurnal Teknik Lingkungan.** 10 (3): 337-346. ISSN 1441-318x.
- Sulaiman, F.L. 2010. **Kualitas Produk Kompos dan Karakteristik Proses Pengomposan Sampah Kota.** Serpong: BPPT.
- Suriadikarta, D.A. dan D. Setyorini. 2005. **Laporan Hasil Penelitian Standar Mutu Pupuk Organik.** Balai penelitian Tanah, Bogor.
- Surtinah. 2013. Pengujian Kandungan Unsur Hara dalam Kompos yang Berasal dari Serasah Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). **Jurnal Ilmu Pertanian** Vol. 11, No.1. Universitas Lancang Kuning.
- Suryo, B. 2013. **Pertanian Kentang di Batu Diserang Hama Cacing Emas,** <<http://bumn.go.id/pertani/berita/68>>.
- Suthar, S. 2009. Vermicomposting of Vegetable-market Solid Waste Using *Eisenia foetida*: Impact of Bulking Material on Earthworm Growth and Decomposition Rate. **Ecology Engineering.** 35, 910-914.
- Taniwiryono, D. 2018. **Perkembangan Teknologi Pupuk Organik dan Pupuk Hayati Untuk Antisipasi Terhadap Perubahan Iklim di Perkebunan.** Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen, dan S.A. Vigil. 1993. **Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues, International Editions.** New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Thom, O.W. dan M. Utomo. 1991. **Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman.** Universitas

- Lampung. Bandar Lampung.
- Trihadiningrum, Y. 2012. **Mikrobiologi Lingkungan**. Surabaya: ITS Press.
- Tripathi, G. dan Bhardwaj, P. 2004. Decomposition of Kitchen Waste Amended with Cow Manure Using Epigeic sp. (*Eisenia fetida*) and Anecic sp. (*Lampito mauritii*). **Biores Technology**, 92:215-218.
- Wahyono, S. 2001. Daur Ulang Sampah Organik Dengan Teknologi Vermicomposting. **Jurnal Teknologi Lingkungan**. 2, 87-92.
- Warmadewanthi, I.D.A.A. 1998. **Pengaruh Variasi Oksigen Terhadap Laju Kematangan Kompos**. Tugas Akhir. ITS. Surabaya.
- Xueling, S. 2006. **Nitrogen Transformation in Food Waste Composting**. University of Regina: Environmental System Engineering.
- Yang, S., Li, Q., Gao, Y., Zheng, L., Liu, Z. 2014. Biodiesel Production From Swine Manure Via Housefly Larvae Renewable Energy. **Elsevier Ltd**, Vol. 66 pp. 222-227.
- Zhang, J., L. Huang, J.He, J.K. Tomberlin, J. Li, C. Lei, M. Sun, Z. Liu, dan Z. Yu. 2010. An Artificial Light Source Influences Mating Of Black Soldier Flies, *Hermetia illucens*. **Journal Insect Sci** 10 (202).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS

1. Analisis Densitas

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Timbangan
 2. Gelas ukur 1000 mL
 3. Sampel

- b. Prosedur Kerja Analisis
 1. Sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga volume 1000 mL.
 2. Ditimbang gelas ukur dengan timbangan.
 3. Hitung densitas dengan rumus:
Densitas Sampah: $\frac{\text{Berat Sampel}}{\text{Volume Sampel}}$

2. Analisis Suhu

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

- b. Prosedur Kerja Analisis
 1. Dimasukkan termometer pada setengah kedalaman reaktor.
 2. Didiamkan selama ± 1 menit.
 3. Dicatat suhu yang ditunjukkan oleh termometer.

3. Analisis pH

Sebelum analisis, pH meter dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH. Kalibrasi dilakukan dengan mencelupkan probe pH meter secara bergantian ke dalam larutan buffer dengan urutan: buffer pH 4, buffer pH 7, buffer pH 10, kemudian buffer pH 7.

- a. Peralatan dan Bahan
 1. pH meter
 2. Magnetic stirer
 3. Erlenmeyer 100 mL
 4. Gelas beaker 100 mL
 5. Aquades

- b. Prosedur Kerja Analisis
 1. Ditimbang 5 g sampel pada erlenmeyer.
 2. Ditambahkan aquades 50 mL.
 3. Diaduk pada magnetic stirer selama 10 menit.
 4. Dituang larutan sampel ke dalam gelas beaker, dibiarkan bagian yang tidak terlarut (mengendap) di dalam erlenmeyer.
 5. Dibaca nilai pH dengan pH meter.

4. Analisis Kadar Air, Berat Kering, *Volatile Solid*, C-organik, dan C-total dengan Metode Gravimetri

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Neraca analitik
 2. Cawan porselen
 3. Furnace
 4. Oven
 5. Desikator

- b. Prosedur Kerja Analisis Kadar Air dan Berat Kering
 1. Dimasukkan cawan porselen ke dalam oven 105 °C selama 1 jam.
 2. Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
 3. Cawan ditimbang dengan neraca analitis (a).
 4. Sampel dimasukkan sebanyak ± 5 g ke dalam cawan yang telah ditimbang, kemudian ditimbang berat cawan + berat basah sampel (b).
 5. Cawan dimasukkan ke dalam oven 105 °C selama 24 jam.
 6. Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
 7. Cawan dan sampel ditimbang dengan timbangan analitis (c).
 8. Dihitung kadar air dengan rumus berikut:
Kadar air (%): $\frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100\%$
Keterangan:
a : berat cawan kosong (g)

b : berat cawan + berat sampel sebelum dari oven (g)

c : berat cawan + berat sampel sesudah dari oven (g)

9. Dihitung berat kering dengan rumus berikut:
Berat kering = Berat basah – % kadar air

c. Prosedur Kerja Analisis *Volatile Solid* dan C-organik

1. Cawan + berat kering sebanyak ± 1 g ditimbang dengan neraca analitik (c).
2. Cawan dimasukkan furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam.
3. Cawan dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit.
4. Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
5. Cawan dan sampel ditimbang dengan timbangan analitis (d).
6. Dihitung kadar *volatile solid* dengan rumus berikut:

$$\text{VS (\%)}: \frac{(c-a)-(d-a)}{(c-a)} \times 100\%$$

Keterangan:

a : berat cawan kosong (g)

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

d : berat cawan + berat sampel sesudah dari furnace (g)

7. Dihitung kadar C-organik dengan rumus berikut:
C-organik (%) = VS x 0,58

d. Prosedur Kerja Analisis C-total

1. Cawan + berat sampel yang bebas volatile solid dimasukkan dalam furnace 750°C selama 1 jam.
2. Cawan dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit.
3. Cawan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
4. Cawan dan sampel ditimbang dengan timbangan analitis (e).

5. Dihitung kadar C-total dengan rumus berikut:

$$\text{C-total (\%)}: \frac{(e-a)}{(c)} \times 100\%$$

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)

5. Analisis *Total Kjeldahl Nitrogen* dengan Metode Kjeldahl

a. Peralatan dan Bahan

1. Neraca analitik
2. Tabung kjeldahl
3. Peralatan kjeldahl apparatus
4. 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

b.1 Pembuatan Reagen

- Digestion Reagen
134 g K_2SO_4 ditambah 7,3 g CuSO_4 , dilarutkan dengan aquades hingga 800 mL. Kemudian ditambahkan 134 mL H_2SO_4 pekat dan diencerkan hingga 1000 mL. Pembuatan

digestion reagen dilakukan 2 kali untuk kebutuhan analisis \pm 200 sampel.

- Larutan Nessler
Dicampurkan dan dihaluskan 10 g serbuk HgI_2 dan 7 g KI, kemudian dilarutkan dengan 16 g NaOH yang sudah dilarutkan dalam aquades 100 mL. Dibiarkan mengendap dan diambil supernatannya.
- Garam Signet
Dilarutkan 10 g K.Na.Tartrat ke dalam 100 mL aquades. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan nessler sebagai pengawet.
- Larutan Asam Borat 1%
10 g H_3BO_3 diencerkan hingga 1000 mL.
- Larutan Natrium Hidroksida 40%
400 g NaOH dilarutkan dalam aquades 600 mL, setelah dingin diencerkan hingga 1000 mL.

b.2 Prosedur Analisis

1. Ditimbang 0,2 g sampel kering dan dimasukkan ke dalam tabung kjeldahl.
2. Ditambahkan digestion reagen sebanyak 10 mL. Kemudian diencerkan menjadi 100 mL.
3. Dilakukan proses destruksi dengan pemanasan tabung kjeldahl dalam lemari asam selama \pm 4 jam (diharapkan N sudah larut semuanya) dan tersisa sedikit larutan \pm 5 mL.
4. Hasil destruksi didinginkan.
5. Ditambahkan aquades hingga 100 mL.
6. Dituang ke dalam labu destilasi 250 mL.
7. Ditambahkan indikator PP 3 tetes.
8. Ditambahkan larutan 20 mL NaOH 40%.
9. Dimasukkan 10 mL larutan H_3BO_3 ke dalam timbel 125 mL.
10. Peralatan destilasi dirangkai dan dilakukan proses destilasi. Proses destilasi selesai bila volume destilat mencapai sekitar 75 mL.
11. Hasil destilasi pada timbel 125 mL didinginkan, kemudian dituang dalam erlenmeyer 250 mL.

12. Diambil 10 mL dan dimasukkan ke dalam beaker 50 mL.
13. Disiapkan blanko yang diisi aquades 10 mL.
14. Ditambahkan 0,4 mL larutan nessler dan 0,5 mL garam signet pada sampel dan blanko.
15. Diaduk dan didiamkan selama 10 menit.
16. Dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 400 nm.
17. Dihitung konsentrasi TKN dengan rumus dari kurva kalibrasi amonium.

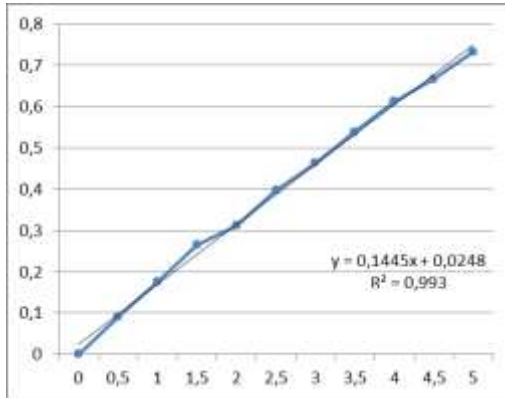
6. Analisis Amonium (NH_4^+) dengan Metode Nessler

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Neraca analitik
 2. Gelas ukur 100 mL
 3. 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
 - Larutan Standar Amonium (100 ppm)
Ditimbang 0,38214 g NH_4Cl kemudian dilarutkan dalam aquades sebanyak 1 L.
 - Larutan Nessler
Dicampurkan dan dihaluskan 10 g serbuk HgI_2 dan 7 g KI , kemudian dilarutkan dengan 16 g NaOH yang sudah dilarutkan dalam aquades 100 mL. Dibiarkan mengendap dan diambil supernatannya.
 - Garam Signet
Dilarutkan 10 g K.Na.Tartrat ke dalam 100 mL aquades. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan nessler sebagai pengawet.
 - b.2 Prosedur Analisis

1. Ditimbang 0,5 g sampel kering dengan neraca analitik.
2. Diencerkan menjadi 100 mL dalam gelas ukur.
3. Diambil 10 mL dan dimasukkan ke dalam beaker 50 mL.
4. Disiapkan blanko yang diisi aquades 10 mL.
5. Ditambahkan 0,4 mL larutan nessler dan 0,5 mL garam signet pada sampel dan blanko.
6. Diaduk dan didiamkan selama 10 menit.
7. Dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 400 nm.
8. Dihitung konsentrasi amonium dengan rumus dari kurva kalibrasi.

Tabel A.1 Kalibrasi Spektrofotometer NH_4^+

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,5	0,091
1	0,175
1,5	0,265
2	0,312
2,5	0,397
3	0,463
3,5	0,539
4	0,613
4,5	0,667
5	0,734



7. Analisis Nitrat (NO_3^-) dengan Metode Brucin Asetat

a. Peralatan dan bahan

1. Neraca analitik
2. Gelas ukur 100 mL
3. 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

b.1 Pembuatan Reagen

- Brucine Asetat 0,5%
Dilutkan 0,5 g serbuk brucine asetat dengan 100 mL aquades dalam labu pengencer 100 mL, dikocok hingga larut sempurna.
- Larutan Standar Nitrat (100 ppm)
Ditimbang 0,7218 g KNO_3 kemudian dilarutkan dalam aquades 1 L.

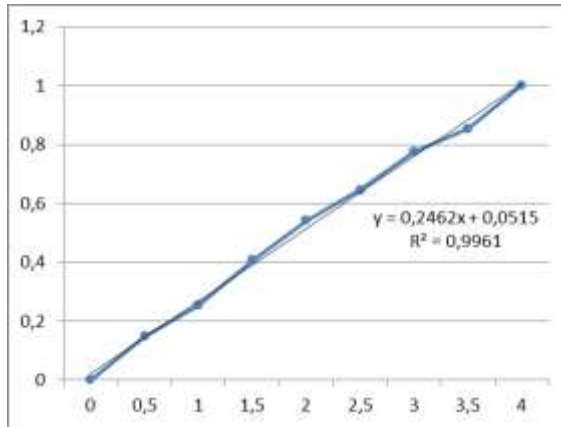
b.2 Prosedur Analisis

1. Ditimbang 0,5 g sampel kering dengan neraca analitik.
2. Diencerkan menjadi 100 mL dalam gelas ukur.

3. Diambil 2 mL dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL.
4. Disiapkan blanko yang diisi aquades 2 mL.
5. Tambahkan 2 mL Brucin Asetat dan 4 mL H₂SO₄ pekat pada sampel dan blanko.
6. Diaduk dan didiamkan selama 10 menit.
7. Dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm.
8. Dihitung konsentrasi nitrat dengan rumus dari kurva kalibrasi.

Tabel A.2 Kalibrasi Spektrofotometer NO₃⁻

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,5	0,148
1	0,253
1,5	0,407
2	0,542
2,5	0,645
3	0,775
3,5	0,853
4	1,001



Gambar A.1 Kurva Kalibrasi NO_3^-

Untuk menghitung C/N, nilai N dari ppm dijadikan % dahulu ($1\% = 10.000 \text{ ppm}$) dengan rumus sebagai berikut:

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

8. Analisis Ayakan

- a. Peralatan dan Bahan
 1. Alat pengayak
 2. Gelas ukur 100 g
 3. Gelas beaker 200 mL
 4. Neraca analitik
 5. Bak penampung ayakan
 6. Sampel

- b. Prosedur Kerja Analisis
 1. Sampel diambil dari dalam reaktor sebanyak 100 g.
 2. Dibubuhkan diatas alat pengayak.
 3. Alat pengayak digerak-getarkan selama ± 5 menit, di atas bak penampung hasil ayakan.
 4. Hasil ayakan dimasukkan dalam gelas beaker 200 mL.
 5. Ditimbang dengan menggunakan neraca analitik.

LAMPIRAN B HASIL ANALISIS

B.1 Kadar Air (%)

Tabel B.1.1 Kadar Air pada Hari ke-0

11-Feb	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA	28,2002	33,4311	30,1426	62,87
SRB	28,2012	33,4313	30,4193	57,59
RL	34,1931	39,4243	36,6251	53,51
SM	34,1933	39,4212	35,7746	69,75

Tabel B.1.2 Kadar Air pada Hari ke-5

16-Feb	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA	28,2003	33,2012	30,1287	61,44
SRB	28,2019	33,2033	30,3523	57,00
RL	34,1937	39,1964	36,3921	56,06
SM	34,1989	39,2012	35,7502	68,99

Tabel B.1.3 Kadar Air pada Hari ke-10

21-Feb	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA	28,2212	33,2557	30,0534	63,61
SRB	28,2765	33,3116	30,3387	59,04
RL	34,2345	39,2921	36,3369	58,43
SM	34,2567	39,2919	35,7894	69,56

Tabel B.1.4 Kadar Air pada Hari ke-15

27-Feb	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2013	33,4313	30,2356	61,10
SRA 0	28,2003	33,4303	30,2456	60,89
SRA 10	34,1937	39,4237	35,9125	67,14
SRA 10	34,1903	39,4203	35,8746	67,80
SRA 15	35,5845	40,8145	37,3543	66,16
SRA 15	35,5795	40,8095	37,4571	64,10
SRA 20	34,5431	39,7731	36,4932	62,71
SRA 20	34,5433	39,7733	36,3319	65,80

27-Feb	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRB 0	28,4712	33,7012	30,9847	51,94
SRB 0	28,4694	33,4494	30,6854	55,50
SRB 10	35,0798	40,0598	37,1239	58,95
SRB 10	35,0773	40,0573	37,1874	57,63
SRB 15	32,7923	37,7723	34,9853	55,96
SRB 15	32,7994	37,7794	34,9775	56,26
SRB 20	30,6893	35,6693	32,8734	56,14
SRB 20	30,6902	35,6702	32,7934	57,77
RL 0	31,5695	36,5495	34,0210	50,77
RL 0	31,5713	36,5513	33,9932	51,37
RL 10	31,4613	36,5813	33,7943	54,43
RL 10	31,4610	36,5810	33,8820	52,71
RL 15	34,5523	39,6723	36,9321	53,52
RL 15	34,5517	39,6717	36,9192	53,76
RL 20	28,1502	33,2702	30,5943	52,26
RL 20	28,1523	33,2723	30,4852	54,44
SM 0	27,9532	33,0732	29,6321	67,21
SM 0	27,9535	32,9565	29,1921	75,24
SM 10	32,6789	37,6819	34,0122	73,35
SM 10	32,6799	37,6829	34,1294	71,03
SM 15	24,5517	29,5547	25,9843	71,37
SM 15	24,5519	29,5549	25,9012	73,03
SM 20	34,5213	39,5243	35,3492	83,45
SM 20	34,5208	39,5238	36,0129	70,18

Tabel B.1.5 Kadar Air pada Hari ke-20

04-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2008	33,2028	30,0298	63,43
SRA 0	28,2019	33,2039	30,1023	62,01
SRA 10	34,1941	39,1961	36,0921	62,06
SRA 10	34,1993	39,2013	36,1002	62,00
SRA 15	35,5865	40,5985	37,4576	62,67
SRA 15	35,5893	40,6013	37,4503	62,87

04-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 20	34,5435	39,5555	36,4599	61,76
SRA 20	34,5313	39,5433	36,3201	64,31
SRB 0	28,4703	33,4823	30,5732	58,04
SRB 0	28,4891	33,4981	30,5627	58,60
SRB 10	35,0786	40,0876	36,6932	67,77
SRB 10	35,1293	40,1383	37,2922	56,82
SRB 15	32,7902	37,7992	34,6942	61,99
SRB 15	32,8130	37,8220	34,9823	56,69
SRB 20	30,6898	35,6988	32,6872	60,12
SRB 20	30,7178	35,7268	32,6991	60,45
RL 0	31,5727	36,5817	33,9932	51,68
RL 0	31,5672	36,6792	33,7992	56,34
RL 10	31,4649	36,5769	33,6182	57,88
RL 10	31,4854	36,5974	33,8739	53,28
RL 15	34,5542	39,6662	36,7529	56,99
RL 15	34,5672	39,6792	36,7882	56,55
RL 20	28,1508	33,2628	30,4321	55,37
RL 20	28,1589	33,2709	30,5482	53,26
SM 0	27,9577	33,0697	29,8313	63,35
SM 0	27,9632	33,0752	29,9012	62,09
SM 10	32,6798	37,6814	33,9912	73,78
SM 10	32,6739	37,6755	33,8821	75,84
SM 15	24,5524	29,5540	26,2271	66,52
SM 15	24,5563	29,5579	26,0365	70,41
SM 20	34,5226	39,5242	36,2931	64,60
SM 20	34,5220	39,5236	35,9871	70,71

Tabel B.1.6 Kadar Air pada Hari ke-25

09-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2218	33,2558	30,2512	59,69
SRA 0	28,2774	33,3114	30,2987	59,85
SRA 10	34,2580	39,2920	35,9069	67,24
SRA 10	34,2583	39,2923	35,8894	67,60

09-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 15	35,5590	40,5930	37,6139	59,18
SRA 15	35,6110	40,6140	37,4301	63,64
SRA 20	34,5668	39,5698	36,7036	57,29
SRA 20	34,5678	39,5708	36,3602	64,17
SRB 0	28,4712	33,4742	30,4268	60,91
SRB 0	28,4791	33,4821	30,8892	51,83
SRB 10	35,0910	40,0940	37,1756	58,33
SRB 10	35,1293	40,1323	37,2234	58,14
SRB 15	32,8060	37,8160	34,8847	58,51
SRB 15	32,8045	37,8145	34,9667	56,84
SRB 20	30,7082	35,7182	32,4793	64,65
SRB 20	30,7102	35,7202	32,2967	68,33
RL 0	31,5925	36,6025	33,7772	56,39
RL 0	31,5929	36,6029	33,7882	56,18
RL 10	31,4650	36,4750	33,7689	54,01
RL 10	31,4673	36,5693	33,5001	60,16
RL 15	34,5728	39,6748	36,7820	56,70
RL 15	34,5731	39,6751	36,6892	58,52
RL 20	28,1503	33,2523	30,2675	58,50
RL 20	28,1503	33,2523	30,3203	57,47
SM 0	27,9571	33,0591	29,7029	65,78
SM 0	27,9573	33,0593	29,8992	61,94
SM 10	32,6782	37,7802	34,5680	62,96
SM 10	32,6785	37,7805	34,3754	66,74
SM 15	24,5501	29,5791	26,3101	65,00
SM 15	24,5562	29,5852	26,3357	64,62
SM 20	34,5143	39,5433	36,0932	68,60
SM 20	34,5145	39,5435	36,0212	70,04

Tabel B.1.7 Kadar Air pada Hari ke-30

14-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2040	33,3965	30,3145	59,35
SRA 0	28,2011	33,2016	30,0876	62,27

14-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 10	34,1811	39,1893	36,3133	57,43
SRA 10	34,3109	39,4129	35,8992	68,87
SRA 15	35,6081	40,0205	37,1130	65,89
SRA 15	35,6103	40,5129	37,5264	60,92
SRA 20	34,5363	39,7678	36,7149	58,36
SRA 20	34,5419	39,6556	36,3234	65,16
SRB 0	28,4823	33,5807	30,6828	56,84
SRB 0	28,4914	33,6103	30,6234	58,35
SRB 10	35,0834	40,0026	37,1695	57,59
SRB 10	35,0811	40,0123	37,1356	58,34
SRB 15	32,7926	37,8871	34,9525	57,60
SRB 15	32,7929	37,8902	35,0992	54,75
SRB 20	30,6926	35,8852	32,4327	66,49
SRB 20	30,6913	35,7612	33,1076	52,34
RL 0	31,5762	36,2376	34,1983	43,75
RL 0	31,5732	36,5764	33,9845	51,80
RL 10	31,4669	36,2251	33,1997	63,58
RL 10	31,4670	36,5670	33,4567	60,99
RL 15	34,5659	39,6910	36,5612	61,07
RL 15	34,5671	39,5679	36,5634	60,08
RL 20	28,1534	33,5525	30,3245	59,79
RL 20	28,1551	33,5567	30,2987	60,32
SM 0	27,9598	32,5304	29,9428	56,61
SM 0	27,9595	32,2345	29,5331	63,19
SM 10	32,6767	37,1626	34,4812	59,77
SM 10	32,6773	37,6782	34,3564	66,42
SM 15	24,5550	29,0774	26,3505	60,30
SM 15	24,5556	29,6673	25,9870	72,00
SM 20	34,5383	39,7952	36,4195	64,21
SM 20	34,5393	39,5413	36,5645	59,51

Tabel B.1.8 Kadar Air pada Hari ke-35

19-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
--------	-------	-------	-------	-------

19-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2093	33,3287	30,3004	59,15
SRA 0	28,2101	33,3015	30,3985	57,02
SRA 10	34,1772	39,9521	36,4425	60,77
SRA 10	34,1803	39,1911	35,9912	63,86
SRA 15	35,5872	40,7025	37,3528	65,48
SRA 15	35,5812	40,7095	37,4645	63,28
SRA 20	34,5552	39,6831	36,4392	63,26
SRA 20	34,5601	39,6792	36,4365	63,35
SRB 0	28,4752	33,7122	30,4776	61,76
SRB 0	28,4698	33,7234	30,3885	63,48
SRB 10	35,0811	40,2894	37,0361	62,46
SRB 10	35,1001	40,3459	37,1182	61,53
SRB 15	32,7915	37,9642	34,5029	66,91
SRB 15	32,7910	37,9562	34,5202	66,52
SRB 20	30,7164	35,7309	32,4498	65,43
SRB 20	30,7160	35,7283	32,5487	63,44
RL 0	31,5796	36,3762	34,0210	49,10
RL 0	31,6978	36,7001	33,9928	54,12
RL 10	31,4649	36,6590	33,4853	61,10
RL 10	31,4646	36,5872	33,6192	57,94
RL 15	34,5599	39,6216	36,7838	56,06
RL 15	34,5598	39,6902	36,6983	58,32
RL 20	28,1564	33,6245	30,2804	61,16
RL 20	28,1512	33,6198	30,3092	60,54
SM 0	27,9581	33,5423	29,9966	63,50
SM 0	27,9482	33,5982	29,9777	64,08
SM 10	32,6714	37,9868	34,4423	66,68
SM 10	32,6798	37,7723	34,6821	60,68
SM 15	24,5573	29,6150	26,1257	68,99
SM 15	24,5567	29,6078	26,3192	65,11
SM 20	34,5345	40,1023	36,3450	67,48
SM 20	34,5398	40,5578	36,3674	69,63

Tabel B.1.9 Kadar Air pada Hari ke-40

25-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2011	33,3821	30,3299	58,91
SRA 0	28,2028	33,2030	30,3345	57,37
SRA 10	34,1723	39,3270	36,1582	61,47
SRA 10	34,1811	39,1922	36,0872	61,96
SRA 15	35,5863	40,7955	37,5601	62,11
SRA 15	35,5865	40,6112	37,4353	63,21
SRA 20	34,5288	39,6730	36,5045	61,59
SRA 20	34,5298	39,5319	36,4897	60,82
SRB 0	28,4701	33,8341	31,0615	51,69
SRB 0	28,4710	33,4819	31,0021	49,49
SRB 10	35,0806	40,4501	36,9546	65,10
SRB 10	35,1004	40,1065	37,2132	57,80
SRB 15	32,7893	37,7077	34,8194	58,72
SRB 15	32,7911	37,8113	34,8745	58,50
SRB 20	30,6946	35,8688	32,6148	62,89
SRB 20	30,7002	35,8678	32,8772	57,87
RL 0	31,5735	36,6907	34,0569	51,47
RL 0	31,5786	36,7012	34,0672	51,42
RL 10	31,4666	36,7058	33,8727	54,08
RL 10	31,4720	36,4912	33,9199	51,23
RL 15	34,5540	39,5919	36,6942	57,52
RL 15	34,5611	39,5871	36,6852	57,74
RL 20	28,1547	33,1999	30,4754	54,00
RL 20	28,1612	33,2012	30,4773	54,05
SM 0	27,9653	33,3196	29,8732	64,37
SM 0	28,8655	33,9019	30,6823	63,93
SM 10	32,6774	37,7708	34,5620	63,00
SM 10	32,6775	37,7642	34,6178	61,86
SM 15	24,5586	29,7302	26,1596	69,04
SM 15	24,5617	29,5981	26,1897	67,68
SM 20	34,5312	39,4893	36,1666	67,02
SM 20	34,5323	39,5226	36,1789	67,00

Tabel B.1.10 Kadar Air pada Hari ke-45

29-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2081	33,3223	30,2011	61,03
SRA 0	28,1101	33,3011	30,1976	59,79
SRA 10	34,1775	39,3456	36,2432	60,03
SRA 10	34,1812	39,1911	35,8921	65,85
SRA 15	35,5813	40,6623	37,5534	61,19
SRA 15	35,5808	40,6093	37,4612	62,61
SRA 20	34,5512	39,5831	36,4389	62,49
SRA 20	34,5618	39,5712	36,5346	60,62
SRB 0	28,4743	33,5112	30,4764	60,25
SRB 0	28,4687	33,5235	30,3823	62,14
SRB 10	35,0819	40,2714	37,0322	62,42
SRB 10	35,1023	40,2467	37,1199	60,78
SRB 15	32,7919	37,8542	34,5034	66,19
SRB 15	32,7913	37,8521	34,5212	65,82
SRB 20	30,7134	35,7209	32,4488	65,34
SRB 20	30,7160	35,7283	32,5425	63,56
RL 0	31,5792	36,2723	34,0011	48,39
RL 0	31,5971	36,6301	33,9929	52,40
RL 10	31,4649	36,6595	33,4859	61,09
RL 10	31,4656	36,5872	33,6178	57,98
RL 15	34,5545	39,6216	36,5845	59,94
RL 15	34,5789	39,6902	36,3967	64,44
RL 20	28,1523	33,6245	30,1812	62,92
RL 20	28,1512	33,6198	30,2108	62,34
SM 0	27,9534	33,5423	29,9543	64,20
SM 0	27,9482	33,5982	29,9781	64,07
SM 10	32,6733	37,9868	34,4412	66,73
SM 10	32,6745	37,7723	34,6818	60,62
SM 15	24,5573	29,6012	26,1198	69,02
SM 15	24,5567	29,6023	26,3183	65,09
SM 20	34,5323	40,1011	36,3458	67,43

29-Mar	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SM 20	34,5398	40,5525	36,3671	69,61

Tabel B.1.11 Kadar Air pada Hari ke-50

03-Apr	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2028	33,2400	30,6125	52,16
SRA 0	28,2030	33,2415	30,6154	52,12
SRA 10	34,1744	39,3676	36,0826	63,26
SRA 10	34,1751	39,3681	36,0811	63,30
SRA 15	35,5909	40,8503	37,5135	63,44
SRA 15	35,5923	40,6571	37,3456	65,38
SRA 20	34,5300	39,6185	36,4241	62,78
SRA 20	34,5311	39,6078	36,4123	62,94
SRB 0	28,4745	33,7498	30,6847	58,10
SRB 0	28,4748	33,5024	30,4662	60,39
SRB 10	35,0854	40,3563	36,8827	65,90
SRB 10	35,0868	40,1234	36,7558	66,86
SRB 15	32,7939	38,1114	34,7147	63,88
SRB 15	32,7956	38,0102	34,6579	64,29
SRB 20	30,6971	36,1174	32,5019	66,70
SRB 20	30,7001	35,9987	32,3344	69,16
RL 0	31,5765	36,8144	33,7996	57,56
RL 0	31,5775	36,6678	33,7188	57,93
RL 10	31,4705	37,0516	33,6065	61,73
RL 10	31,4798	37,0892	33,6177	61,89
RL 15	34,5587	39,9729	36,6779	60,86
RL 15	34,5603	39,9873	36,6812	60,92
RL 20	28,1550	33,4303	30,1630	61,94
RL 20	28,1587	33,3984	30,1203	62,56
SM 0	27,9624	33,5025	29,7264	68,16
SM 0	27,9633	33,3303	29,6738	68,13
SM 10	32,6772	38,4933	34,4592	69,36
SM 10	32,6793	37,7899	34,5199	63,98
SM 15	24,5581	30,2988	26,3529	68,74

03-Apr	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SM 15	24,5611	30,2812	26,3671	68,43
SM 20	34,5296	40,4198	36,2127	71,43
SM 20	34,5299	39,6773	35,9887	71,66

Tabel B.1.12 Kadar Air pada Hari ke-55

08-Apr	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2070	35,1224	31,5978	50,97
SRA 0	28,2043	35,1203	31,5876	51,08
SRA 10	34,1854	39,9893	36,4458	61,05
SRA 10	34,1802	39,9702	36,4402	60,97
SRA 15	35,6045	41,4127	37,9160	60,20
SRA 15	35,5959	41,4112	37,9119	60,17
SRA 20	34,5375	42,2938	37,6104	60,38
SRA 20	34,5344	42,2267	37,5998	60,15
SRB 0	28,4903	35,3863	31,2880	59,43
SRB 0	28,4865	35,3844	31,2789	59,52
SRB 10	35,0998	40,4289	37,2000	60,59
SRB 10	35,0979	40,3092	37,1877	59,90
SRB 15	32,8073	38,8146	35,0053	63,41
SRB 15	32,8024	38,1872	35,1342	56,70
SRB 20	30,7058	36,1929	32,8126	61,60
SRB 20	30,7002	35,5682	32,3922	65,24
RL 0	31,5861	39,2258	34,7603	58,45
RL 0	31,5850	37,2463	34,0165	57,05
RL 10	31,4799	37,4317	34,0425	56,94
RL 10	31,4740	36,5672	33,5921	58,41
RL 15	34,5684	41,2285	37,2495	59,74
RL 15	34,5628	40,3462	36,9087	59,44
RL 20	28,1631	34,5120	30,6328	61,10
RL 20	28,1563	34,0982	30,6672	57,74
SM 0	27,9676	34,9052	30,5370	62,96
SM 0	27,9626	33,9887	30,1293	64,04
SM 10	32,6845	39,3249	35,0346	64,61

08-Apr	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SM 10	32,6795	38,9291	35,0019	62,84
SM 15	24,5659	32,4936	27,2508	66,13
SM 15	24,5602	30,2911	26,4391	67,21
SM 20	34,5401	42,0255	37,3117	62,97
SM 20	34,5302	40,9821	37,0231	61,36

Tabel B.1.13 Kadar Air pada Hari ke-60

13-Apr	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SRA 0	28,2032	34,2731	30,6520	59,66
SRA 0	28,2032	34,1823	30,6573	58,96
SRA 10	34,1781	41,1434	36,8689	61,37
SRA 10	34,1781	40,5677	36,6821	60,81
SRA 15	35,5957	41,6800	37,8767	62,51
SRA 15	35,5949	40,6223	37,5982	60,15
SRA 20	34,5314	40,5387	36,7850	62,49
SRA 20	34,5311	40,5321	36,7892	62,37
SRB 0	28,4813	34,6851	30,9983	59,43
SRB 0	28,4812	34,5662	30,9488	59,45
SRB 10	35,0922	41,8125	37,5396	63,58
SRB 10	35,0926	40,6631	37,4621	57,46
SRB 15	32,7987	38,8432	35,0862	62,16
SRB 15	32,8011	38,2212	35,0772	58,01
SRB 20	30,6970	37,0494	33,0960	62,23
SRB 20	30,6976	36,7721	33,3271	56,71
RL 0	31,5811	37,7988	34,2288	57,42
RL 0	31,5805	37,7873	34,2190	57,49
RL 10	31,4714	37,7462	33,7866	63,10
RL 10	31,4711	36,8321	33,7829	56,88
RL 15	34,5620	40,6097	37,1300	57,54
RL 15	34,5628	39,9821	37,1293	52,64
RL 20	28,1560	34,2460	30,4540	62,27
RL 20	28,1577	33,8219	30,1871	64,17
SM 0	27,9626	35,4140	30,3033	68,59

13-Apr	a (g)	b (g)	c (g)	% air
SM 0	27,9611	34,8281	30,1934	67,49
SM 10	32,6801	38,6551	34,7943	64,62
SM 10	32,6790	37,7134	34,5672	62,49
SM 15	24,5587	30,8512	26,8630	63,38
SM 15	24,5579	30,4562	26,4218	68,40
SM 20	34,5294	40,8673	36,8572	63,27
SM 20	34,5301	40,8372	36,7662	64,55
Catatan: a: berat cawan kosong (g); b: berat cawan + berat sampel sebelum dari oven (g); c: berat cawan + berat sampel sesudah dari oven (g).				

B.2 Volatile Solid dan Karbon (%)

Tabel B.2.1 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-0

11-Feb	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA	28,2002	29,2052	28,5903	27,7811	61,18	35,49	42,09
SRB	28,2012	29,2042	28,4876	27,7611	71,45	41,44	44,16
RL	34,1931	35,1976	34,4469	33,7019	74,73	43,35	49,15
SM	34,1933	35,1948	34,7998	33,8872	39,44	22,88	31,17

Tabel B.2.2 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-10

21-Feb	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA	28,2212	29,2538	28,9624	27,7871	59,55	34,54	42,78
SRB	28,2765	29,3094	28,8923	27,8011	70,14	40,68	46,64
RL	34,2345	35,29	34,7919	33,7419	73,49	42,62	47,23
SM	34,2567	35,2903	35,2082	33,9372	37,92	21,99	31,86

Tabel B.2.3 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-20

04-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 0	28,2008	29,3238	28,6993	28,2272	55,61	32,25	42,04
SRA 0	28,2019	29,3249	28,7013	28,2634	55,53	32,21	38,99
SRA 10	34,1941	35,3171	34,7559	34,3034	49,97	28,98	40,29
SRA 10	34,1993	35,3223	34,7389	34,3023	51,95	30,13	38,88
SRA 15	35,5865	36,7095	36,1312	35,7822	51,50	29,87	31,08

04-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 15	35,5893	36,6095	36,0561	35,6877	54,24	31,46	36,11
SRA 20	34,5435	36,6123	35,5130	34,8001	53,14	30,82	34,46
SRA 20	34,5313	35,5665	34,9850	34,6211	56,17	32,58	35,15
SRB 0	28,4703	35,5543	31,0339	27,9021	63,81	37,01	44,21
SRB 0	28,4891	29,4933	28,7961	28,3342	69,43	40,27	46,00
SRB 10	35,0786	36,5121	35,5204	34,9023	69,18	40,12	43,12
SRB 10	35,1293	36,1016	35,5317	35,1029	58,61	34,00	44,10
SRB 15	32,7902	36,1523	34,0190	32,5905	63,45	36,80	42,49
SRB 15	32,8130	33,8132	33,1861	32,7813	62,70	36,36	40,47
SRB 20	30,6898	31,7788	31,1190	30,6245	60,59	35,14	45,41
SRB 20	30,7178	31,8068	31,1069	30,7043	64,27	37,28	36,97
RL 0	31,5727	32,6617	31,8778	31,3731	71,98	41,75	46,35
RL 0	31,5672	32,6562	31,9060	31,4021	68,89	39,96	46,27
RL 10	31,4649	32,5539	31,7796	31,2645	71,10	41,24	47,30
RL 10	31,4854	32,5744	31,9047	31,4012	61,50	35,67	46,24
RL 15	34,5542	35,6432	34,9006	34,4041	68,19	39,55	45,59
RL 15	34,5672	35,6602	35,0011	34,5409	60,30	34,98	42,10
RL 20	28,1508	29,2438	28,5380	28,1130	64,57	37,45	38,88
RL 20	28,1589	29,2519	28,6240	28,1519	57,45	33,32	43,19
SM 0	27,9577	29,0507	28,6507	28,3813	36,60	21,23	24,65
SM 0	27,9632	29,0562	28,6630	28,3923	35,97	20,87	24,77

04-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SM 10	32,6798	33,7728	33,4011	33,1510	34,01	19,72	22,88
SM 10	32,6739	33,7669	33,3733	33,1411	36,01	20,89	21,24
SM 15	24,5524	25,5774	25,2266	24,9689	34,22	19,85	25,14
SM 15	24,5563	25,5813	25,2300	25,0211	34,27	19,88	20,38
SM 20	34,5226	35,5476	35,1890	34,9671	34,99	20,29	21,65
SM 20	34,5220	35,5470	35,1902	34,9713	34,81	20,19	21,36

Tabel B.2.4 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-30

14-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 0	28,2040	29,2060	28,6934	28,3079	51,16	29,67	38,47
SRA 0	28,2011	29,2031	28,6945	28,3095	50,76	29,44	38,42
SRA 10	34,1811	35,1831	34,7562	34,3814	42,60	24,71	37,41
SRA 10	34,3109	35,3129	34,8989	34,5013	41,32	23,96	39,68
SRA 15	35,6081	36,6101	36,2254	36,0034	38,39	22,27	22,16
SRA 15	35,6103	36,6123	36,2276	35,9721	38,39	22,27	25,50
SRA 20	34,5363	35,5383	35,1034	34,8623	43,40	25,17	24,06
SRA 20	34,5419	35,5439	35,1224	34,8612	42,07	24,40	26,07
SRB 0	28,4823	29,4843	28,8998	28,4623	58,33	33,83	43,66
SRB 0	28,4914	29,4934	28,8932	28,4445	59,90	34,74	44,78
SRB 10	35,0834	36,0854	35,6253	35,2126	45,92	26,63	41,19
SRB 10	35,0811	36,0831	35,5573	35,1711	52,48	30,44	38,54

14-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRB 15	32,7926	33,7946	33,3335	32,9519	46,02	26,69	38,08
SRB 15	32,7929	33,7949	33,3392	32,9518	45,48	26,38	38,66
SRB 20	30,6926	31,6946	31,2528	30,8732	44,09	25,57	37,88
SRB 20	30,6913	31,6933	31,2238	30,8523	46,86	27,18	37,08
RL 0	31,5762	32,5782	31,9083	31,4930	66,86	38,78	41,45
RL 0	31,5732	32,5752	31,9942	31,5180	57,98	33,63	47,52
RL 10	31,4669	32,4789	31,8876	31,4147	58,43	33,89	46,73
RL 10	31,4670	32,4794	31,8745	31,4803	59,75	34,65	38,94
RL 15	34,5659	35,5679	34,9825	34,5917	58,42	33,89	39,00
RL 15	34,5671	35,5691	35,0175	34,6128	55,05	31,93	40,39
RL 20	28,1534	29,1554	28,5457	28,2033	60,85	35,29	34,17
RL 20	28,1551	29,1571	28,5998	28,1899	55,62	32,26	40,91
SM 0	27,9598	28,9618	28,6129	28,3911	34,82	20,20	22,14
SM 0	27,9595	28,9615	28,6134	28,3922	34,74	20,15	22,08
SM 10	32,6767	33,6787	33,3601	33,1513	31,80	18,44	20,84
SM 10	32,6773	33,6793	33,3687	33,1711	31,00	17,98	19,72
SM 15	24,5550	25,5570	25,2309	25,0312	32,54	18,88	19,93
SM 15	24,5556	25,5576	25,2421	25,0515	31,49	18,26	19,02
SM 20	34,5383	35,5403	35,2131	35,0171	32,65	18,94	19,56
SM 20	34,5393	35,5413	35,2334	35,0313	30,73	17,82	20,17

Tabel B.2.5 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-40

25-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 0	28,2011	29,2306	28,7911	28,4011	42,69	24,76	37,88
SRA 0	28,2028	29,2134	28,7811	28,4174	42,78	24,81	35,99
SRA 10	34,1723	35,1969	34,9933	34,7920	19,87	11,53	19,65
SRA 10	34,1811	35,1901	34,9882	34,7922	20,01	11,61	19,43
SRA 15	35,5863	36,7926	36,5614	36,3265	19,17	11,12	19,47
SRA 15	35,5865	36,6089	36,3998	36,2301	20,45	11,86	16,60
SRA 20	34,5288	35,5666	35,3381	35,1443	22,02	12,77	18,67
SRA 20	34,5298	35,6398	35,3977	35,1655	21,81	12,65	20,92
SRB 0	28,4701	29,4798	28,9062	28,4931	56,81	32,95	40,91
SRB 0	28,4710	29,5677	28,9775	28,5234	53,82	31,21	41,41
SRB 10	35,0806	36,1796	35,7081	35,3923	42,90	24,88	28,74
SRB 10	35,1004	36,1667	35,7045	35,3112	43,35	25,14	36,88
SRB 15	32,7893	33,8677	33,4285	33,1083	40,73	23,62	29,69
SRB 15	32,7911	33,8091	33,4071	33,1121	39,49	22,90	28,98
SRB 20	30,6946	31,8176	31,4045	31,0971	36,79	21,34	27,37
SRB 20	30,7002	31,7098	31,3492	31,0535	35,72	20,72	29,29
RL 0	31,5735	32,6324	32,0218	31,5947	57,66	33,44	40,33
RL 0	31,5786	32,6547	32,0257	31,5976	58,45	33,90	39,78
RL 10	31,4666	32,6428	32,0067	31,5918	54,08	31,37	35,27
RL 10	31,4720	32,5672	32,0187	31,5676	50,08	29,05	41,19

25-Mar	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
RL 15	34,5540	35,5784	35,0306	34,7084	53,48	31,02	31,45
RL 15	34,5611	35,5773	35,0776	34,6798	49,17	28,52	39,15
RL 20	28,1547	29,2519	28,6986	28,3001	50,43	29,25	36,32
RL 20	28,1612	29,2091	28,6833	28,3194	50,18	29,10	34,73
SM 0	27,9653	29,0312	28,6743	28,4666	33,48	19,42	19,49
SM 0	28,8655	29,9813	29,6142	29,3967	32,90	19,08	19,49
SM 10	32,6774	33,7072	33,3955	33,2165	30,27	17,56	17,38
SM 10	32,6775	33,7089	33,4221	33,2188	27,81	16,13	19,71
SM 15	24,5586	25,6049	25,2704	25,0859	31,97	18,54	17,63
SM 15	24,5617	25,5809	25,2536	25,0709	32,11	18,63	17,93
SM 20	34,5312	35,5575	35,2661	35,1002	28,39	16,47	16,16
SM 20	34,5323	35,5480	35,2655	35,0958	27,81	16,13	16,71

Tabel B.2.6 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-50

03-Apr	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 0	28,2028	29,2245	28,8016	28,4575	41,39	24,01	33,68
SRA 0	28,2030	29,2256	28,8521	28,4989	36,52	21,18	34,54
SRA 10	34,1744	35,2137	34,9729	34,8251	23,17	13,44	14,22
SRA 10	34,1751	35,2293	34,9777	34,8301	23,87	13,84	14,00
SRA 15	35,5909	36,5989	36,3908	36,2528	20,64	11,97	13,69
SRA 15	35,5923	36,5923	36,3878	36,2502	20,45	11,86	13,76

03-Apr	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 20	34,5300	35,5447	35,3138	35,1631	22,76	13,20	14,85
SRA 20	34,5311	35,5416	35,3133	35,1645	22,59	13,10	14,73
SRB 0	28,4745	29,5369	29,0193	28,6008	48,72	28,26	39,39
SRB 0	28,4748	29,5298	28,9923	28,5911	50,95	29,55	38,03
SRB 10	35,0854	36,0944	35,6965	35,3801	39,44	22,87	31,36
SRB 10	35,0868	36,1002	35,6401	35,3482	45,40	26,33	28,80
SRB 15	32,7939	33,8428	33,4733	33,2032	35,23	20,43	25,75
SRB 15	32,7956	33,8112	33,4890	33,2011	31,73	18,40	28,35
SRB 20	30,6971	31,7042	31,3734	31,1074	32,85	19,05	26,41
SRB 20	30,7001	31,7124	31,3656	31,1012	34,26	19,87	26,12
RL 0	31,5765	32,5892	32,0465	31,6546	53,59	31,08	38,70
RL 0	31,5775	32,5801	32,0501	31,7032	52,86	30,66	34,60
RL 10	31,4705	32,5442	31,9861	31,5944	51,98	30,15	36,48
RL 10	31,4798	32,5181	32,0119	31,6813	48,75	28,28	31,84
RL 15	34,5587	35,5629	35,1043	34,8004	45,67	26,49	30,26
RL 15	34,5603	35,5623	35,0801	34,7082	48,12	27,91	37,12
RL 20	28,1550	29,1817	28,6833	28,3490	48,54	28,16	32,56
RL 20	28,1587	29,1823	28,7119	28,3656	45,96	26,65	33,83
SM 0	27,9624	28,9865	28,6539	28,4723	32,48	18,84	17,73
SM 0	27,9633	28,9872	28,6645	28,4717	31,52	18,28	18,83
SM 10	32,6772	33,7190	33,4118	33,2790	29,49	17,10	12,75

03-Apr	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SM 10	32,6793	33,6975	33,3955	33,2656	29,66	17,20	12,76
SM 15	24,5581	25,5742	25,3041	25,1662	26,58	15,42	13,57
SM 15	24,5611	25,5771	25,2861	25,1734	28,64	16,61	11,09
SM 20	34,5296	35,5501	35,2481	35,1021	29,59	17,16	14,31
SM 20	34,5299	35,5561	35,2411	35,1010	30,70	17,80	13,65

Tabel B.2.7 Volatile Solid dan Karbon pada Hari ke-60

15-Apr	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRA 0	28,2032	29,2046	28,8594	28,5411	34,47	19,99	31,79
SRA 0	28,2032	29,2104	28,8523	28,5445	35,55	20,62	30,56
SRA 10	34,1781	35,1894	35,0091	34,8742	17,83	10,34	13,34
SRA 10	34,1781	35,1713	34,9889	34,8823	18,36	10,65	10,73
SRA 15	35,5957	36,6036	36,4358	36,3253	16,65	9,66	10,96
SRA 15	35,5949	36,6187	36,4421	36,3267	17,25	10,00	11,27
SRA 20	34,5314	35,6201	35,4311	35,2847	17,36	10,07	13,45
SRA 20	34,5311	35,6189	35,4182	35,2676	18,45	10,70	13,84
SRB 0	28,4813	29,4875	29,0112	28,6684	47,34	27,46	34,07
SRB 0	28,4812	29,4963	29,0832	28,7146	40,70	23,60	36,31
SRB 10	35,0922	36,0943	35,7362	35,4706	35,73	20,73	26,50
SRB 10	35,0926	36,1017	35,7722	35,4883	32,65	18,94	28,13

15-Apr	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
SRB 15	32,7987	33,8067	33,5609	33,3401	24,38	14,14	21,90
SRB 15	32,8011	33,8065	33,5292	33,3112	27,58	16,00	21,68
SRB 20	30,6970	31,7418	31,4133	31,1695	31,44	18,24	23,33
SRB 20	30,6976	31,7242	31,4073	31,1677	30,87	17,90	23,34
RL 0	31,5811	32,5942	32,1066	31,7466	48,13	27,92	35,53
RL 0	31,5805	32,5937	32,1182	31,7732	46,93	27,22	34,05
RL 10	31,4714	32,4743	31,9753	31,6469	49,76	28,86	32,75
RL 10	31,4711	32,4732	31,9844	31,6638	48,78	28,29	31,99
RL 15	34,5620	35,5685	35,1055	34,8053	46,00	26,68	29,83
RL 15	34,5628	35,5657	35,1523	34,8421	41,22	23,91	30,93
RL 20	28,1560	29,1619	28,6631	28,4014	49,59	28,76	26,02
RL 20	28,1577	29,1652	28,7701	28,4588	39,22	22,75	30,90
SM 0	27,9626	28,9686	28,6532	28,4769	31,35	18,18	17,52
SM 0	27,9611	28,9705	28,6567	28,4701	31,09	18,03	18,49
SM 10	32,6801	33,6876	33,4863	33,3541	19,98	11,59	13,12
SM 10	32,6790	33,6886	33,4827	33,3521	20,39	11,83	12,94
SM 15	24,5587	25,5626	25,3553	25,2361	20,65	11,98	11,87
SM 15	24,5579	25,5635	25,3699	25,2588	19,25	11,17	11,05
SM 20	34,5294	35,5359	35,3572	35,1942	17,75	10,30	16,19
SM 20	34,5301	35,5387	35,3592	35,2088	17,80	10,32	14,91

15-Apr	a (g)	c (g)	d (g)	e (g)	VS (%)	C-organik (%)	C-total (%)
Catatan: a: berat cawan kosong (g); c: berat cawan ± 1 g berat sampel sesudah dari oven (g); d: berat cawan + berat sampel sesudah dari furnace (g); e: berat cawan + berat sampel sesudah dari furnace 750 °C (g).							

B.3 pH

Tabel B.3 Hasil Analisis pH

Hari ke-	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
SRA 0	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	7,2	8,1	7,5	7,6	7,6	7,4	7,5
SRA 0	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,9	7,3	8,1	7,6	7,6	7,6	7,4	7,5
SRA 10	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9	7,8	8,6	7,7	7,7	8,3	7,5	7,3
SRA 10	6,8	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	7,8	8,2	7,6	7,9	8,1	7,7	7,5
SRA 15	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9	7,2	8,4	7,9	8,0	7,7	7,8	8,0
SRA 15	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9	7,4	8,2	7,7	7,8	7,7	7,6	8,0
SRA 20	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,6	7,3	8,5	7,9	7,8	8,3	7,6	7,9
SRA 20	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,8	7,2	8,3	7,7	7,5	8,0	7,3	7,5
SRB 0	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,0	7,5	8,8	7,3	7,4	7,4	7,2	7,4
SRB 0	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,2	7,5	8,4	7,3	7,3	7,4	7,1	7,6
SRB 10	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,1	8,0	9,1	7,2	7,4	7,6	7,2	7,2
SRB 10	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,1	7,9	8,7	7,4	7,4	7,8	7,2	7,2
SRB 15	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,3	7,9	9,0	7,5	7,5	7,8	7,3	7,3
SRB 15	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,1	8,0	9,0	7,4	7,6	7,8	7,4	7,3

Hari ke-	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
SRB 20	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,5	8,0	8,5	7,5	7,5	7,8	7,5	7,7
SRB 20	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,2	7,8	8,3	7,4	7,5	7,6	7,3	7,7
RL 0	8,0	7,8	7,8	7,8	7,7	7,5	7,3	8,6	7,1	7,2	7,2	7,0	7,2
RL 0	8,0	7,8	7,8	7,8	7,7	7,2	7,5	8,2	7,1	7,0	7,1	7,2	7,2
RL 10	8,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,1	7,8	8,5	7,3	7,7	7,5	7,5	7,5
RL 10	8,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,1	7,8	8,1	7,4	7,4	7,5	7,2	7,5
RL 15	8,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	7,9	8,9	7,6	7,3	7,5	7,5	7,8
RL 15	8,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,5	8,0	8,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,8
RL 20	8,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,6	8,1	8,6	6,8	7,3	7,5	7,5	7,8
RL 20	8,0	7,8	7,8	7,8	7,8	7,3	8,1	8,2	7,2	7,6	7,5	7,5	7,8
SM 0	6,3	6,3	6,2	6,2	6,3	6,9	8,0	8,9	7,7	7,4	7,8	7,8	8,4
SM 0	6,3	6,3	6,2	6,2	6,3	7,2	8,1	9,0	7,6	7,5	7,7	7,5	8,3
SM 10	6,3	6,3	6,2	6,2	6,3	6,8	8,0	9,2	7,6	7,6	8,3	8,0	8,2
SM 10	6,3	6,3	6,2	6,2	6,3	6,9	8,5	8,9	7,7	7,7	8,3	8,1	8,3
SM 15	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	7,0	8,6	9,4	7,9	7,7	8,4	8,3	8,1
SM 15	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	7,1	8,5	9,0	8,3	7,9	8,4	8,0	8,4
SM 20	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	6,8	8,6	9,6	8,4	7,7	8,4	8,0	8,4
SM 20	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	6,6	8,6	9,2	8,3	8,0	8,5	8,0	8,4

B.4 Suhu (°C)

Tabel B.4 Hasil Analisis Suhu

Hari ke-	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
SRA 0	40	39	37	37	32	30	32	34	33	32	31	32	32	30	31	30	30	28	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
SRA 10	40	39	37	37	32	30	32	34	32	32	30	30	32	31	31	29	30	28	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
SRA 15	40	39	37	37	32	30	33	33	34	33	31	30	32	30	30	31	32	29	30	29	30	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	
SRA 20	40	39	37	37	32	30	33	33	34	33	31	31	32	31	31	30	32	30	30	29	30	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	
SRB 0	37	36	32	31	31	29	30	30	30	29	29	30	30	29	25	30	31	30	30	29	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	
SRB 10	37	36	32	31	31	29	32	30	30	31	29	29	29	29	28	30	31	31	30	29	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	
SRB 15	37	36	32	31	31	29	32	30	30	32	29	28	27	29	29	30	30	31	31	30	30	28	28	28	28	26	26	26	26	26	26	
SRB 20	37	36	32	31	31	29	32	30	31	31	30	30	30	29	29	30	29	29	28	28	28	28	28	28	26	26	26	26	26	26	26	
RL 0	38	37	33	30	31	31	30	30	32	32	30	29	29	29	26	30	29	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
RL 10	38	37	33	30	31	31	32	31	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	29	28	28	28	28	28	27	28	28	28	28	28	28	
RL 15	38	37	33	30	31	31	32	30	29	29	29	30	31	30	30	29	30	30	29	28	28	28	28	27	28	28	27	27	27	27	27	
RL 20	38	37	33	30	31	31	32	30	29	30	29	29	31	31	31	28	30	29	29	30	28	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	
SM 0	39	38	36	37	33	33	35	33	34	32	32	30	29	29	29	28	28	28	29	30	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
SM 10	39	38	36	37	33	33	34	34	33	32	33	30	30	31	30	28	30	28	28	29	29	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	
SM 15	39	38	36	37	33	33	33	34	32	31	33	32	30	30	29	28	29	29	28	29	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
SM 20	39	38	36	37	33	33	33	33	32	33	32	29	29	30	30	29	29	28	29	28	29	28	28	27	28	28	28	28	28	28	28	
Suhu Lingkungan	31,5	32	31,5	31,5	31	31	32	32	32	31	31,5	30	31	32	31,5	31,5	29,5	29	29	30,5	27,5	29,5	28,5	29,5	29,5	29	29,5	30	30	29	29	

B.5 Hasil Analisis Amonium (%)

Tabel B.5.1 Kadar Amonium pada Hari ke-0

11-Feb	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA	0,1445	0,0248	0,159	0,93	0,019
SRB	0,1445	0,0248	0,140	0,80	0,016
RL	0,1445	0,0248	0,124	0,69	0,014
SM	0,1445	0,0248	0,150	0,87	0,017

Tabel B.5.2 Kadar Amonium pada Hari ke-10

21-Feb	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA	0,1445	0,0248	0,123	0,68	0,014
SRB	0,1445	0,0248	0,139	0,79	0,016
RL	0,1445	0,0248	0,101	0,53	0,011
SM	0,1445	0,0248	0,157	0,91	0,018

Tabel B.5.3 Kadar Amonium pada Hari ke-20

04-Mar	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 0	0,1445	0,0248	0,075	0,35	0,007
SRA 0	0,1445	0,0248	0,152	0,88	0,018
SRA 10	0,1445	0,0248	0,126	0,70	0,014
SRA 10	0,1445	0,0248	0,118	0,64	0,013
SRA 15	0,1445	0,0248	0,158	0,92	0,018
SRA 15	0,1445	0,0248	0,162	0,95	0,019
SRA 20	0,1445	0,0248	0,162	0,95	0,019
SRA 20	0,1445	0,0248	0,155	0,90	0,018
SRB 0	0,1445	0,0248	0,119	0,65	0,013
SRB 0	0,1445	0,0248	0,112	0,60	0,012
SRB 10	0,1445	0,0248	0,106	0,56	0,011
SRB 10	0,1445	0,0248	0,129	0,72	0,014
SRB 15	0,1445	0,0248	0,130	0,73	0,015

04-Mar	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRB 15	0,1445	0,0248	0,125	0,69	0,014
SRB 20	0,1445	0,0248	0,125	0,69	0,014
SRB 20	0,1445	0,0248	0,133	0,75	0,015
RL 0	0,1445	0,0248	0,130	0,73	0,015
RL 0	0,1445	0,0248	0,090	0,45	0,009
RL 10	0,1445	0,0248	0,101	0,53	0,011
RL 10	0,1445	0,0248	0,059	0,24	0,005
RL 15	0,1445	0,0248	0,075	0,35	0,007
RL 15	0,1445	0,0248	0,085	0,42	0,008
RL 20	0,1445	0,0248	0,075	0,35	0,007
RL 20	0,1445	0,0248	0,068	0,30	0,006
SM 0	0,1445	0,0248	0,116	0,63	0,013
SM 0	0,1445	0,0248	0,133	0,75	0,015
SM 10	0,1445	0,0248	0,148	0,85	0,017
SM 10	0,1445	0,0248	0,158	0,92	0,018
SM 15	0,1445	0,0248	0,152	0,88	0,018
SM 15	0,1445	0,0248	0,148	0,85	0,017
SM 20	0,1445	0,0248	0,143	0,82	0,016
SM 20	0,1445	0,0248	0,158	0,92	0,018

Tabel B.5.4 Kadar Amonium pada Hari ke-30

14-Mar	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 0	0,1445	0,0248	0,216	1,32	0,026
SRA 0	0,1445	0,0248	0,211	1,29	0,026
SRA 10	0,1445	0,0248	0,262	1,64	0,033
SRA 10	0,1445	0,0248	0,274	1,72	0,034
SRA 15	0,1445	0,0248	0,336	2,15	0,043
SRA 15	0,1445	0,0248	0,301	1,91	0,038

14-Mar	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 20	0,1445	0,0248	0,317	2,02	0,040
SRA 20	0,1445	0,0248	0,346	2,22	0,044
SRB 0	0,1445	0,0248	0,329	2,10	0,042
SRB 0	0,1445	0,0248	0,325	2,08	0,042
SRB 10	0,1445	0,0248	0,372	2,40	0,048
SRB 10	0,1445	0,0248	0,369	2,39	0,048
SRB 15	0,1445	0,0248	0,400	2,60	0,052
SRB 15	0,1445	0,0248	0,379	2,45	0,049
SRB 20	0,1445	0,0248	0,394	2,55	0,051
SRB 20	0,1445	0,0248	0,392	2,54	0,051
RL 0	0,1445	0,0248	0,315	2,01	0,040
RL 0	0,1445	0,0248	0,327	2,09	0,042
RL 10	0,1445	0,0248	0,330	2,11	0,042
RL 10	0,1445	0,0248	0,329	2,10	0,042
RL 15	0,1445	0,0248	0,362	2,33	0,047
RL 15	0,1445	0,0248	0,327	2,09	0,042
RL 20	0,1445	0,0248	0,315	2,01	0,040
RL 20	0,1445	0,0248	0,300	1,91	0,038
SM 0	0,1445	0,0248	0,197	1,19	0,024
SM 0	0,1445	0,0248	0,193	1,17	0,023
SM 10	0,1445	0,0248	0,235	1,46	0,029
SM 10	0,1445	0,0248	0,241	1,50	0,030
SM 15	0,1445	0,0248	0,322	2,06	0,041
SM 15	0,1445	0,0248	0,286	1,81	0,036
SM 20	0,1445	0,0248	0,203	1,24	0,025
SM 20	0,1445	0,0248	0,212	1,29	0,026

Tabel B.5.5 Kadar Amonium pada Hari ke-40

24-Mar	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 0	0,1445	0,0248	0,165	0,97	0,019
SRA 0	0,1445	0,0248	0,155	0,90	0,018
SRA 10	0,1445	0,0248	0,155	0,90	0,018
SRA 10	0,1445	0,0248	0,151	0,87	0,017
SRA 15	0,1445	0,0248	0,161	0,95	0,019
SRA 15	0,1445	0,0248	0,162	0,95	0,019
SRA 20	0,1445	0,0248	0,145	0,83	0,017
SRA 20	0,1445	0,0248	0,151	0,87	0,017
SRB 0	0,1445	0,0248	0,155	0,90	0,018
SRB 0	0,1445	0,0248	0,153	0,89	0,018
SRB 10	0,1445	0,0248	0,115	0,63	0,013
SRB 10	0,1445	0,0248	0,103	0,54	0,011
SRB 15	0,1445	0,0248	0,128	0,72	0,014
SRB 15	0,1445	0,0248	0,125	0,69	0,014
SRB 20	0,1445	0,0248	0,102	0,54	0,011
SRB 20	0,1445	0,0248	0,110	0,59	0,012
RL 0	0,1445	0,0248	0,187	1,12	0,022
RL 0	0,1445	0,0248	0,154	0,89	0,018
RL 10	0,1445	0,0248	0,164	0,96	0,019
RL 10	0,1445	0,0248	0,144	0,82	0,016
RL 15	0,1445	0,0248	0,135	0,77	0,015
RL 15	0,1445	0,0248	0,144	0,82	0,016
RL 20	0,1445	0,0248	0,142	0,81	0,016
RL 20	0,1445	0,0248	0,133	0,75	0,015
SM 0	0,1445	0,0248	0,190	1,15	0,023
SM 0	0,1445	0,0248	0,189	1,13	0,023
SM 10	0,1445	0,0248	0,222	1,37	0,027

24-Mar	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SM 10	0,1445	0,0248	0,237	1,47	0,029
SM 15	0,1445	0,0248	0,215	1,31	0,026
SM 15	0,1445	0,0248	0,209	1,27	0,025
SM 20	0,1445	0,0248	0,187	1,13	0,023
SM 20	0,1445	0,0248	0,206	1,25	0,025

Tabel B.5.6 Kadar Amonium pada Hari ke-50

03-Apr	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 0	0,1445	0,0248	0,257	1,61	0,032
SRA 10	0,1445	0,0248	0,233	1,44	0,029
SRA 15	0,1445	0,0248	0,242	1,50	0,030
SRA 20	0,1445	0,0248	0,173	1,03	0,021
SRB 0	0,1445	0,0248	0,248	1,54	0,031
SRB 10	0,1445	0,0248	0,215	1,32	0,026
SRB 15	0,1445	0,0248	0,212	1,30	0,026
SRB 20	0,1445	0,0248	0,212	1,30	0,026
RL 0	0,1445	0,0248	0,264	1,66	0,033
RL 10	0,1445	0,0248	0,206	1,25	0,025
RL 15	0,1445	0,0248	0,221	1,36	0,027
RL 20	0,1445	0,0248	0,206	1,25	0,025
SM 0	0,1445	0,0248	0,275	1,73	0,035
SM 10	0,1445	0,0248	0,257	1,61	0,032
SM 15	0,1445	0,0248	0,274	1,72	0,034
SM 20	0,1445	0,0248	0,232	1,43	0,029

Tabel B.5.7 Kadar Amonium pada Hari ke-60

13-Apr	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 0	0,1445	0,0248	0,278	1,75	0,035

13-Apr	a	b	y	x NH ₄ ⁺	% NH ₄ ⁺
SRA 10	0,1445	0,0248	0,142	0,81	0,016
SRA 15	0,1445	0,0248	0,209	1,27	0,025
SRA 20	0,1445	0,0248	0,212	1,30	0,026
SRB 0	0,1445	0,0248	0,250	1,56	0,031
SRB 10	0,1445	0,0248	0,210	1,28	0,026
SRB 15	0,1445	0,0248	0,214	1,31	0,026
SRB 20	0,1445	0,0248	0,192	1,16	0,023
RL 0	0,1445	0,0248	0,263	1,65	0,033
RL 10	0,1445	0,0248	0,201	1,22	0,024
RL 15	0,1445	0,0248	0,170	1,00	0,020
RL 20	0,1445	0,0248	0,233	1,44	0,029
SM 0	0,1445	0,0248	0,325	2,08	0,042
SM 10	0,1445	0,0248	0,300	1,90	0,038
SM 15	0,1445	0,0248	0,287	1,81	0,036
SM 20	0,1445	0,0248	0,312	1,99	0,040

Catatan:
a: variabel dari rumus persamaan; b: konstanta dari rumus persamaan; y: nilai absorbansi; x NH₄⁺: konsentrasi amonium dalam sampel (mg/L); % NH₄⁺: konsentrasi amonium dalam sampel (%).

B.6 Hasil Analisis Nitrat (%)

Tabel B.6.1 Kadar Nitrat pada Hari ke-0

11-Feb	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA	0,2462	0,0515	0,081	0,12	0,024
SRB	0,2462	0,0515	0,101	0,20	0,040
RL	0,2462	0,0515	0,097	0,18	0,037
SM	0,2462	0,0515	0,055	0,01	0,003

Tabel B.6.2 Kadar Nitrat pada Hari ke-10

21-Feb	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA	0,2462	0,0515	0,089	0,15	0,030
SRB	0,2462	0,0515	0,118	0,27	0,054
RL	0,2462	0,0515	0,104	0,21	0,043
SM	0,2462	0,0515	0,058	0,03	0,005

Tabel B.6.3 Kadar Nitrat pada Hari ke-20

04-Mar	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA 0	0,2462	0,0515	0,081	0,12	0,024
SRA 0	0,2462	0,0515	0,085	0,14	0,027
SRA 10	0,2462	0,0515	0,098	0,19	0,038
SRA 10	0,2462	0,0515	0,084	0,13	0,026
SRA 15	0,2462	0,0515	0,094	0,17	0,035
SRA 15	0,2462	0,0515	0,091	0,16	0,032
SRA 20	0,2462	0,0515	0,077	0,10	0,021
SRA 20	0,2462	0,0515	0,098	0,19	0,038
SRB 0	0,2462	0,0515	0,110	0,24	0,048
SRB 0	0,2462	0,0515	0,118	0,27	0,054
SRB 10	0,2462	0,0515	0,121	0,28	0,056
SRB 10	0,2462	0,0515	0,110	0,24	0,047
SRB 15	0,2462	0,0515	0,129	0,31	0,063
SRB 15	0,2462	0,0515	0,123	0,29	0,058
SRB 20	0,2462	0,0515	0,125	0,30	0,060
SRB 20	0,2462	0,0515	0,119	0,27	0,055
RL 0	0,2462	0,0515	0,104	0,21	0,043
RL 0	0,2462	0,0515	0,114	0,26	0,051
RL 10	0,2462	0,0515	0,111	0,24	0,049
RL 10	0,2462	0,0515	0,120	0,28	0,056
RL 15	0,2462	0,0515	0,117	0,27	0,053

04-Mar	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
RL 15	0,2462	0,0515	0,116	0,26	0,052
RL 20	0,2462	0,0515	0,122	0,29	0,057
RL 20	0,2462	0,0515	0,120	0,28	0,056
SM 0	0,2462	0,0515	0,062	0,04	0,009
SM 0	0,2462	0,0515	0,056	0,02	0,004
SM 10	0,2462	0,0515	0,057	0,02	0,004
SM 10	0,2462	0,0515	0,055	0,01	0,003
SM 15	0,2462	0,0515	0,058	0,03	0,005
SM 15	0,2462	0,0515	0,061	0,04	0,007
SM 20	0,2462	0,0515	0,063	0,05	0,009
SM 20	0,2462	0,0515	0,057	0,02	0,005

Tabel B.6.4 Kadar Nitrat pada Hari ke-30

14-Mar	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA 0	0,2462	0,0515	0,089	0,15	0,030
SRA 0	0,2462	0,0515	0,095	0,18	0,035
SRA 10	0,2462	0,0515	0,108	0,23	0,046
SRA 10	0,2462	0,0515	0,101	0,20	0,040
SRA 15	0,2462	0,0515	0,098	0,19	0,038
SRA 15	0,2462	0,0515	0,117	0,27	0,053
SRA 20	0,2462	0,0515	0,113	0,25	0,050
SRA 20	0,2462	0,0515	0,112	0,25	0,049
SRB 0	0,2462	0,0515	0,117	0,27	0,053
SRB 0	0,2462	0,0515	0,120	0,28	0,056
SRB 10	0,2462	0,0515	0,123	0,29	0,058
SRB 10	0,2462	0,0515	0,116	0,26	0,052
SRB 15	0,2462	0,0515	0,123	0,29	0,058
SRB 15	0,2462	0,0515	0,137	0,35	0,070

14-Mar	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRB 20	0,2462	0,0515	0,128	0,31	0,062
SRB 20	0,2462	0,0515	0,124	0,30	0,059
RL 0	0,2462	0,0515	0,116	0,26	0,052
RL 0	0,2462	0,0515	0,122	0,29	0,057
RL 10	0,2462	0,0515	0,142	0,37	0,074
RL 10	0,2462	0,0515	0,124	0,30	0,059
RL 15	0,2462	0,0515	0,136	0,35	0,069
RL 15	0,2462	0,0515	0,128	0,31	0,062
RL 20	0,2462	0,0515	0,143	0,37	0,074
RL 20	0,2462	0,0515	0,133	0,33	0,066
SM 0	0,2462	0,0515	0,075	0,10	0,019
SM 0	0,2462	0,0515	0,076	0,10	0,020
SM 10	0,2462	0,0515	0,073	0,09	0,017
SM 10	0,2462	0,0515	0,081	0,12	0,024
SM 15	0,2462	0,0515	0,082	0,13	0,025
SM 15	0,2462	0,0515	0,090	0,16	0,031
SM 20	0,2462	0,0515	0,088	0,15	0,030
SM 20	0,2462	0,0515	0,084	0,13	0,027

Tabel B.6.5 Kadar Nitrat pada Hari ke-40

24-Mar	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA 0	0,2462	0,0515	0,116	0,26	0,052
SRA 0	0,2462	0,0515	0,112	0,25	0,049
SRA 10	0,2462	0,0515	0,126	0,30	0,060
SRA 10	0,2462	0,0515	0,111	0,24	0,049
SRA 15	0,2462	0,0515	0,135	0,34	0,068
SRA 15	0,2462	0,0515	0,148	0,39	0,079
SRA 20	0,2462	0,0515	0,185	0,54	0,108

24-Mar	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA 20	0,2462	0,0515	0,137	0,35	0,069
SRB 0	0,2462	0,0515	0,155	0,42	0,084
SRB 0	0,2462	0,0515	0,151	0,41	0,081
SRB 10	0,2462	0,0515	0,152	0,41	0,082
SRB 10	0,2462	0,0515	0,153	0,41	0,083
SRB 15	0,2462	0,0515	0,163	0,45	0,091
SRB 15	0,2462	0,0515	0,149	0,40	0,080
SRB 20	0,2462	0,0515	0,153	0,41	0,082
SRB 20	0,2462	0,0515	0,151	0,41	0,081
RL 0	0,2462	0,0515	0,150	0,40	0,080
RL 0	0,2462	0,0515	0,143	0,37	0,074
RL 10	0,2462	0,0515	0,138	0,35	0,070
RL 10	0,2462	0,0515	0,142	0,37	0,074
RL 15	0,2462	0,0515	0,148	0,39	0,078
RL 15	0,2462	0,0515	0,145	0,38	0,076
RL 20	0,2462	0,0515	0,166	0,47	0,093
RL 20	0,2462	0,0515	0,163	0,45	0,091
SM 0	0,2462	0,0515	0,085	0,14	0,027
SM 0	0,2462	0,0515	0,078	0,11	0,022
SM 10	0,2462	0,0515	0,074	0,09	0,018
SM 10	0,2462	0,0515	0,084	0,13	0,026
SM 15	0,2462	0,0515	0,085	0,14	0,027
SM 15	0,2462	0,0515	0,091	0,16	0,032
SM 20	0,2462	0,0515	0,089	0,15	0,031
SM 20	0,2462	0,0515	0,084	0,13	0,027

Tabel B.6.6 Kadar Nitrat pada Hari ke-50

03-Apr	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
--------	---	---	---	--------------------------------	--------------------------------

03-Apr	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA 0	0,2462	0,0515	0,371	1,30	0,260
SRA 10	0,2462	0,0515	0,360	1,25	0,251
SRA 15	0,2462	0,0515	0,313	1,06	0,212
SRA 20	0,2462	0,0515	0,535	1,96	0,393
SRB 0	0,2462	0,0515	0,230	0,73	0,145
SRB 10	0,2462	0,0515	0,253	0,82	0,164
SRB 15	0,2462	0,0515	0,294	0,98	0,197
SRB 20	0,2462	0,0515	0,281	0,93	0,186
RL 0	0,2462	0,0515	0,245	0,79	0,157
RL 10	0,2462	0,0515	0,231	0,73	0,146
RL 15	0,2462	0,0515	0,483	1,75	0,351
RL 20	0,2462	0,0515	0,184	0,54	0,108
SM 0	0,2462	0,0515	0,127	0,31	0,061
SM 10	0,2462	0,0515	0,156	0,42	0,085
SM 15	0,2462	0,0515	0,155	0,42	0,084
SM 20	0,2462	0,0515	0,167	0,47	0,094

Tabel B.6.7 Kadar Nitrat pada Hari ke-60

13-Apr	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
SRA 0	0,2462	0,0515	0,381	1,34	0,268
SRA 10	0,2462	0,0515	0,389	1,37	0,274
SRA 15	0,2462	0,0515	0,404	1,43	0,286
SRA 20	0,2462	0,0515	0,639	2,39	0,477
SRB 0	0,2462	0,0515	0,447	1,61	0,321
SRB 10	0,2462	0,0515	0,592	2,20	0,439
SRB 15	0,2462	0,0515	0,524	1,92	0,384
SRB 20	0,2462	0,0515	0,468	1,69	0,338
RL 0	0,2462	0,0515	0,387	1,36	0,273

13-Apr	a	b	y	x NO ₃ ⁻	% NO ₃ ⁻
RL 10	0,2462	0,0515	0,341	1,18	0,235
RL 15	0,2462	0,0515	0,480	1,74	0,348
RL 20	0,2462	0,0515	0,438	1,57	0,314
SM 0	0,2462	0,0515	0,132	0,33	0,065
SM 10	0,2462	0,0515	0,160	0,44	0,088
SM 15	0,2462	0,0515	0,159	0,44	0,087
SM 20	0,2462	0,0515	0,163	0,45	0,091
Catatan: a: variabel dari rumus persamaan; b: konstanta dari rumus persamaan; y: nilai absorbansi; x NO ₃ ⁻ : konsentrasi nitrat dalam sampel (mg/L); % NO ₃ ⁻ : konsentrasi nitrat dalam sampel (%).					

B.7 Hasil Analisis TKN (%)

Tabel B.7.1 Kadar TKN pada Hari ke-0

11-Feb	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA	0,1445	0,0248	0,255	1,59	0,797
SRB	0,1445	0,0248	0,225	1,39	0,693
RL	0,1445	0,0248	0,257	1,61	0,803
SM	0,1445	0,0248	0,303	1,93	0,963

Tabel B.7.2 Kadar TKN pada Hari ke-10

21-Feb	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA	0,1445	0,0248	0,245	1,52	0,762
SRB	0,1445	0,0248	0,215	1,32	0,658
RL	0,1445	0,0248	0,253	1,58	0,790
SM	0,1445	0,0248	0,295	1,87	0,935

Tabel B.7.3 Kadar TKN pada Hari ke-20

04-Mar	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA 0	0,1445	0,0248	0,250	1,56	0,779

04-Mar	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA 10	0,1445	0,0248	0,256	1,60	0,800
SRA 15	0,1445	0,0248	0,261	1,63	0,817
SRA 20	0,1445	0,0248	0,258	1,61	0,807
SRB 0	0,1445	0,0248	0,225	1,39	0,693
SRB 10	0,1445	0,0248	0,228	1,41	0,703
SRB 15	0,1445	0,0248	0,232	1,43	0,717
SRB 20	0,1445	0,0248	0,248	1,54	0,772
RL 0	0,1445	0,0248	0,260	1,63	0,814
RL 10	0,1445	0,0248	0,268	1,68	0,842
RL 15	0,1445	0,0248	0,271	1,70	0,852
RL 20	0,1445	0,0248	0,265	1,66	0,831
SM 0	0,1445	0,0248	0,300	1,90	0,952
SM 10	0,1445	0,0248	0,310	1,97	0,987
SM 15	0,1445	0,0248	0,318	2,03	1,015
SM 20	0,1445	0,0248	0,313	1,99	0,997

Tabel B.7.4 Kadar TKN pada Hari ke-30

14-Mar	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA 0	0,1445	0,0248	0,268	1,68	0,842
SRA 10	0,1445	0,0248	0,293	1,86	0,928
SRA 15	0,1445	0,0248	0,309	1,97	0,983
SRA 20	0,1445	0,0248	0,328	2,10	1,049
SRB 0	0,1445	0,0248	0,247	1,54	0,769
SRB 10	0,1445	0,0248	0,312	1,99	0,994
SRB 15	0,1445	0,0248	0,327	2,09	1,046
SRB 20	0,1445	0,0248	0,336	2,15	1,077
RL 0	0,1445	0,0248	0,280	1,77	0,883
RL 10	0,1445	0,0248	0,309	1,97	0,983

14-Mar	a	b	y	x TKN	% TKN
RL 15	0,1445	0,0248	0,315	2,01	1,004
RL 20	0,1445	0,0248	0,328	2,10	1,049
SM 0	0,1445	0,0248	0,306	1,95	0,973
SM 10	0,1445	0,0248	0,323	2,06	1,032
SM 15	0,1445	0,0248	0,334	2,14	1,070
SM 20	0,1445	0,0248	0,349	2,24	1,122

Tabel B.7.5 Kadar TKN pada Hari ke-40

24-Mar	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA 0	0,1445	0,0248	0,453	2,96	0,889
SRA 0	0,1445	0,0248	0,446	2,91	0,874
SRA 10	0,1445	0,0248	0,539	3,56	1,067
SRA 10	0,1445	0,0248	0,533	3,52	1,056
SRA 15	0,1445	0,0248	0,552	3,65	1,095
SRA 15	0,1445	0,0248	0,542	3,58	1,074
SRA 20	0,1445	0,0248	0,537	3,55	1,064
SRA 20	0,1445	0,0248	0,546	3,61	1,083
SRB 0	0,1445	0,0248	0,436	2,85	0,854
SRB 0	0,1445	0,0248	0,445	2,91	0,872
SRB 10	0,1445	0,0248	0,552	3,65	1,095
SRB 10	0,1445	0,0248	0,528	3,48	1,045
SRB 15	0,1445	0,0248	0,565	3,74	1,122
SRB 15	0,1445	0,0248	0,547	3,61	1,084
SRB 20	0,1445	0,0248	0,587	3,89	1,167
SRB 20	0,1445	0,0248	0,575	3,81	1,142
RL 0	0,1445	0,0248	0,483	3,17	0,951
RL 0	0,1445	0,0248	0,503	3,31	0,993
RL 10	0,1445	0,0248	0,532	3,51	1,052

24-Mar	a	b	y	x TKN	% TKN
RL 10	0,1445	0,0248	0,540	3,56	1,069
RL 15	0,1445	0,0248	0,539	3,56	1,068
RL 15	0,1445	0,0248	0,531	3,50	1,051
RL 20	0,1445	0,0248	0,554	3,66	1,099
RL 20	0,1445	0,0248	0,543	3,59	1,076
SM 0	0,1445	0,0248	0,503	3,31	0,993
SM 0	0,1445	0,0248	0,496	3,26	0,978
SM 10	0,1445	0,0248	0,533	3,52	1,055
SM 10	0,1445	0,0248	0,555	3,67	1,101
SM 15	0,1445	0,0248	0,544	3,59	1,078
SM 15	0,1445	0,0248	0,566	3,75	1,124
SM 20	0,1445	0,0248	0,584	3,87	1,161
SM 20	0,1445	0,0248	0,572	3,79	1,136

Tabel B.7.6 Kadar TKN pada Hari ke-50

03-Apr	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA 0	0,1445	0,0248	0,461	3,02	0,906
SRA 10	0,1445	0,0248	0,561	3,71	1,113
SRA 15	0,1445	0,0248	0,593	3,93	1,180
SRA 20	0,1445	0,0248	0,629	4,18	1,254
SRB 0	0,1445	0,0248	0,508	3,34	1,003
SRB 10	0,1445	0,0248	0,614	4,08	1,223
SRB 15	0,1445	0,0248	0,659	4,39	1,317
SRB 20	0,1445	0,0248	0,644	4,29	1,286
RL 0	0,1445	0,0248	0,504	3,32	0,995
RL 10	0,1445	0,0248	0,587	3,89	1,167
RL 15	0,1445	0,0248	0,600	3,98	1,194
RL 20	0,1445	0,0248	0,606	4,02	1,207

03-Apr	a	b	y	x TKN	% TKN
SM 0	0,1445	0,0248	0,528	3,48	1,045
SM 10	0,1445	0,0248	0,639	4,25	1,275
SM 15	0,1445	0,0248	0,662	4,41	1,323
SM 20	0,1445	0,0248	0,659	4,39	1,317

Tabel B.7.7 Kadar TKN pada Hari ke-60

13-Apr	a	b	y	x TKN	% TKN
SRA 0	0,1445	0,0248	0,502	3,30	0,991
SRA 10	0,1445	0,0248	0,551	3,64	1,092
SRA 15	0,1445	0,0248	0,543	3,59	1,076
SRA 20	0,1445	0,0248	0,587	3,89	1,167
SRB 0	0,1445	0,0248	0,554	3,66	1,099
SRB 10	0,1445	0,0248	0,612	4,06	1,219
SRB 15	0,1445	0,0248	0,628	4,17	1,252
SRB 20	0,1445	0,0248	0,603	4,00	1,200
RL 0	0,1445	0,0248	0,523	3,45	1,034
RL 10	0,1445	0,0248	0,617	4,10	1,229
RL 15	0,1445	0,0248	0,768	5,14	1,543
RL 20	0,1445	0,0248	0,607	4,03	1,209
SM 0	0,1445	0,0248	0,524	3,45	1,036
SM 10	0,1445	0,0248	0,635	4,22	1,267
SM 15	0,1445	0,0248	0,672	4,48	1,344
SM 20	0,1445	0,0248	0,613	4,07	1,221
Catatan: a: variabel dari rumus persamaan; b: konstanta dari rumus persamaan; y: nilai absorbansi; x TKN: konsentrasi TKN dalam sampel (mg/L); % TKN: konsentrasi TKN dalam sampel (%).					

B.8 N-organik (%)

Tabel B.8.1 Kadar N-organik SRA

Hari ke-	SRA-0	SRA-10	SRA-15	SRA-20
0	0,778	0,778	0,778	0,778
10	0,748	0,748	0,748	0,748
20	0,767	0,787	0,798	0,788
30	0,816	0,894	0,942	1,007
40	0,863	1,044	1,066	1,056
50	0,874	1,084	1,150	1,233
60	0,956	1,076	1,051	1,141

Tabel B.8.2 Kadar N-organik SRB

Hari ke-	SRB-0	SRB-10	SRB-15	SRB-20
0	0,677	0,677	0,677	0,677
10	0,642	0,642	0,642	0,642
20	0,680	0,690	0,703	0,758
30	0,727	0,946	0,995	1,026
40	0,845	1,058	1,089	1,144
50	0,972	1,197	1,291	1,260
60	1,068	1,193	1,226	1,177

Tabel B.8.3 Kadar N-organik RL

Hari ke-	RL-0	RL-10	RL-15	RL-20
0	0,789	0,789	0,789	0,789
10	0,779	0,779	0,779	0,779
20	0,802	0,834	0,844	0,824
30	0,842	0,941	0,960	1,010
40	0,952	1,043	1,043	1,071
50	0,962	1,142	1,167	1,182
60	1,001	1,205	1,523	1,180

Tabel B.8.4 Kadar N-organik SM

Hari ke-	SM-0	SM-10	SM-15	SM-20
0	0,946	0,946	0,946	0,946
10	0,917	0,917	0,917	0,917
20	0,938	0,969	0,998	0,980
30	0,949	1,002	1,031	1,097
40	0,963	1,050	1,075	1,125
50	1,010	1,243	1,289	1,288
60	1,140	1,229	1,308	1,181

B.9 N-total (%)**Tabel B.9.1 Kadar N-total SRA**

Hari ke-	SRA-0	SRA-10	SRA-15	SRA-20
0	0,821	0,821	0,821	0,821
10	0,792	0,792	0,792	0,792
20	0,804	0,832	0,850	0,836
30	0,875	0,971	1,028	1,099
40	0,933	1,116	1,158	1,162
50	1,166	1,364	1,392	1,647
60	1,259	1,366	1,362	1,644

Tabel B.9.2 Kadar N-total SRB

Hari ke-	SRB-0	SRB-10	SRB-15	SRB-20
0	0,733	0,733	0,733	0,733
10	0,712	0,712	0,712	0,712
20	0,744	0,755	0,778	0,829
30	0,823	1,049	1,110	1,138
40	0,946	1,152	1,188	1,237
50	1,148	1,387	1,514	1,472
60	1,420	1,658	1,636	1,538

Tabel B.9.3 Kadar N-total RL

Hari ke-	RL-0	RL-10	RL-15	RL-20
0	0,840	0,840	0,840	0,840
10	0,833	0,833	0,833	0,833
20	0,861	0,894	0,905	0,887
30	0,938	1,049	1,070	1,119
40	1,049	1,133	1,136	1,179
50	1,152	1,313	1,545	1,315
60	1,307	1,464	1,891	1,523

Tabel B.9.4 Kadar N-total SM

Hari ke-	SM-0	SM-10	SM-15	SM-20
0	0,966	0,966	0,966	0,966
10	0,940	0,940	0,940	0,940
20	0,958	0,991	1,021	1,004
30	0,993	1,053	1,098	1,150
40	1,010	1,100	1,131	1,178
50	1,106	1,360	1,407	1,411
60	1,247	1,355	1,431	1,312

B.10 Rasio C/N Organik**Tabel B.10.1 Rasio C/N Organik SRA**

Hari ke-	SRA-0	SRA-10	SRA-15	SRA-20
Hari ke-0	45,62	45,62	45,62	45,62
Hari ke-10	46,18	46,18	46,18	46,18
Hari ke-20	42,02	37,56	38,42	40,23
Hari ke-30	36,23	27,23	23,64	24,62
Hari ke-40	28,73	11,08	10,78	12,04
Hari ke-50	25,86	12,58	10,37	10,67
Hari ke-60	21,24	9,76	9,35	9,10

Tabel B.10.2 Rasio C/N Organik SRB

Hari ke-	SRB-0	SRB-10	SRB-15	SRB-20
Hari ke-0	61,21	61,21	61,21	61,21
Hari ke-10	63,36	63,36	63,36	63,36
Hari ke-20	56,82	53,71	52,03	47,77
Hari ke-30	47,17	30,16	26,66	25,70
Hari ke-40	37,96	23,64	21,36	18,38
Hari ke-50	29,73	20,55	15,04	15,44
Hari ke-60	23,90	16,62	12,29	15,35

Tabel B.10.3 Rasio C/N Organik RL

Hari ke-	RL-0	RL-10	RL-15	RL-20
Hari ke-0	54,94	54,94	54,94	54,94
Hari ke-10	54,71	54,71	54,71	54,71
Hari ke-20	50,94	46,10	44,15	42,95
Hari ke-30	42,99	36,42	34,28	33,45
Hari ke-40	35,37	28,96	28,54	27,25
Hari ke-50	32,09	25,58	23,31	23,18
Hari ke-60	27,54	23,71	16,61	21,82

Tabel B.10.4 Rasio C/N Organik SM

Hari ke-	SM-0	SM-10	SM-15	SM-20
Hari ke-0	24,19	24,19	24,19	24,19
Hari ke-10	23,98	23,98	23,98	23,98
Hari ke-20	22,44	20,96	19,90	20,65
Hari ke-30	21,25	18,17	18,01	16,75
Hari ke-40	19,99	16,04	17,28	14,49
Hari ke-50	18,38	13,80	12,42	13,57
Hari ke-60	15,89	9,53	8,85	8,73

B.11 Rasio C/N Total

Tabel B.11.1 Rasio C/N Total SRA

Hari ke-	SRA-0	SRA-10	SRA-15	SRA-20
Hari ke-0	51,27	51,27	51,27	51,27
Hari ke-10	54,02	54,02	54,02	54,02
Hari ke-20	50,40	47,58	39,52	41,64
Hari ke-30	43,94	39,69	23,18	22,80
Hari ke-40	39,59	17,51	15,58	17,04
Hari ke-50	29,25	10,34	9,86	8,98
Hari ke-60	24,76	8,81	8,16	8,30

Tabel B.11.2 Rasio C/N Total SRB

Hari ke-	SRB-0	SRB-10	SRB-15	SRB-20
Hari ke-0	60,25	60,25	60,25	60,25
Hari ke-10	65,51	65,51	65,51	65,51
Hari ke-20	60,62	57,76	53,32	49,69
Hari ke-30	53,73	38,01	34,57	32,93
Hari ke-40	43,51	28,48	24,70	22,90
Hari ke-50	33,72	21,69	17,87	17,85
Hari ke-60	24,78	16,48	13,32	15,18

Tabel B.11.3 Rasio C/N Total RL

Hari ke-	RL-0	RL-10	RL-15	RL-20
Hari ke-0	58,51	58,51	58,51	58,51
Hari ke-10	54,42	54,42	54,42	54,42
Hari ke-20	53,79	52,32	48,45	46,27
Hari ke-30	47,43	40,83	37,10	33,55
Hari ke-40	38,19	33,74	31,07	30,13
Hari ke-50	31,81	26,02	21,81	25,25
Hari ke-60	26,62	22,11	16,07	18,69

Tabel B.11.4 Rasio C/N Total SM

Hari ke-	SM-0	SM-10	SM-15	SM-20
Hari ke-0	32,27	32,27	32,27	32,27
Hari ke-10	33,89	33,89	33,89	33,89
Hari ke-20	25,79	22,26	22,29	21,41
Hari ke-30	22,27	19,26	17,74	17,28
Hari ke-40	19,30	16,86	15,72	13,96
Hari ke-50	16,53	9,38	8,76	9,91
Hari ke-60	10,43	8,52	8,01	9,59

B.12 Tingkat Degradasi

Tabel B.12.1 Tingkat Degradasi pada Hari ke-15

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SRA 0	61,10	100	38,8967	14,0318	5,4579	14,03
SRA 0	60,89	100	39,1071	17,1393	6,7027	17,14
SRA 10	67,14	100	32,8642	17,5248	5,7594	17,52
SRA 10	67,80	100	32,2046	23,2710	7,4943	23,27
SRA 15	66,16	100	33,8394	19,0602	6,4499	19,06
SRA 15	64,10	100	35,9006	24,2045	8,6896	24,20
SRA 20	62,71	100	37,2868	18,1636	6,7726	18,16
SRA 20	65,80	100	34,1989	20,8306	7,1238	20,83
SRB 0	51,94	100	48,0593	12,2582	5,8912	12,26
SRB 0	55,50	100	44,4980	20,7723	9,2432	20,77
SRB 10	58,95	100	41,0462	21,7391	8,9231	21,74
SRB 10	57,63	100	42,3715	21,6942	9,1922	21,69
SRB 15	55,96	100	44,0361	25,6856	11,3109	25,69
SRB 15	56,26	100	43,7369	26,1455	11,4352	26,15
SRB 20	56,14	100	43,8574	22,0986	9,6919	22,10
SRB 20	57,77	100	42,2329	23,2785	9,8312	23,28
RL 0	50,77	100	49,2269	6,6096	3,2537	6,61
RL 0	51,37	100	48,6325	9,3372	4,5409	9,34
RL 10	54,43	100	45,5664	12,2754	5,5935	12,28
RL 10	52,71	100	47,2852	12,2600	5,7971	12,26
RL 15	53,52	100	46,4805	17,8840	8,3125	17,88
RL 15	53,76	100	46,2402	15,0396	6,9543	15,04
RL 20	52,26	100	47,7363	14,6673	7,0016	14,67
RL 20	54,44	100	45,5645	14,9291	6,8024	14,93
SM 0	67,21	100	32,7910	6,3519	2,0829	6,35
SM 0	75,24	100	24,7571	6,7455	1,6700	6,75
SM 10	73,35	100	26,6500	8,2311	2,1936	8,23
SM 10	71,03	100	28,9726	8,0656	2,3368	8,07
SM 15	71,37	100	28,6348	7,2354	2,0719	7,24

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SM 15	73,03	100	26,9698	6,8220	1,8399	6,82
SM 20	83,45	100	16,5481	8,1436	1,3476	8,14
SM 20	70,18	100	29,8241	7,7357	2,3071	7,74

Tabel B.12.2 Tingkat Degradasi pada Hari ke-30

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SRA 0	59,35	100	40,6452	24,2410	9,8528	24,24
SRA 0	62,27	100	37,7262	27,3548	10,3199	27,35
SRA 10	57,43	100	42,5742	34,4554	14,6691	34,46
SRA 10	68,87	100	31,1309	31,1215	9,6884	31,12
SRA 15	65,89	100	34,1062	27,7179	9,4535	27,72
SRA 15	60,92	100	39,0833	28,7384	11,2319	28,74
SRA 20	58,36	100	41,6439	36,9829	15,4011	36,98
SRA 20	65,16	100	34,8378	34,4427	11,9991	34,44
SRB 0	56,84	100	43,1606	26,0637	11,2493	26,06
SRB 0	58,35	100	41,6496	31,4180	13,0855	31,42
SRB 10	57,59	100	42,4073	42,2360	17,9112	42,24
SRB 10	58,34	100	41,6633	34,0909	14,2034	34,09
SRB 15	57,60	100	42,3967	39,6971	16,8302	39,70
SRB 15	54,75	100	45,2455	36,5455	16,5352	36,55
SRB 20	66,49	100	33,5112	39,0925	13,1004	39,09
SRB 20	52,34	100	47,6597	33,4781	15,9556	33,48
RL 0	43,75	100	56,2513	14,1376	7,9526	14,14
RL 0	51,80	100	48,1952	25,0516	12,0737	25,05
RL 10	63,58	100	36,4171	29,1168	10,6035	29,12
RL 10	60,99	100	39,0137	28,8774	11,2661	28,88
RL 15	61,07	100	38,9319	34,4425	13,4091	34,44
RL 15	60,08	100	39,9196	26,5182	10,5860	26,52

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
RL 20	59,79	100	40,2123	30,1339	12,1175	30,13
RL 20	60,32	100	39,6845	35,0223	13,8985	35,02
SM 0	56,61	100	43,3860	20,5186	8,9022	20,52
SM 0	63,19	100	36,8094	20,8563	7,6771	20,86
SM 10	59,77	100	40,2260	21,4514	8,6290	21,45
SM 10	66,42	100	33,5760	25,6607	8,6158	25,66
SM 15	60,30	100	39,7024	24,3364	9,6621	24,34
SM 15	72,00	100	28,0024	25,3132	7,0883	25,31
SM 20	64,21	100	35,7853	25,0124	8,9508	25,01
SM 20	59,51	100	40,4878	22,6232	9,1596	22,62

Tabel B.12.3 Tingkat Degradasi pada Hari ke-45

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SRA 0	61,03	100	38,9699	42,8650	16,7044	42,86
SRA 0	59,79	100	40,2138	46,1378	18,5538	46,14
SRA 10	60,03	100	39,9702	53,4653	21,3702	53,47
SRA 10	65,85	100	34,1504	53,5514	18,2880	53,55
SRA 15	61,19	100	38,8132	51,8173	20,1120	51,82
SRA 15	62,61	100	37,3948	46,9561	17,5592	46,96
SRA 20	62,49	100	37,5147	54,8725	20,5852	54,87
SRA 20	60,62	100	39,3820	55,8743	22,0044	55,87
SRB 0	60,25	100	39,7487	45,6124	18,1303	45,61
SRB 0	62,14	100	37,8571	48,6547	18,4192	48,65
SRB 10	62,42	100	37,5817	60,4224	22,7077	60,42
SRB 10	60,78	100	39,2193	50,0661	19,6356	50,07
SRB 15	66,19	100	33,8087	58,8633	19,9009	58,86
SRB 15	65,82	100	34,1823	55,6606	19,0261	55,66
SRB 20	65,34	100	34,6560	55,5771	19,2608	55,58

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SRB 20	63,56	100	36,4404	49,4045	18,0032	49,40
RL 0	48,39	100	51,6055	36,7216	18,9504	36,72
RL 0	52,40	100	47,6018	39,9701	19,0265	39,97
RL 10	61,09	100	38,9058	44,0177	17,1254	44,02
RL 10	57,98	100	42,0220	52,0580	21,8758	52,06
RL 15	59,94	100	40,0624	41,9158	16,7925	41,92
RL 15	64,44	100	35,5643	42,8665	15,2452	42,87
RL 20	62,92	100	37,0765	46,8894	17,3849	46,89
RL 20	62,34	100	37,6623	48,0457	18,0951	48,05
SM 0	64,20	100	35,8013	46,5154	16,6531	46,52
SM 0	64,07	100	35,9274	51,5152	18,5081	51,52
SM 10	66,73	100	33,2719	59,7804	19,8900	59,78
SM 10	60,62	100	39,3758	56,3555	22,1904	56,36
SM 15	69,02	100	30,9780	59,0950	18,3064	59,09
SM 15	65,09	100	34,9136	52,8302	18,4449	52,83
SM 20	67,43	100	32,5654	59,7722	19,4650	59,77
SM 20	69,61	100	30,3907	53,4752	16,2515	53,48

Tabel B.12.4 Tingkat Degradasi pada Hari ke-60

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SRA 0	59,66	100	40,3433	56,8317	22,9278	56,83
SRA 0	58,96	100	41,0446	58,1308	23,8596	58,13
SRA 10	61,37	100	38,6315	63,2142	24,4206	63,21
SRA 10	60,81	100	39,1887	67,2603	26,3584	67,26
SRA 15	62,51	100	37,4899	72,2565	27,0889	72,26
SRA 15	60,15	100	39,8476	75,2466	29,9840	75,25
SRA 20	62,49	100	37,5144	68,9399	25,8624	68,94
SRA 20	62,37	100	37,6287	74,5643	28,0576	74,56
SRB 0	59,43	100	40,5719	64,6708	26,2382	64,67
SRB 0	59,45	100	40,5522	66,0702	26,7929	66,07

Kode Reaktor	Kadar Air (%)	Sampel		Vermicompost		% Vermicompost
		Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	
SRB 10	63,58	100	36,4180	68,9427	25,1076	68,94
SRB 10	57,46	100	42,5366	70,6667	30,0592	70,67
SRB 15	62,16	100	37,8443	75,9924	28,7588	75,99
SRB 15	58,01	100	41,9937	74,9426	31,4711	74,94
SRB 20	62,23	100	37,7653	65,1673	24,6106	65,17
SRB 20	56,71	100	43,2875	70,4757	30,5072	70,48
RL 0	57,42	100	42,5833	53,6189	22,8327	53,62
RL 0	57,49	100	42,5098	53,8174	22,8777	53,82
RL 10	63,10	100	36,8968	60,7411	22,4115	60,74
RL 10	56,88	100	43,1226	75,0937	32,3823	75,09
RL 15	57,54	100	42,4624	64,2675	27,2895	64,27
RL 15	52,64	100	47,3585	74,6936	35,3738	74,69
RL 20	62,27	100	37,7340	66,7337	25,1813	66,73
RL 20	64,17	100	35,8285	64,8831	23,2467	64,88
SM 0	68,59	100	31,4129	67,8363	21,3093	67,84
SM 0	67,49	100	32,5076	68,6031	22,3012	68,60
SM 10	64,62	100	35,3841	68,7959	24,3428	68,80
SM 10	62,49	100	37,5060	71,0048	26,6310	71,00
SM 15	63,38	100	36,6198	71,1632	26,0598	71,16
SM 15	68,40	100	31,6006	75,5582	23,8769	75,56
SM 20	63,27	100	36,7283	76,0299	27,9245	76,03
SM 20	64,55	100	35,4537	75,9009	26,9097	75,90

B.13 Tingkat Reduksi

Tabel B.13 Tingkat Reduksi

Kode Reaktor	Berat Reaktor Kosong (g)	Berat Pelepah Pisang (g)	Berat Cacing (g)	Berat Residu (g)	Berat Sampah (g)	Hari Pertama <i>Vermicomposting</i>				Hari Terakhir <i>Vermicomposting</i>					% Reduksi	
						Berat Total (g)	Berat Basah Substrat (g)	Kadar Air (%)	Berat Kering Substrat (g)	Berat Total (g)	Berat Basah Substrat (g)	Kadar Air (%)	Berat Kering Substrat (g)	BK Total analisis (g)		Total Residu (g)
SRA0	226	622	0	580	1097	2525	2299	61,10	894	1480	1254	59,66	506	22,47	528,37	40,9
SRA0	223	775	0	580	1097	2675	2452	60,89	959	1540	1317	58,96	541	22,51	563,07	41,3
SRA10	252	563	28,8108	580	1097	2521	2269	67,14	746	1220	968	61,37	374	20,57	394,53	47,1
SRA10	224	705	28,7990	580	1097	2635	2411	67,80	776	1205	981	60,81	384	18,90	403,34	48,0
SRA15	226	695	43,1923	580	1097	2641	2415	66,16	817	1120	894	62,51	335	19,43	354,59	56,6
SRA15	223	688	43,1904	580	1097	2611	2388	64,10	857	1055	832	60,15	332	19,16	350,69	59,1
SRA20	226	629	57,6234	580	1097	2590	2364	62,71	881	1255	1029	62,49	386	21,15	407,17	53,8
SRA20	225	575	57,6092	580	1097	2535	2310	65,80	790	1135	910	62,37	342	20,17	362,59	54,1
SRB0	226	685	0	773	731	2415	2189	51,94	1052	1345	1119	59,43	454	22,89	476,89	54,7
SRB0	226	690	0	773	731	2420	2194	55,50	976	1325	1099	59,45	446	22,45	468,11	52,1
SRB10	224	759	28,7987	773	731	2516	2292	58,95	941	1275	1051	63,58	383	19,95	402,71	57,2
SRB10	224	623	28,8080	773	731	2380	2156	57,63	913	1200	976	57,46	415	20,70	435,86	52,3
SRB15	226	617	43,3418	773	731	2390	2164	55,96	953	1120	894	62,16	338	20,19	358,52	62,4
SRB15	226	763	43,2204	773	731	2536	2310	56,26	1010	1200	974	58,01	409	20,83	429,85	57,5
SRB20	224	730	57,6102	773	731	2516	2292	56,14	1005	1355	1131	62,23	427	19,39	446,52	55,6
SRB20	226	639	57,5817	773	731	2427	2201	57,77	929	1160	934	56,71	404	19,88	424,18	54,4
RL0	226	618	0	1160	0	2004	1778	50,77	875	1385	1159	57,42	494	25,07	518,61	40,7
RL0	226	645	0	1160	0	2031	1805	51,37	878	1405	1179	57,49	501	23,65	524,84	40,2
RL10	227	713	28,8104	1160	0	2129	1902	54,43	867	1310	1083	63,10	400	21,85	421,58	51,4
RL10	225	543	28,8079	1160	0	1957	1732	52,71	819	1025	800	56,88	345	22,15	367,13	55,2
RL15	224	665	43,1905	1160	0	2092	1868	53,52	868	1240	1016	57,54	431	22,55	453,96	47,7
RL15	224	729	43,1877	1160	0	2156	1932	53,76	893	1125	901	52,64	427	21,81	448,51	49,8
RL20	239	871	57,5967	1160	0	2328	2089	52,26	997	1330	1091	62,27	412	22,26	433,94	56,5
RL20	227	571	57,6088	1160	0	2016	1789	54,44	815	1190	963	64,17	345	22,07	367,10	55,0
SM0	227	663	0	0	2195	3085	2858	67,21	937	1455	1228	68,59	386	19,90	405,65	56,7
SM0	224	716	0	0	2195	3135	2911	75,24	721	1135	911	67,49	296	18,68	314,82	56,3
SM10	224	685	28,7991	0	2195	3133	2909	73,35	775	1065	841	64,62	298	18,01	315,59	59,3
SM10	224	611	28,8025	0	2195	3059	2835	71,03	821	1035	811	62,49	304	18,03	322,21	60,8
SM15	228	751	57,5997	0	2195	3232	3004	83,45	497	805	577	63,27	212	18,10	230,02	53,7
SM15	227	680	57,6071	0	2195	3160	2933	70,18	875	1150	923	64,55	327	17,98	345,22	60,5
SM20	226	665	43,1992	0	2195	3129	2903	71,37	831	890	664	63,38	243	18,18	261,33	68,6
SM20	226	784	43,1983	0	2195	3248	3022	73,03	815	975	749	68,40	237	16,74	253,43	68,9

B.14 Mass Balance**Tabel B.14 Mass balance**

Kode Reaktor	Berat Substrat (g)	Berat Residu (g)	% Residu	Berat Vermicom-post (g)	% Vermicom-post	Loss Weight (g)	% Loss Weight
SRA 0	894,2	528,37	59,09	300,3	33,58	65,58	7,33
SRA 0	958,9	563,07	58,72	327,3	34,13	68,52	7,15
SRA 10	745,6	394,53	52,91	249,4	33,45	101,70	13,64
SRA 10	776,4	403,34	51,95	271,3	34,94	101,75	13,11
SRA 15	817,3	354,59	43,39	256,2	31,35	206,49	25,26
SRA 15	857,4	350,69	40,90	263,9	30,78	242,80	28,32
SRA 20	881,3	407,17	46,20	280,7	31,85	193,44	21,95
SRA 20	789,9	362,59	45,91	270,4	34,23	156,91	19,87
SRB 0	1052,0	476,89	45,33	308,4	29,32	266,71	25,35
SRB 0	976,3	468,11	47,95	309,3	31,68	198,89	20,37
SRB 10	940,7	402,71	42,81	277,6	29,51	260,35	27,68
SRB 10	913,4	435,86	47,72	308,0	33,72	169,59	18,57
SRB 15	953,1	358,52	37,62	272,5	28,59	322,12	33,80
SRB 15	1010,4	429,85	42,54	322,1	31,88	258,43	25,58
SRB 20	1005,0	446,52	44,43	291,0	28,95	267,54	26,62
SRB 20	929,4	424,18	45,64	298,9	32,17	206,24	22,19
RL 0	875,3	518,61	59,25	278,1	31,77	78,57	8,98
RL 0	877,8	524,84	59,79	282,5	32,18	70,52	8,03
RL 10	866,6	421,58	48,65	256,1	29,55	188,94	21,80
RL 10	818,9	367,13	44,83	275,7	33,67	176,06	21,50

Kode Reaktor	Berat Substrat (g)	Berat Residu (g)	% Residu	Berat <i>Vermicom-post</i> (g)	% <i>Vermicom-post</i>	Loss Weight (g)	% Loss Weight
RL 15	868,3	453,96	52,28	291,8	33,60	122,63	14,12
RL 15	893,4	448,51	50,20	335,0	37,50	109,92	12,30
RL 20	997,0	433,94	43,52	289,6	29,05	273,49	27,43
RL 20	815,0	367,10	45,04	238,2	29,23	209,68	25,73
SM 0	937,2	405,65	43,29	275,2	29,36	256,33	27,35
SM 0	720,7	314,82	43,68	216,0	29,97	189,88	26,35
SM 10	775,2	315,59	40,71	217,1	28,01	242,49	31,28
SM 10	821,3	322,21	39,23	228,8	27,86	270,32	32,91
SM 15	497,0	230,02	46,28	174,9	35,19	92,13	18,54
SM 15	874,6	345,22	39,47	262,0	29,96	267,39	30,57
SM 20	831,3	261,33	31,44	186,0	22,37	384,02	46,19
SM 20	815,1	253,43	31,09	191,5	23,49	370,16	45,41

B.15 Perubahan Konsentrasi Parameter dalam Proses *Vermicomposting*

Tabel B.15.1 Perubahan Konsentrasi Karbon

Kode Reaktor	Parameter	Perubahan Konsentrasi (%)	Pengaruh Cacing (%)	Pengaruh Mikroorganisme (%)
SRA-0	C-organik	15,18	0,00	15,18
	C-total	10,92	0,00	10,92
SRA-10	C-organik	24,99	9,81	15,18
	C-total	30,05	19,13	10,92
SRA-15	C-organik	25,66	10,48	15,18
	C-total	30,97	20,05	10,92
SRA-20	C-organik	25,11	9,93	15,18
	C-total	28,44	17,52	10,92
SRB-0	C-organik	15,91	0,00	15,91
	C-total	8,97	0,00	8,97
SRB-10	C-organik	21,61	5,70	15,91
	C-total	16,84	7,87	8,97
SRB-15	C-organik	26,37	10,46	15,91
	C-total	22,37	13,40	8,97
SRB-20	C-organik	23,37	7,46	15,91

Kode Reaktor	Parameter	Perubahan Konsentrasi (%)	Pengaruh Cacing (%)	Pengaruh Mikroorganisme (%)
	C-total	20,82	11,85	8,97
RL-0	C-organik	15,78	0,00	15,78
	C-total	14,36	0,00	14,36
RL-10	C-organik	14,78	1,00	15,78
	C-total	16,78	2,42	14,36
RL-15	C-organik	18,06	2,28	15,78
	C-total	18,77	4,41	14,36
RL-20	C-organik	17,60	1,82	15,78
	C-total	20,69	6,33	14,36
SM-0	C-organik	4,77	0,00	4,77
	C-total	18,16	0,00	18,16
SM-10	C-organik	11,17	6,40	4,77
	C-total	19,63	1,47	18,16
SM-15	C-organik	11,31	6,54	4,77
	C-total	19,71	1,55	18,16
SM-20	C-organik	12,57	7,80	4,77

Kode Reaktor	Parameter	Perubahan Konsentrasi (%)	Pengaruh Cacing (%)	Pengaruh Mikroorganisme (%)
	C-total	18,59	0,43	18,16

Tabel B.15.2 Perubahan Konsentrasi Nitrogen

Kode Reaktor	Parameter	Perubahan Konsentrasi (%)	Pengaruh Cacing (%)	Pengaruh Mikroorganisme (%)
SRA-0	N-organik	0,18	0,00	0,18
	N-total	0,44	0,00	0,44
SRA-10	N-organik	0,30	0,12	0,18
	N-total	0,55	0,11	0,44
SRA-15	N-organik	0,27	0,10	0,18
	N-total	0,54	0,10	0,44
SRA-20	N-organik	0,36	0,19	0,18
	N-total	0,83	0,39	0,44
SRB-0	N-organik	0,39	0,00	0,39
	N-total	0,69	0,00	0,69
SRB-10	N-organik	0,52	0,13	0,39
	N-total	0,93	0,24	0,69

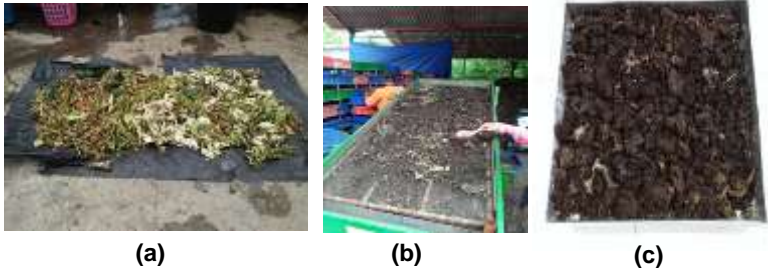
Kode Reaktor	Parameter	Perubahan Konsentrasi (%)	Pengaruh Cacing (%)	Pengaruh Mikroorganisme (%)
SRB-15	N-organik	0,55	0,16	0,39
	N-total	0,90	0,22	0,69
SRB-20	N-organik	0,50	0,11	0,39
	N-total	0,81	0,12	0,69
RL-0	N-organik	0,21	0,00	0,21
	N-total	0,47	0,00	0,47
RL-10	N-organik	0,42	0,20	0,21
	N-total	0,62	0,16	0,47
RL-15	N-organik	0,73	0,52	0,21
	N-total	1,05	0,58	0,47
RL-20	N-organik	0,39	0,18	0,21
	N-total	0,68	0,22	0,47
SM-0	N-organik	0,19	0,00	0,19
	N-total	0,28	0,00	0,28
SM-10	N-organik	0,28	0,09	0,19
	N-total	0,39	0,11	0,28

Kode Reaktor	Parameter	Perubahan Konsentrasi (%)	Pengaruh Cacing (%)	Pengaruh Mikroorganisme (%)
SM-15	N-organik	0,36	0,17	0,19
	N-total	0,47	0,18	0,28
SM-20	N-organik	0,24	0,04	0,19
	N-total	0,35	0,06	0,28

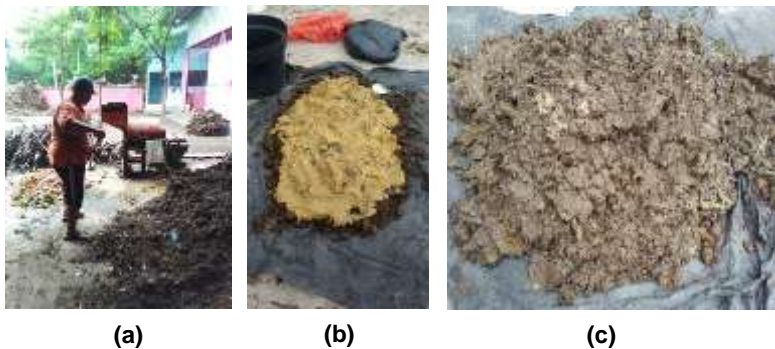
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C DOKUMENTASI

C.1 Bahan Baku Pengomposan



Gambar C.1.1 Pemilahan Sampah Sisa Makanan (a), Proses Pemanenan Larva BSF (b), dan Residu Larva BSF dari Proses Pemanenan (c).



Gambar C.1.2 Penghalusan Sampah Sisa Makanan dengan Mesin Penggiling di TPS 3R Jambangan (a), Sampah Sisa Makanan dan Residu Larva BSF (b), dan Campuran Sampah Sisa Makanan dan Residu Larva BSF (c).

C.2 Pra-composting

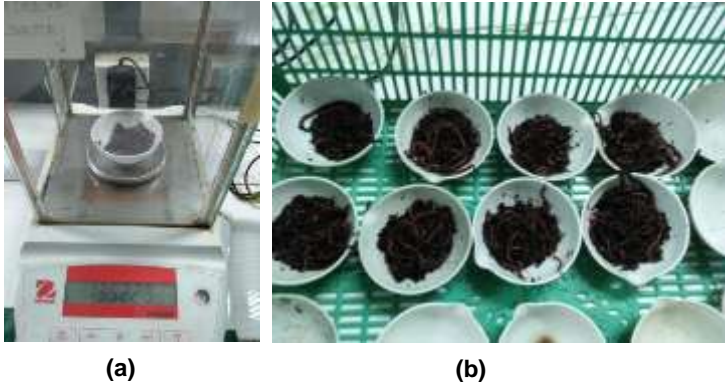


Gambar C.2 Perbandingan Komposisi Sampah Sisa Makanan dan Residu Larva BSF. Dari kiri, SRA (Sampah : Residu 1:1), SRB (Sampah : Residu 1:2), RL (Sampah : Residu 0:1), dan SM (Sampah : Residu 1:0).

C.3 Vermicomposting



Gambar C.3.1 Budidaya Cacing *E. eugeniae* di Desa Gedangan, Kecamatan Mojowarno, Kabupaten Jombang (a) dan Cacing *E. eugeniae* (b)



Gambar C.3.2 Menimbang Berat Cacing *E. eugeniae* (a) dan Variasi Berat Cacing *E. eugeniae* untuk Proses *Vermicomposting* (b).



Gambar C.3.3 Rak dan 32 Reaktor *Vermicomposting*

C.4 Analisis Parameter Laboratorium



Gambar C.4.1 Analisis Densitas



Gambar C.4.2 Analisis Suhu



(a)



(b)



(c)

Gambar C.4.3 Analisis pH Sampel *Vermicompost* (a), Kalibrasi pH meter (b), dan Analisis pH (c)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar C.4.4 Analisis Kadar Air dan Berat Kering (a), Sampel kering (b), Sampel Dihaluskan dengan Mortar untuk Analisis N (c), Analisis *Volatile Solid* dan Karbon (d), Abu dari Pembakaran Furnace (e), dan Berat Abu (f).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Gambar C.4.5 Analisis TKN. Proses *Digestion* pada Lemari Asam (a), Alat Kjeldahl (b), Proses *Digestion* pada suhu 300°C (c), Hasil *Digestion* (d), Proses Destilasi (e), Kondensasi NH₃ (f), Hasil Destilasi (g), Analisis Amonium (h), dan Pembacaan Spektrofotometer.



(a)



(b)

Gambar C.4.6 Analisis Amonium (NH_4^+) (a) dan Pembacaan Absorbansi Sampel dengan Spektrofotometer (b).



(a)



(b)

Gambar C.4.7 Analisis Nitrat (NO_3^-) (a) dan Pembacaan Absorbansi Sampel dengan Spektrofotometer (b).



(a)



(b)



(c)

Gambar C.4.8 Berat Basah (a), Analisis Ayakan (b) dan (c).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



KURNIAWAN SOESANTO, lahir di Jombang, 19 Februari 1997. Penulis merupakan putra terakhir dari 3 bersaudara pasangan Bapak Ongko Soesanto dan Ibu Lielie Susanti. Penulis menempuh pendidikan dasar pada tahun 2003-2009 di SD Katolik Wijana Jombang, dan melanjutkan di SMP Katolik Wijana Jombang pada tahun 2009-2012, kemudian pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 2 Jombang tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan

Kebumihan, ITS Surabaya pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN undangan. Motto hidup penulis adalah “Komitmen dan Konsekuen”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai bidang manajerial, keilmiahan, minat bakat, dan kerohanian di ITS. Ketertarikannya dalam bidang manajerial membuatnya menjadi Pemandu Latihan Keterampilan dan Manajemen Mahasiswa (LKMM) dan menjadi Staf Badan Koordinasi Pemandu BEM ITS 2016/2017. Prestasi bidang keilmiahan yang pernah diraih adalah Juara 1 sekaligus *The Best Presentation* LKTIN Galaksi di Universitas Negeri Surabaya 2018 dan Juara 3 LKTIN Bioma di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang 2018. Prestasi bidang minat bakat yang pernah diraih adalah Juara 1 Koreografi dan *The Best Anthem Song* dalam Latihan Alam (LA16) Paduan Suara Mahasiswa ITS 2016. Dalam bidang kerohanian, penulis menjadi Pemimpin Kelompok Kecil di Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) ITS dan Staf Tim PDTL HMTL FTSLK-ITS 2017/2018. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di Perum Jasa Tirta I Malang pada Divisi Air Bersih dan Pengembangan tahun 2018. Kritik dan saran dapat disampaikan kepada penulis via email: kurniawan15@mhs.enviro.its.ac.id / kurniawansoesanto97@gmail.com.



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 Kampus ITS Sukoharjo, Surabaya 60111. Telp: 031-8948866, Fax: 031-8928387
 TUGAS AKHIR Kode/SKS : RE104803 (MAM)
 Periode: Genap 2018/2019 No. Revisi: 00

FORMULIR TUGAS AKHIR PTA-03
 Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
 Seminar Proposal Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 29 Januari 2019 Nilai TOEFL 477
 Waktu : 07.30-09.00 WIB
 Ruang : TL-101
 Judul : Pemanfaatan Residu Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Bulking Agent dalam Proses Wastewater composting Sampah Organik Menggunakan Eutrofikasi aerobik
 Nama : Kurniawan Soesanto Tanda Tangan
 NRP : 0321154000003
 Topik : Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Proposal Tugas Akhir
1.	konstanta pendirian & cara pendirian
2.	Asas-asas / asumsi-asumsi?
3.	Bulking agent? Substrat A, Substrat B, paku m.o. → uji statistik?
4.	Komposisi bulking agent? atau proses pengomposan?
5.	Daftar pustaka, ¹⁵ jurnal
6.	Kelengkapan format BSA
7.	Cara uji Sampling (durasi/waktu)

Dosen Pembimbing menyerahkan formulir PTA-03 ke Sekelolah Program Sarjana
 Formulir ini akan dipertimbangkan oleh dosen pembimbing sebagai Dosen Pembimbing
 Formulir dikembalikan kepada dosen yang akan menerima pendaftaran Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan:

1. Proposal Tugas Akhir diterima
2. Seminar Tugas Akhir harus diulang
3. Proposal Tugas Akhir ditolak/ganti judul

Dosen Pembimbing

Ariso Yendi Bagasyo, ST., MT., MPPh., PhD.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Kurniawan Soesanto
NRP : 0201154000003
Judul : Studi Vitrifikasi sebagai Metode Limas Basah untuk Fly Ash (Materi
Ulat) dan Sampah Sisa Produksi Pengolahan Listrik Sengana

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	12 - 02 - 2019	Asistensi: E. aspek, bagaimana prosedur dan teknik	AG
2	26 - 02 - 2019	Asistensi: KPI, Suhu M, Drying, H, prosedur C. aspek dan teknik	AG
3	05 - 03 - 2019	Asistensi: c. Masi aspek sistem, TKR, kontrol peng	AG
4	23 - 03 - 2019	Asistensi: bagaimana prosedur teknis terkait dan aspek parameter menyebutkan komposisi (SMA, M6, P, dan lain)	AG
5	20 - 04 - 2019	Asistensi: konsep dasar / materi laporan dan foto dokumentasi lapangan	AG
6	27 - 05 - 2019	Asistensi: cara pemilihan sampel lapangan: Drying, aspekte dalam praktik keasapan dan lain-lain	AG
7	10 - 06 - 2019	Asistensi: teknik analisis (metode analisis), C-tek, dan Struktur Mudra laboratorium sebagai papak cegak	AG
8	18 - 06 - 2019	Asistensi: persiapan presentasi dan publikasi, literatur dan referensi	AG

Suriabaya
Dosen Pembimbing



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN REKONSTRUKSI
Kampus ITS Sukoharjo, Surabaya 60111. Telp: 031-5940366, Fax: 031-6253387

KTA-91-TL-02

TUGAS AKHIR

Kom/SKS : HE104804 (0/6/0)

Periode: Gemp 2018/2019

No. Revisi: 01

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

Hari, tanggal : Senin, 12 Mei 2019

Pukul : 08.00-09.00 WIB

Nilai TOEFL : 477

Lokasi : TL-101

Judul : Proses Verwakomposting Residu Larva (Black Soldier Fly) (*Hermetia illucina*) dan Satepoh Sisa Makanan Menggunakan Ekokubus vegetalis

Nama : Kurniawan Soesanto

NRP. : 03211540300003

Tanda Tangan

Topik : Perikanan

No./Jml.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1	Pembacaan penyajian data dan grafik.
2	Pembelajaran - mengenai konsep dan capaian.
3	Rantai Sajian → cek lagi
4	popok organik → e/w ratio
5	Masa balance → kontribusi casing (peran casing)
6	Redemorial kalimat pembelajaran.

27/19
AS

Dosen Pembimbing akan mengisi/isi formulir KTA-02 ke dalam bentuk Program Sarjana

Formulir ini harus diserahkan segera saat selesai Rapat Dosen Pembimbing

Formulir dikembalikan bersama surat buku setelah selesai penyampaian 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

Azzeta Yekti Ilegastyo, ST, MT, MPPH, PhD



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60115. Telp: 031-8961000, Fax: 031-8963367

UTA-01-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2019-2020

Kode/SKS : RE141601 (6/6/0)
No. Revisi: 01

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

Hari, tanggal : Senin, 10 Juli 2019
Pukul : 15.00-17.00 WIB
Lokasi : TL-102
Jadwal : Proses Vermicomposting Residu Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucina*) dan Sampah Sisa Makanan Menggunakan Enzimat organik
Nama : Kurniawan Soeanto
NRP : 0321154000003
Topik : Pemeliharaan

Nilai TOEFL : 477

Tanda Tangan
[Signature]

No. Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	mass bulwark → casing, as include di last waste & last waste adalah bentuk casing casing →
2	Tanah liat / pasir organik/grafit → Rata-rata suhu → data lengkap hari (2 hari sekali)

[Signature] 29/7

Dosen Pembimbing akan menandatangani formulir UTA-02 ini di sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dikembalikan mahasiswa pada saat ujian kepada Dosen Pembimbing
Formulir dibagikan bersama nilai 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

Aneto Yetti Nugastyo, ST, MT, MPH, PhD

[Signature]



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Kurniasari Susanti
NRP : 521019000003
Judul Tugas Akhir : Analisis dan Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Gedung 5 Lantai (Mekanika Beton) dan Simulasi
Sisa Pekerjaan: Pengisian Elemen-elemen

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Amankan foto hasil gambar/grafik	Terdapat foto hasil gambar/grafik yang diperbaiki, grafik di atas gambar
2	Gunakan garis putus-putus jika diperlukan untuk menunjukkan detail	Sudah dan sesuai dengan foto gambar sesuai halaman nomor
3	Gunakan simbol tambahan seperti garis putus-putus dan garis yang ditunjukkan	1. Telah ditambahkan penanda, grafik dan tabel sesuai (halaman 50)
4	Halaman lain yang perlu perbaikan penanda lainnya	2. Telah ditambahkan penanda dengan menambahkan grafik pada setiap grafik yang sesuai
5	Perbaikan penanda penanda	3. Telah ditambahkan perbaikan dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
6	Perbaikan penanda penanda	4. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
7	Perbaikan penanda penanda	5. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
8	Perbaikan penanda penanda	6. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
9	Perbaikan penanda penanda	7. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
10	Perbaikan penanda penanda	8. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
11	Perbaikan penanda penanda	9. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
12	Perbaikan penanda penanda	10. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
13	Perbaikan penanda penanda	11. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai
14	Perbaikan penanda penanda	12. Perbaikan penanda dengan menggunakan penanda untuk penanda dengan halaman yang sesuai

Dosen Pembimbing,

Asisten Ahli (NIP. 51.01.1981.0101.001)

Mahasiswa YBP,

Kurniasari Susanti