



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ULAT KANDANG (*APLHITOBIOUS* *DIAPERINUS*) DALAM KEBERLANJUTAN PENGURAIAN SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA

Andre Daiva Nugroho

21513114

Dosen Pembimbing:

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2026



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Utilization of Lesser Mealworm (*Aphitobius Diaperinus* Larvae) in The Sustainable Decomposition of Household Organic Waste

ANDRE DAIVA NUGROHO

21513114

Supervisor:

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2026

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

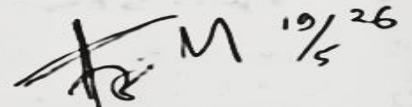
**Pemanfaatan ulat kandang (*Alphitobius Diaperinus*) dalam
keberlanjutan penguraian sampah organik rumah tangga**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas
Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

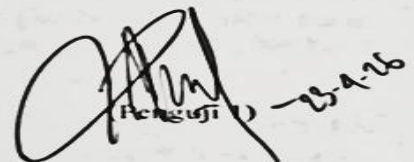
**Andre Daiva Nugroho
21513114**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 10 Mei 2025 dan disetujui oleh:

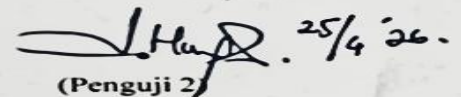
Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.


(Pembimbing)

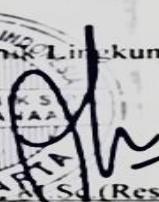
Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T

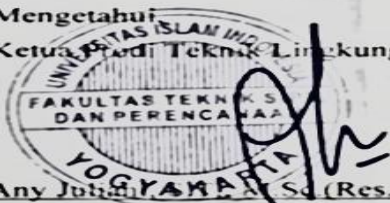

(Penguji 1)

Dr.Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng., I.P.P.


(Penguji 2)

Mengetahui
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana


Any Juhana, S.T. (Res.Eng.), Ph.D.



PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, tanggal submit TA
Yang membuat pernyataan,


59122AOX001857598
Andre Dwi M
21513119

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Pemanfaatan Ulat Kandang (Larvae Alphitobius Diaperinus)* dalam Keberlanjutan Penguraian Sampah Organik Rumah Tangga” dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini tentu tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, bantuan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak/Ibu dosen pembimbing, **Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.**, yang dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penelitian hingga penyusunan laporan.
2. Bapak/Ibu dosen penguji yang telah memberikan masukan berharga demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan UII yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman selama masa studi.
4. Kedua orang tua tercinta beserta keluarga besar yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan moril maupun materiil.
5. Teman-teman seperjuangan di Teknik Lingkungan angkatan 2021 serta sahabat-sahabat dekat yang senantiasa memberi motivasi dan kebersamaan selama perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir.
6. Kepada karya karya seni dari Romy and the Jahats, dan beberapa karya seniman yang lain yang sudah memotivasi penulis bisa bertahan sampai detik ini dan akan terus melanjutkan petualangan hingga akhir masa.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Besar harapan penulis, karya sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pengelolaan sampah organik secara berkelanjutan.

Sleman, 12 Oktober 2023

Nama Mahasiswa

Pemanfaatan Ulat Kandang (Larvae Alphetobius Diaperinus) Dalam Keberlanjutan Penguraian Sampah Organik Rumah Tangga

Mahasiswa : Andre Daiva Nugroho
NIM : 21513114
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Permasalahan sampah organik rumah tangga terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas wisata. Sampah organik yang tidak tertangani dengan baik berpotensi mencemari lingkungan dan menimbulkan masalah kesehatan. Salah satu alternatif pengelolaan limbah organik adalah pemanfaatan makroorganisme, salah satunya ulat kandang (larvae Alphetobius Diaperinus) yang memiliki kemampuan mendegradasi bahan organik sekaligus menghasilkan biomassa bernilai nutrisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ulat kandang dalam mengurai sampah organik rumah tangga, menganalisa kandungan protein, serta menilai potensi akumulasi logam berat pada ulat kandang.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan tiga reaktor dengan pakan berbeda, yaitu sisa buah nanas, sampah organik rumah tangga, dan polong, selama 21 hari. Analisis efektivitas penguraian sampah dilakukan dengan perhitungan Waste Reduction Index (WRI), sementara pengujian protein dilakukan dengan metode Kjeldahl dan pengujian logam berat menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas tertinggi terdapat pada reaktor dengan pakan buah nanas (46,53%) dan sampah organik rumah tangga

(46,45%), sedangkan pollar hanya mencapai 3,70%. Kadar protein tertinggi terdapat pada reaktor dengan pakan buah nanas sebesar 31%, sesuai dengan standar minimal pakan ternak unggas. Namun akumulasi logam berat juga ditemukan dengan kadar Pb hingga 37%, Cd 30%, Fe 87% dan Cr 4%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ulat kandang efektif dalam mendegradasi sampah organik berpotensi sebagai sumber protein, terdapat risiko kontaminasi logam berat yang perlu dikendalikan.

Kata kunci: Logam berat, Pengurai sampah organik, Protein, Ulat kandang, *Alphitobius diaperinus*

Utilization of Lesser Mealworm (*Aphitobius Diaperinus* Larvae) in The Sustainable Decomposition of Household Organic Waste

Student : Andre Daiva Nugroho
Student Number : 21513114
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

*The problem of household organic waste in Indonesia, particularly in Yogyakarta City, continues to increase along with population growth and tourism activities. Improperly managed organic waste has the potential to pollute the environment and cause health problems. One alternative approach to organic waste management is the utilization of macroorganisms, such as the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus* larvae), which are capable of degrading organic matter while simultaneously producing nutrient-rich biomass. This study aims to determine the effectiveness of *A. diaperinus* larvae in decomposing household organic waste, to analyze their protein content, and to assess the potential accumulation of heavy metals in the larvae.*

The research was conducted using three reactors with different feed sources—pineapple waste, household organic waste, and pollard—over a period of 21 days. The effectiveness of waste degradation was evaluated using the Waste Reduction Index (WRI), while protein content was analyzed using the Kjeldahl method, and heavy metal accumulation was measured with Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).

The results showed that the highest effectiveness was observed in the reactor fed with pineapple waste (46.53%) and household organic waste (46.45%), while the pollard treatment only reached 3.70%. The highest protein content was found

*in larvae fed with pineapple waste (31%), which met the minimum protein standard for poultry feed ($\geq 19\%$). However, heavy metal accumulation was also detected, with Pb levels up to 37%, Cd 30%, Fe 87%, and Cr 4%. These findings indicate that although *A. diaperinus* larvae are effective in degrading organic waste and have potential as an alternative protein source, the risk of heavy metal contamination must be carefully addressed.*

Key words: Biochemical Oxygen Demand, Code River, Dissolved Oxygen, HEC-RAS, water quality model

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak.....	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Sampah dan Jenis Sampah.....	5
2.2 Ulat Kandang (<i>Larvae Aphitobius Diaperinus</i>).....	7
2.3 Pemanfaatan Makroorganisme Untuk Mengurai Sampah Organik	8
2.4 Protein.....	9
2.5 Logam Berat.....	10
2.6 Reaktor.....	11
2.7 Penelitian Terdahulu	11
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Kerangka Studi/Penelitian/Perencanaan.....	14
3.2 Pengumpulan Data.....	15
3.2.1 Waktu dan Lokasi.....	15
3.2.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Analisis Data.....	16

3.3.1 Analisis Hasil	16
3.3.2 Pengujian Pada Ulat Kandang.....	16
3.3.3 Pengujian Protein	16
3.3.4 Pengujian Logam Berat.....	17
3.3.5 Reaktor	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Pengujian Ulat Kandang	20
4.1.1 Efektivitas Ulat Kandang Sebagai Pengurai Sampah.....	20
4.1.2 Perhitungan WRI.....	23
4.1.3 Kadar Protein Pada Ulat Kandang.....	24
4.2 Perhitungan Kadar Logam Berat.....	25
4.2.1 Kandungan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada ulat kandang	25
4.2.2 Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Ulat Kandang.....	26
4.2.3 Kadar Logam Berat Besi (Fe) pada Ulat Kandang.....	27
4.2.4 Kadar Logam Berat Kromium (Cr) pada Ulat Kandang	27
BAB V PENUTUP	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel penelitian terdahulu	13
Tabel 3. 2 Tabel alat dan bahan pengujian protein	15
Tabel 3. 3 Tabel alat dan bahan pengujian logam berat	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Diagram Efektivitas Pakan.....	20
Gambar 4. 2 Diagram efektivitas pakan reaktor 1	21
Gambar 4. 3 Diagram efektivitas pakan reaktor 2	22
Gambar 4. 4 Diagram efektivitas pakan reaktor 3	23
Gambar 4. 5 Diagram WRI.....	23
Gambar 4. 6 Diagram Protein	24
Gambar 4. 7 Diagram Kadar Pb.....	25
Gambar 4. 8 Diagram Kadar Cd	26
Gambar 4. 9 diagram kadar Fe.....	27
Gambar 4. 10 Diagram Kadar Cr	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Kadar Protein	27
Lampiran 2 Perhitungan Kadar Air.....	28
Lampiran 3 Kurva standarisasi Cr	29
Lampiran 4 Kandungan Cr Pada Ulat Kandang	30
Lampiran 5 Kurva Standarisasi Cd.....	30
Lampiran 6 Kandungan Kadar Cd Pada Ulat Kandang.....	31
Lampiran 7 Kurva Standarisasi Pb	31
Lampiran 8 Kadar Kandungan Pb Pada Ulat Kandang	32
Lampiran 9 Kurva Standar Fe.....	32
Lampiran 10 Kadar Kandungan Fe.....	34
Lampiran 11 Efektivitas Pakan Reaktor 1	34
Lampiran 12 Efektivitas pakan Reaktor 2	35
Lampiran 13 Efektivitas Pakan Reaktor 3	35
Lampiran 14 Diagram Efektivitas Pakan Reaktor 1	35
Lampiran 15 Diagram Efektivitas pakan Reaktor 2	36
Lampiran 16 Diagram Efektivitas Pakan Reaktor 3	37
Lampiran 17 Diagram keseluruhan Efektivitas Pakan.....	37
Lampiran 18 Diagram WRI	38
Lampiran 19 Foto Dokumentasi Penelitian	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Yogyakarta merupakan salah satu wilayah dengan kepadatan penduduk lebih banyak daripada wilayah DIY lainnya. Di kota Yogyakarta ini termasuk sebagai kota wisata yang dimana menjadi salah satu tujuan turis domestik maupun nondomestik. Pada data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) 2024, kota Yogyakarta menyumbang sampah mencapai 109.704,11 Ton Sampah pertahunnya dengan sampah organik mendominasi sebanyak 46,5%. Sampah sendiri diklasifikasikan menjadi, 60% sampah organik, 15% plastik, 10% kertas, dan 15% Sampah (logam, kaca, kain, kulit), sayuran, buah buahan, dan limbah pertanian lainnya merupakan sebagian besar limbah organik. (Iresha et al., 2023)

Permasalahan sampah yang ada pada kota yang dimana menjadi salah satu kota yang banyak menyumbang sampah di Indonesia yang dimana dalam per harinya, kota Yogyakarta dapat menghasilkan sampah hingga 300 ton (Utami et al., 2018). Menurut Haryanti et al., 2019 Sampah tersebut masih didominasi oleh sampah organik atau sisa makanan yang berasal dari rumah makan dan restoran yang ada di kota Yogyakarta dimana. Sampah organik yang ada terutama sisa makanan adalah 46,45% menurut data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Data tersebut apabila dibandingkan dengan komposisi sampah lainnya persentasenya lebih besar, sehingga diperlukannya teknologi pengolahan sampah organik sisa makanan agar dapat diolah kembali.

Melihat tingginya tingkat pertumbuhan maka semakin tinggi pula sampah yang akan dihasilkan, yang semakin sering terjadi di Indonesia ini seperti kurangnya dasar hukum yang tegas dalam mengatur pengelolaan sampah, tempat pembuangan sampah yang tidak memadai dan terkesan kumuh, tingkat pelayanan pengelolaan sampah yang rendah dan tempat pembuangan akhir yang terbatas kapasitasnya. Permasalahan ini jika terus berlanjut tanpa adanya tindakan akan berdampak bagi lingkungan sekitar maupun bagi manusia sendiri, seperti akan merusak dan mencemari tanah yang di akibatkan sampah serta akan menimbulkan

konflik sosial dalam pengelolaan sampah yang dinilai tidak efektif dan menimbulkan bau tidak sedap sehingga mengganggu warga di sekitarnya (Li et al., 2024).

Pemerintah dalam menjalankan fungsi pelayanan publik seringkali mengalami kendala, oleh karena itu dibutuhkan kerja sama semua pihak untuk menyelesaikannya. Kendala bagi penyediaan layanan publik di antara lain adalah infrastruktur, sumber daya, dan kerangka kelembagaan pelayanan publik. Meningkatkan pelayanan publik seringkali merupakan permasalahan manajemen dibandingkan dengan masalah teknis atau masalah keuangan (Johnson et al., 2022)

Sampah organik adalah sisa-sisa bahan makanan yang berasal dari makhluk hidup berupa hewan, sayuran, buah-buahan dan dedaunan yang sudah membusuk (Hamdiani et al., 2018). Limbah organik juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pakan makroorganisme yang nantinya dijadikan pakan ternak. Pemanfaatan limbah organik sebagai alternatif pakan merupakan salah satu inovasi yang dapat dilakukan dalam menyediakan pakan ternak yang lebih murah (Smith et al., 2020). Limbah organik yang berasal dari rumah tangga saat ini sangat melimpah dan minim penanganan, maka penggunaan limbah organik sebagai pengganti pakan komersial dapat menekan biaya pakan bagi peternak rumahan (Achadri et al., 2018).

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan serangga dalam proses pengolahan limbah organik. Serangga memiliki kemampuan alami untuk mengurai bahan organik, menjadikannya kandidat potensial dalam pengelolaan limbah. Salah satu spesies yang menarik perhatian adalah ulat kandang (*Alphitobius diaperinus*). Serangga ini telah lama dikenal sebagai hama dalam industri peternakan unggas, terutama di peternakan ayam broiler, dimana mereka berkembang biak di dalam litter, memakan kotoran ayam, sisa pakan, dan bahan organik lainnya.

Namun, seiring dengan meningkatnya minat terhadap sumber protein alternatif ulat kandang mulai dipertimbangkan sebagai sumber nutrisi potensial. Penelitian menunjukkan bahwa ulat kandang dapat dibudidayakan dengan menggunakan produk sampingan dari proses pembersihan biji sereal dan legum, seperti lupin dan tricale, yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan larva secara efisien.

Meskipun potensi ulat kandang dalam pengolahan limbah organik menjanjikan, masih terdapat kesenjangan pengetahuan mengenai efektivitas dan efisiensi proses ini. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme degradasi limbah oleh ulat kandang, faktor faktor yang mempengaruhi proses tersebut, serta dampak lingkungan dari penerapan metode ini.

1.2 Perumusan Masalah

Dari penelitian ini masalah yang akan dijelaskan mengenai:

- 1) Bagaimana cara mengurai sampah organik menggunakan ulat kandang.
- 2) Mengetahui efektivitas dari Ulat Kandang dalam mengurai sampah organik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

- 1) Mengetahui efektivitas ulat kandang yang dapat mengurai sampah Organik.
- 2) Mengetahui isi kandungan protein dari Ulat kandang
- 3) Mengetahui isi kandungan logam berat dari Ulat kandang

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tentang perbandingan efektivitas ulat kandang dalam penguraian sampah organik sisa makanan yang dilakukan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (UITP) adalah sebagai berikut:

- 1) Mampu memberikan manfaat dalam pengembangan penelitian ulat kandang dalam pengelolaan sampah organik sisa makanan
- 2) Mampu memberikan manfaat dengan menambahkan referensi metode yang efektif dalam mengolah sampah organik sisa makanan yang bernilai ekonomis
- 3) Sebagai bekal bagi penulis untuk dikembangkan di daerah asal dalam membantu permasalahan sampah organik sisa makanan

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi batasan namun tidak menghambat penelitian akan tetapi dapat menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya. Batasan penelitiannya sebagai berikut

- 1) Objek penelitian merupakan ulat kandang dan sampah organik sisa makanan
- 2) Sumber sampah organik yang digunakan berasal dari sisa makanan yang dihasilkan dari sampah rumah tangga dan makanan spesifik buah nanas
- 3) Parameter yang diamati selama proses penelitian adalah:
 - Analisis efektivitas pengolahan sampah organik sisa makanan.
 - Analisis kandungan protein pada ulat kandang
 - Analisis kandungan logam berat pada ulat kandang

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah dan Jenis Sampah

Sampah adalah bahan yang tidak lagi memiliki nilai guna dan dibuang oleh pemiliknya. Dalam pengertian umum, sampah dapat mencakup berbagai jenis material yang dihasilkan dari aktivitas manusia, seperti sisa makanan, kemasan produk, dan limbah industri. Menurut penelitian, pengelolaan sampah menjadi isu penting dalam keberlanjutan lingkungan, karena dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan kualitas lingkungan (Kumar & Singh, 2023). Undang Undang nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, dalam undang undang ini memiliki tujuan untuk melindungi bumi kita dari kerusakan dan pencemaran yang disebabkan aktivitas manusia, serta untuk menjamin keberlanjutan sumber daya alam untuk generasi mendatang, Prinsip dari Undang Undang ini memiliki 3 prinsip yaitu, bersifat kewajiban untuk setiap individu, badan usaha, dan pemerintah berkewajiban untuk menjaga kualitas lingkungan hidup. Prinsip partisipatif, masyarakat berhak untuk turut serta dalam proses pengambilan keputusan mengenai lingkungan. Dan prinsip berkelanjutan, setiap kegiatan yang dilakukan harus mempertimbangkan dampak lingkungan agar bisa dilakukan secara berkelanjutan. Undang Undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, UU ini sangat penting untuk mengatur bagaimana kita mengelola sampah di indonesia supaya lingkungan kita tetap bersih dan sehat. Tujuan dari UU ini untuk melindungi dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup, meminimalisir dampak negatif sampah terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, dan meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah. Dalam undang undang ini me klasifikasikan sampah menjadi 3 sebagai berikut:

a) Sampah Organik

Sampah organik adalah jenis sampah yang terdiri dari bahan-bahan yang berasal dari sisa organisme hidup, seperti sisa makanan, dedaunan, dan limbah pertanian. Sampah organik mudah terurai secara alami oleh

mikroorganisme, menghasilkan gas metana selama proses dekomposisi, dan mengandung nutrisi seperti nitrogen dan fosfor. Produksi gas metana mencemari udara, meningkatkan populasi hama yang dapat mengakibatkan kerugian ekonomi, dan penyebaran penyakit dan infeksi jika tidak dikelola dengan baik adalah beberapa dampak sampah organik terhadap lingkungan dan kesehatan.

b) Sampah Anorganik

Sampah anorganik terdiri dari bahan non-organik seperti plastik, kertas, logam, kaca, keramik, dan sebagainya yang sulit terurai secara alami dan membutuhkan metode daur ulang atau pengolahan khusus. Plastik, kertas, logam, kaca, keramik, dan sebagainya adalah contoh sampah anorganik karena tidak terurai secara alami, tidak mengandung nutrisi, dan tahan terhadap kerusakan fisik dan kimia. Pencemaran tanah dan air, kehilangan sumber daya alam, dan pencemaran visual yang mengganggu keindahan lingkungan adalah beberapa dampak sampah anorganik terhadap lingkungan dan kesehatan.

c) Sampah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Sampah B3 adalah limbah yang berasal dari bahan-bahan berbahaya dan beracun yang tidak dapat dibuang begitu saja ke lingkungan karena memiliki efek yang sangat berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Jenis limbah ini biasanya berasal dari limbah rumah sakit, pabrik, dan sumber lain.

d) Sampah Kain Tekstil

Sampah kain tekstil termasuk dalam kategori sampah yang perlu dikelola dengan baik. Menurut Undang Undang nomor 18 tahun 2008 sampah tekstil meliputi barang barang yang terbuat dari kain, seperti pakaianm handuk, sprei, dan lain lain. Salah satu dari undang undang ini adalah penanganan, pemilahan dan pengolahan sampah agar dapat mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir. Dalam pasal pasal yang ada, undang undang ini mendorong masyarakat serta industri untuk lebih bijak dalam mengelola sampah

tekstil, seperti dengan melakukan daur ulang atau pengurangan penggunaan bahan yang tidak ramah lingkungan

2.2 Ulat Kandang (*Larvae Aphitobius Diaperinus*)

Ulat kandang atau yang dikenal dengan nama ilmiah *Aphitobius diaperinus* adalah serangga dalam ordo Coleoptera (kumbang) dan famili Tenebrionidae (kumbang gelap). Ulat kandang merupakan hewan umum yang ditemukan di lingkungan peternakan unggas, terutama di kandang ayam. Larva dari spesies ini dikenal sebagai hama yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi karena merusak infrastruktur kandang dan menjadi vektor berbagai patogen. Larva ini dikenal karena kemampuannya bertahan dalam kondisi lingkungan yang kurang bersih dan sering dimanfaatkan sebagai sumber pakan alternatif untuk hewan ternak, khususnya unggas (Zheng et al., 2020). Ulat kandang sering dimanfaatkan sebagai sumber pakan alternatif untuk hewan ternak, terutama unggas, karena kandungan nutrisinya yang tinggi (Santoro et al., 2008). Selain itu, ulat kandang juga berperan dalam proses penguraian bahan organik membantu daur ulang limbah dan meningkatkan kesuburan tanah (Crippen et al., 2018). Penggunaan ulat kandang sebagai pakan maupun pengurai limbah semakin diminati karena sifatnya yang efisien dan ramah lingkungan (Kim et al., 2023).

Siklus hidup ulat kandang dimulai dari telur yang diletakan oleh kumbang dewasa, kemudian menetas menjadi larva yang akan tumbuh dan mengalami beberapa tahap pergantian kulit selama beberapa minggu sebelum bertanamformasi menjadi pupa, dan akhirnya menjadi kumbang dewasa yang siap bertelur kembali (Li et al., 2024). Secara keseluruhan, siklus lengkap dari telur hingga dewasa biasanya memakan waktu sekitar 4-6 minggu tergantung kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Selama siklus ini, larva akan mencari makanan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya, yang biasanya berasal dari bahan organik yang tersedia di lingkungan sekitar (Crippen et al., 2018). Makanan utama larva ini meliputi limbah pertanian seperti dedaunan busuk, jerami, serta sampah organik yang kaya serat dan nutrisi lainnya, yang memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan larva secara optimal.

Ulat kandang memiliki peran penting sebagai pengurai sampah organik di lingkungan, terutama dalam proses dekomposisi limbah pertanian dan sampah

organik lainnya. Mereka membantu mempercepat penguraian bahan organik dengan cara memakan dan memecah limbah tersebut menjadi bahan yang lebih sederhana, sehingga mempercepat siklus nutrisi dan mengurangi volume sampah yang menumpuk (Renault & Colinet, 2021). Selain itu aktivitas ulat kandang dalam proses penguraian juga dapat meningkatkan kualitas tanah melalui penambahan bahan organik yang terdekomposisi secara alami, menjadikannya sebagai agen biologis yang efektif dalam pengelolaan limbah organik secara alami, menjadikannya agen biologis yang efektif dalam pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan (Chen et al., 2021). Keberadaan ulat mempercepat transformasi limbah menjadi kompos yang berkualitas, sekaligus mengurangi risiko penumpukan sampah yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan berkembangnya penyakit.

2.3 Pemanfaatan Makroorganisme Untuk Mengurai Sampah Organik

Pemanfaatan makroorganisme, ulat, atau serangga pengurai, dalam penguraian sampah organik terbukti sangat efektif dalam mendukung pengelolaan limbah. Makroorganisme ini berperan dalam proses biodegradasi, di mana mereka memakan sisa-sisa makanan, dedaunan, dan bahan organik lainnya, kemudian menguraikannya menjadi kompos yang kaya nutrisi. Proses ini tidak hanya membantu mengurangi volume sampah organik yang dihasilkan, tetapi juga menghasilkan pupuk alami yang dapat meningkatkan kualitas tanah. Dengan memanfaatkan makroorganisme, kita bisa mengurangi penggunaan bahan kimia dalam pertanian, mendukung keberlanjutan ekosistem serta menjaga lingkungan tetap bersih dan sehat.

Selain itu pemanfaatan makroorganisme dalam penguraian sampah organik merupakan pendekatan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Makroorganisme seperti ulat kandang, cacing tanah dan serangga pengurai lainnya memiliki kemampuan untuk memecah bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana melalui proses biologis. Mereka membantu mempercepat dekomposisi limbah organik, sehingga volume sampah berkurang secara signifikan dan proses pengelolaan sampah menjadi lebih efisien (Hidayat, 2018). Penggunaan makroorganisme ini juga mengurangi ketergantungan pada bahan kimia dan

teknologi berat, serta mengurangi risiko pencemaran lingkungan akibat limbah yang tidak terkelola dengan baik.

Setelah mempercepat proses dekomposisi, makroorganisme juga berperan dalam meningkatkan kualitas kompos akhir yang dihasilkan. aktivitas ini tidak hanya mengurangi volume sampah tetapi juga menghasilkan produk yang dapat digunakan sebagai pupuk organik yang subur (Ali et al., 2020) dengan demikian, pemanfaatan makroorganisme tidak hanya membantu dalam pengelolaan sampah tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan melalui produksi pupuk organik yang berkualitas.

Penggunaan makroorganisme dalam pengolahan sampah organik memiliki manfaat ekonomi dan sosial. Pengelolaan sampah berbasis makroorganisme dapat membuka peluang usaha baru seperti budidaya ulat kandang, serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan limbah secara alami dan ramah lingkungan. Program ini juga dapat menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan masyarakat di daerah perkotaan maupun pedesaan (Hidayat, 2018) Oleh karena itu, pemanfaatan makroorganisme sebagai agen pengurai sampah organik menjadi solusi efektif dalam mengatasi masalah sampah sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan.

2.4 Protein

Protein adalah molekul penting yang terdiri dari rantai panjang asam amino dan memiliki peran vital dalam tubuh makroorganisme. Dalam konteks pakan ternak, protein berfungsi sebagai komponen nutrisi yang esensial untuk pertumbuhan, perbaikan jaringan, produksi enzim dan hormon, serta sebagai sumber energi. Ketika ternak mengonsumsi pakan yang kaya akan protein, mereka mendapatkan asam amino yang diperlukan untuk membangun jaringan tubuh, termasuk otot dan organ, sehingga mendukung pertumbuhan optimal terutama pada hewan yang sedang dalam fase pertumbuhan (Li et al., 2024) Protein juga berkontribusi pada perbaikan jaringan yang rusak, dengan memproduksi sel-sel baru untuk menggantikan yang telah mengalami kerusakan. Selain itu, banyak enzim dan hormon yang penting dalam proses metabolisme terbentuk dari protein, yang membantu mengatur berbagai fungsi dalam tubuh ternak. Kualitas produk ternak, seperti daging dan susu, juga dipengaruhi oleh asupan protein yang tinggi,

di mana ternak yang mendapatkan cukup protein cenderung menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan bernutrisi bagi manusia (NRC, 2016). Jenis-jenis protein yang sering digunakan dalam pakan ternak meliputi protein hewani, seperti tepung ikan dan tepung darah, serta protein nabati, seperti kacang kedelai dan bungkil biji kapas. Dengan pemenuhan kebutuhan protein yang tepat, kita dapat memastikan kesehatan, pertumbuhan, dan produktivitas ternak yang optimal.

2.5 Logam Berat

Menurut United States Environmental Protection Agency (2021), logam berat adalah kelompok logam dengan massa jenis yang tinggi dan memiliki sifat kimia yang berat. Sifat-sifat ini sering kali membuatnya beracun bagi organisme hidup ketika terakumulasi dalam jumlah yang berlebihan.

a) Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang mempunyai bentuk kristal putih keperakan. Kadmium sangat toksik bagi tubuh manusia sehingga dapat menyebabkan gejala gasterointestinal serta penyakit ginjal.

b) Timbal (Pb)

Timbal atau biasa disebut plumbum adalah logam berat yang berwarna kehitaman yang dulunya digunakan dalam kontituen dalam cat, namun saat ini banyak digunakan dalam bahan bensin. Timbal juga sangat toksik ditubuh manusia sehingga dapat menyebabkan rasa logam dimulut jika tidak sengaja dikonsumsi, munculnya garis hitam di gusi, dan dapat menyebabkan kelumpuhan.

c) Besi (Fe)

Logam berat besi adalah logam berat yang keberadaannya dibutuhkan oleh organisme hidup (dalam jumlah tertentu), namun ketika jumlahnya berlebih dapat menyebabkan efek negatif. Kandungan besi yang berlebih dapat menyebabkan kerusakan pada usus, muntah-muntah, bahkan dapat menyebabkan kematian. (Parulian, 2009)

d) Kromium (Cr)

Kromium adalah elemen yang alamiahnya hadir dalam kadar rendah dalam batuan, hewan, tanah, debu, dan gas. Di alam, logam murni kromium tidak pernah ditemukan; sebaliknya, biasanya ditemukan dalam bentuk senyawa padat atau mineral yang mengandung unsur-unsur lainnya (Mukaromah, 2008). Sebagai

logam transisi, kromium memiliki massa atom sebesar 51,996 gram/mol, nomor atom 24, titik lebur 1907°C, dan massa jenis 7,19 g/cm³ (Callister, 2007).

2.6 Reaktor

Kandang menjadi salah satu kebutuhan untuk menaruh hewan ternak. Ulat kandang diberi kandang atau yang biasa disebut reaktor ulat kandang memiliki fungsi sebagai tempat ulat kandang berkembang. Reaktor sendiri berfungsi sebagai tempat pembesaran ulat kandang. Kualitas media tumbuh ulat kandang berkorelasi dengan kandungan nutrisi dan bobot ulat kandang yang dihasilkan. Substrat yang berkualitas akan mempengaruhi produktivitas larva dalam mendapat nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan dan perkembangan ulat kandang yang hasilnya akan dapat diukur berdasarkan produksi berat ulat kandang yang diperoleh.

2.7 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Penelitian
1	<i>Smith J., Lee K., & Hernandez P</i>	<i>Larvae-based Bioconversion of Organic Waste for Sustainable Waste Management (2020)</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa larva <i>alphaltobius diaperinus</i> efektif dalam mengonversi limbah organik menjadi biomassa, dengan Tingkat konversi yang cukup tinggi. Studi ini menekankan bahwa larva mampu menyerap logam berat seperti timbal dan kadmium.

2	Chen Y., Zhang L., & Morales R.	<i>Assessmenet of Protein Content and Heavy Metal Accumulation in Mealworms and Darkling Beetle Larvae During Organic Waste Degredation (2021)</i>	Penelitian ini menegaskan bahwa ulat kandang mampu meningkatkan kandungan protein pada limbah organik selama proses dekomposisi. Larva ini menunjukkan kemampuan menyerap logam berat, terutama logam seperti arsenik dan merkuri dari limbah tersebut.
3	Johnson A., Malik S., & Pereira M.	<i>Utilization of Darkling Beetle Larvae for Organic Waste Reduction and Heavy Metal Bioaccumulation (2022)</i>	Larva alphetobius diaperinus bisa mempercepat proses penguraian sampah organik, dengan peningkatan kandungan protein yang signifikan dalam biomass larva. Larva ini mampu menyerap logam berat dari sampah, seperti besi dan krom yang menunjukan potensinya sebagai agen bioakumulasi

4	Ali H., Kumar P., & Wilson D.	<i>Biological waste Management Using Darkling Beetle Larvae: Protein Yield and Metal Accumulation Analysis (2020)</i>	Larva alphetobius diaperinus dapat digunakan secara efektif untuk pengolahan limbah organik rumah tangga. Kadar protein yang dihasilkan selama proses cukup tinggi dan larva mampu menyerap logam berat seperti seng dan nikel dari limbah.
5	Kim S., Davila A., & Nguyen T.	<i>Heavy Metals and Nutritional Profile of Larvae Used in Organic Waste Bioremediation (2023)</i>	Ulat kandang mampu meningkatkan nutrisi terutama protein, selama proses bioremediasi sampah organik. Sekaligus larva ini menyerap logam berat seperti kadmium dan timbal dari limbah, yang menimbulkan kekhawatiran jika akumulasi logam berlebihan dapat berpengaruh pada keamanan end product.

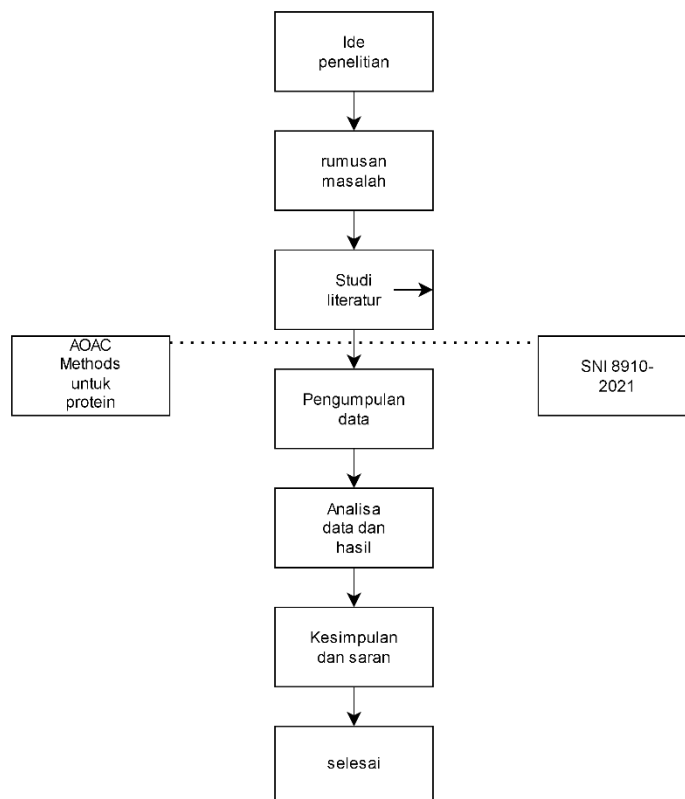
Tabel 3. 1 Tabel penelitian terdahulu

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang telah dirumuskan pada bab sebelumnya. Metode penelitian disusun secara sistematis agar proses pengumpulan data, analisis, serta interpretasi hasil dapat dilakukan secara terarah dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dalam bab ini dipaparkan kerangka penelitian, waktu dan lokasi, alat dan bahan, dan prosedur pengujian yang meliputi analisis efektivitas penguraian sampah organik, pengujian kandungan protein, dan pengujian kandungan logam berat pada ulat kandang. Dengan demikian, metode penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai langkah yang ditempuh dalam memperoleh data yang akurat dan relevan dengan tujuan penelitian.

3.1 Kerangka Studi/Penelitian/Perencanaan



3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada periode 28 juli hingga 23 agustus 2025. Proses pemeliharaan sampel ulat kandang dilakukan di lokasi rumah tinggal peneliti yang berlokasi di Klaten, Jawa Tengah, dengan perlakuan pakan diberikan setiap tiga hari sekali selama 21 hari. Selanjutnya, pengujian laboratorium meliputi analisis kandungan protein menggunakan metode Kjeldahl serta pengujian logam berat dengan Spektrofotometer serapan Atom (SSA) perlakuan sampel berakhir pada tanggal 23 agustus dan baru memasuki Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tanggal 25 agustus 2025.

3.2.2 Alat dan Bahan

Pengujian Protein

Pengujian Protein		
No	Alat	Bahan
1	Kepala Kjeldahl	Sampel ulat kendang
2	pipet	Asam sulfat H_2SO_4
3	tabung reaksi	Laruta NaOH
4	Timbangan analitik	Larutan Standar Protein
5	Pemanas	

Tabel 3. 2 Tabel alat dan bahan pengujian protein

Pengujian Logam Berat

Pengujian Logam Berat		
No	Alat	Bahan
1	Spektrometer Serapan Atom	Sampel ulat kendang
2	Tabung Reaksi	HCL dan HNO_3
3	Pipet	StandarLogam Berat

Tabel 3. 3 Tabel alat dan bahan pengujian logam berat

3.3 Analisis Data

3.3.1 Analisis Hasil

Tingginya konsumsi ulat kandang dalam mengurai sampah organik membuktikan bahwa ulat kandang mampu mengurai sampah organik. Pada selanjutnya mengumpulkan data berat awal sampah organik yang diberikan kepada ulat diikuti dengan pencatatan berat sampah yang tersisa setelah periode pengujian berlangsung. Untuk menilai efektivitas ulat dalam mengurai sampah, presentase pengurangan volume sampah dihitung menggunakan rumus

$$\text{presentase pengurangan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

3.3.2 Pengujian Pada Ulat Kandang

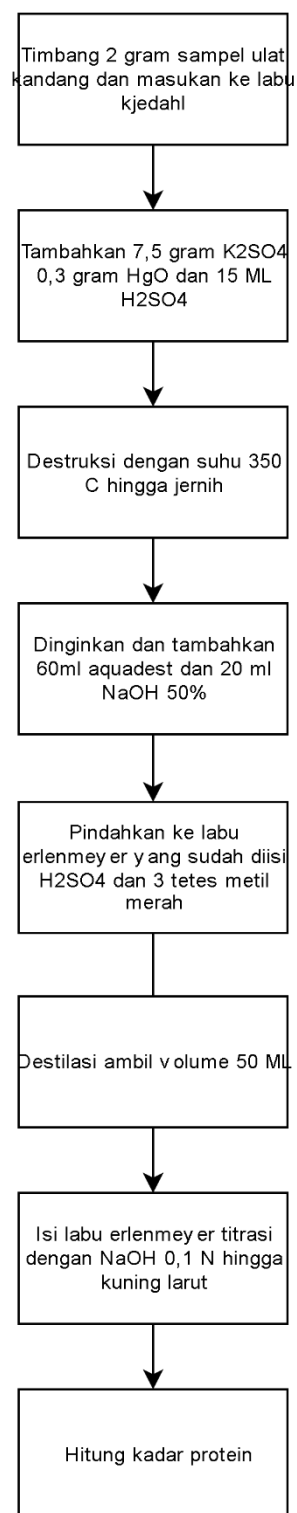
Pengujian ulat kandang dilakukan di rumah yang berada di klaten jawa tengah. Pada setiap 3 hari sekali di lakukan pemberian pakan berupa buah nanas, sampah organik rumah tangga, dan dedak polar. Dan setiap hari mengukur suhu terhadap reaktor ulat kandang. Pengujian dari kandungan protein dan logam berat dilakukan di laboratorium kualitas lingkungan teknik lingkungan fakultas teknik sipil dan perencanaan universitas islam indonesia. Perlakuan sampel dilaksanakan 21 hari.

3.3.3 Pengujian Protein

Metode untuk menentukan kandungan nutrisi protein dalam sampel ulat kandang adalah menggunakan metode kjedahl. Pengujian kandungan protein di laboratorium kualitas lingkungan, teknik lingkungan, fakultas teknik sipil dan perencanaan, universitas islam indonesia. Pada pengujian protein menggunakan rumus mencari kadar nitrogen dengan rumus berikut

$$\text{kadar nitrogen (\%)}N = \left(\frac{(\text{volume titrasi sampel} - \text{volume titrasi blanko}) \times N \text{ NaOH} \times 14}{\text{berat sampel (mg)}} \right) \times 100$$

Setelah mencari kadar nitrogen maka mencari kadar protein dengan rumus sebagai berikut, $\text{Protein} = 6,25 \times \text{Nilai Nitrogen} \times fP$ maka untuk langkah pengujian sebagai berikut.

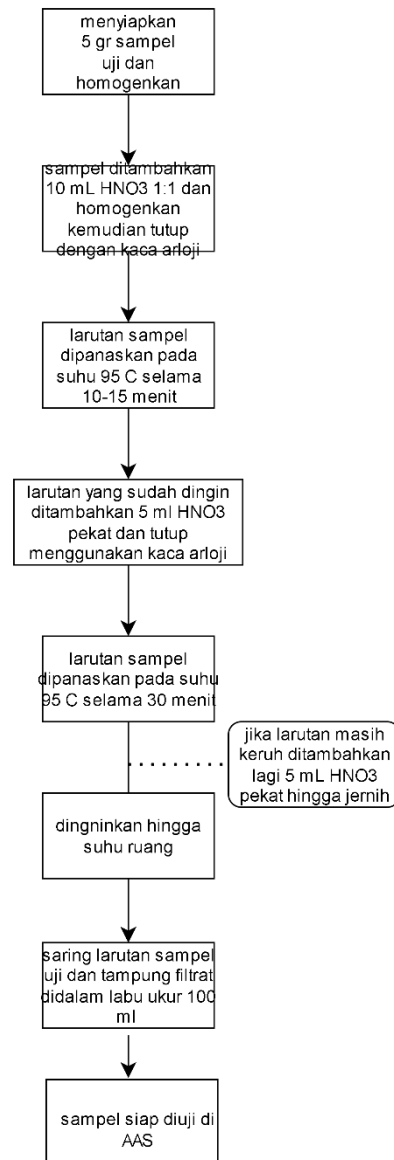


3.3.4 Pengujian Logam Berat

Metode yang digunakan untuk menguji logam berat pada ulat kundang menggunakan metode spektrometer serapan atom (SSA). Untuk menganalisis data mengacu pada SNI 8910:2021 mengenai cara uji kadar logam berat dalam contoh

uji limbah padat, sedimen dan tanah dengan metode destruksi asam menggunakan spektrometer serapan atom (SSA). yang akan dilakukan di laboratorium kualitas. Dengan mengacu SNI 8910:2021 pengujian logam berat menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA) maka perhitungannya menggunakan rumus

$$\text{Kadar Logam Berat (mg/kg)} = \frac{CxV}{WxP} \times Fp$$



3.3.5 Reaktor

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berupa wadah plastik berbentuk box dengan ukuran panjang 47 cm, lebar 34 cm, dan tinggi 15 cm. Reaktor ini berfungsi sebagai media pemeliharaan ulat kandang selama periode penelitian, dengan pengamatan dilakukan secara manual melalui pencatatan kondisi fisik serta penimbangan berat sampel secara berkala. Sehingga kondisi reaktor dijaga agar tetap sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan ulat.

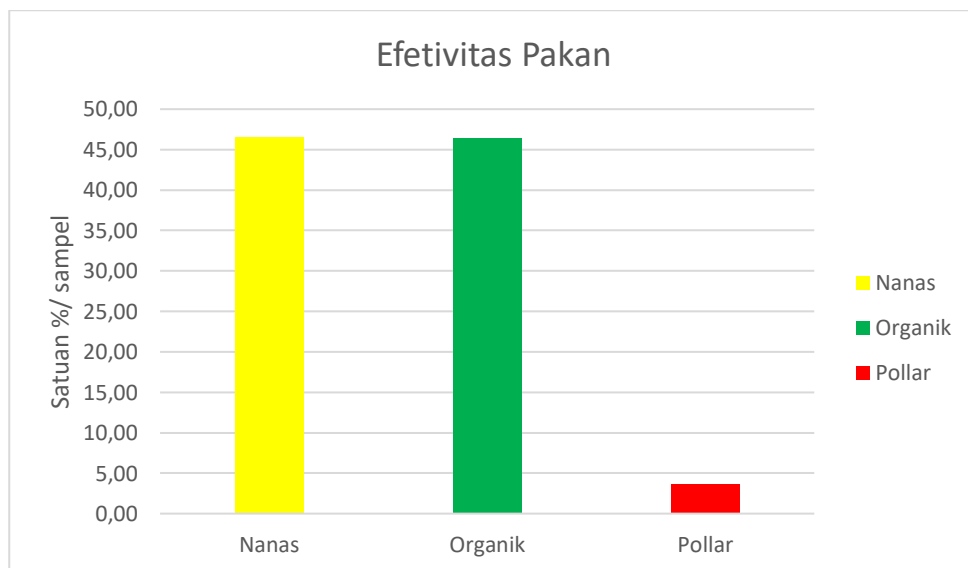
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Ulat Kandang

4.1.1 Efektivitas Ulat Kandang Sebagai Pengurai Sampah

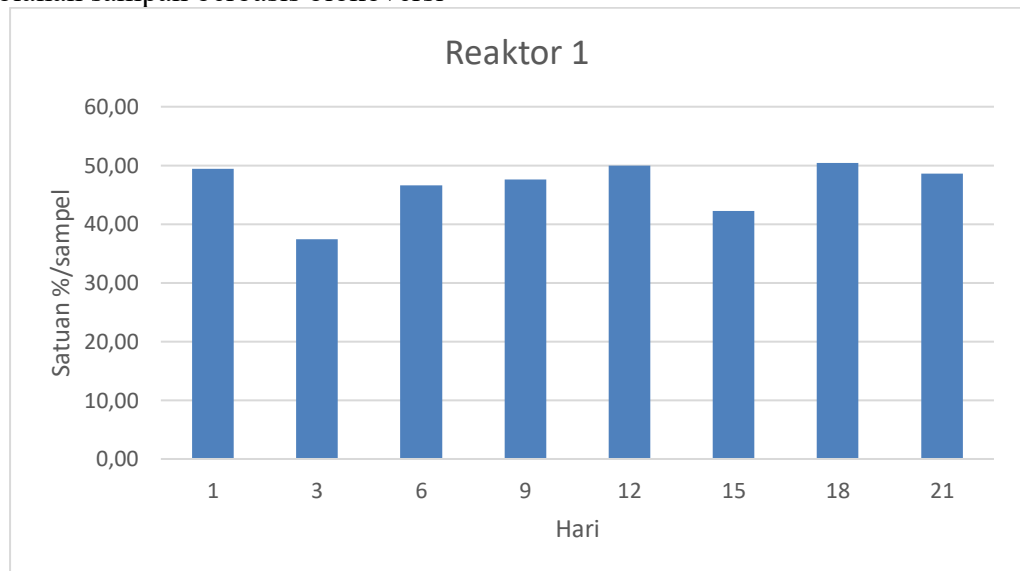
Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas ulat dalam mendegradasi sampah organik melalui pemberian pakan yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan ulat dalam menguraikan sampah sisa rumah tangga. Pervobaan dilakukan menggunakan tiga reaktor dengan perlakuan sampel yang berbdeda. Pemberian oakan dilakukan setiap tiga hari selama periode pengamatan 21 hari. Reaktor pertama diberi pakan berupa sisa buah nanas, reaktor kedua idberi sampah organik rumah tangga, dan reaktor ketiga diberi pakan pollar. Hasil penelitian selanjutnya disajikan dalam diagram.



Gambar 4. 1 Diagram Efektivitas Pakan

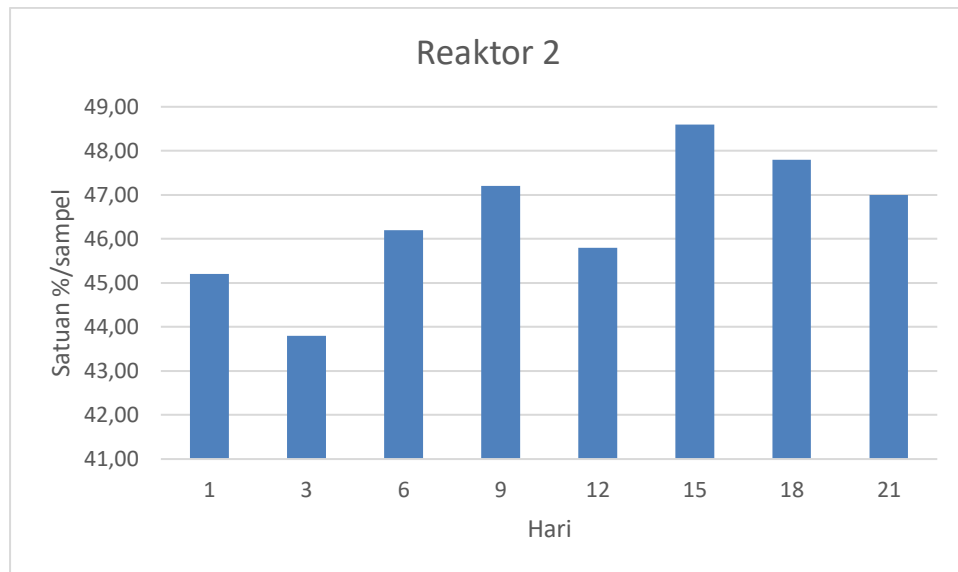
Berdasarkan diagram hasil penelitian, reaktor 1 dengan perlakuan pakan berupa sisa buah nanas menunjukkan persentase degradasi tertunggi sebesar 46,53%, diikuti oleh reaktor 2 yang diberi pakan sampah organik rumah tangga dengan persentase sebesar 46,45%. Sebaliknya, reaktor 3 yang diberi pakan pollar menunjukkan persentase degradasi yang jauh lebih rendah, yaitu sebesar 3,70%. Perbedaan tingkat degradasi tersebut mengidikasikan adanya pengaruh signifikan dari karakteristik fisik dan kimia pakan terhadap aktivitas konsumsi dan degradasi

oleh ulat kandang. Pakan dengan kandungan air yang tinggi, seperti sisa buah nanas dan ampah organik rumah tangga, cenderung lebih mudah dikonsumsi oleh ulat sehingga menghasilkan tingkat degradasi yang lebih tinggi. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa setelah tiga hari pemberian pakan, material pakan mengalami penurunan kadar air yang ditandai dengan kondisi mengering dan mengeras, sehingga menghambat aktivitas makan ulat. Kondisi ini menyebabkan penurunan laju degradasi hingga dilakukan penggantian pakan. Setelah pakan diganti dengan material yang lebih segar, ulat kembali menunjukkan peningkatan aktivitas konsumsi secara signifikan. Pada reaktor 3, rendahnya persentase degradasi disebabkan oleh karakteristik polter yang memiliki kadar air relatif rendah dan tekstur kering, sehingga kurang sesuai dengan preferensi makan ulat kandang apabila diberikan secara tunggal. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan proses degradasi sampah organik oleh ulat kandang sangat dipengaruhi oleh kandungan air dan tingkat kesegaran pakan, yang berimplikasi pada pentingnya pengelolaan jenis dan frekuensi pemberian pakan dalam sistem pengolahan sampah berbasis biokoversi



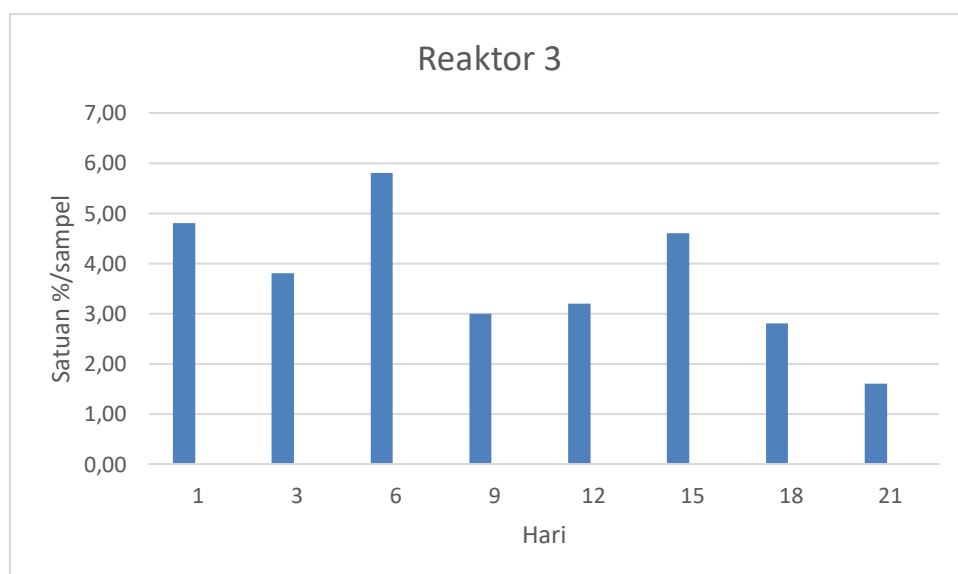
Gambar 4. 2 Diagram efektivitas pakan reaktor 1 (sampah buah nanas)

Pada Gambar 4.2 menunjukkan efektivitas ulat kandang dalam mendegradasi sampah organik berupa sisa buah nanas pada reaktor 1 selama pengamatan 21 hari. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa, tingkat efektivitas degradasi berada pada kisaran 41-49%, dengan kecenderungan relatif stabil dan cenderung menunjukkan peningkatan secara bertahap seiring bertambahnya waktu pengamatan. Pola ini mengindikasikan bahwa ulat kandang sangat memiliki preferensi terhadap pakan dengan kadar air tinggi, seperti buah nanas, sehingga. Kondisi ini memungkinkan proses konsumsi dan degradasi bahan organik lebih optimal dibandingkan dengan perlakuan pakan lainnya.



Gambar 4. 3 Diagram efektivitas pakan reaktor 2 (sampah organik)

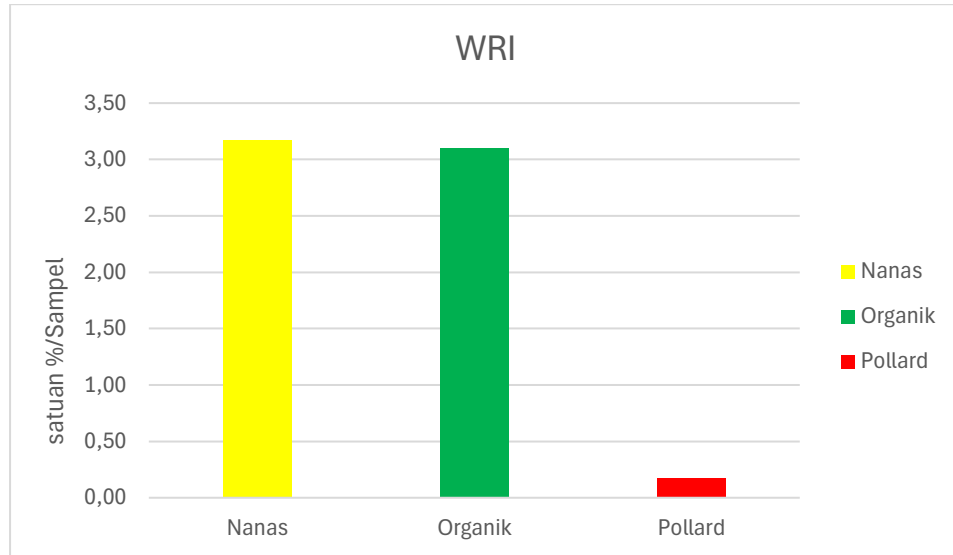
Pada Gambar 4.3 menggambarkan efektivitas ulat kandang dalam mendegradasi sampah organik rumah tangga pada reaktor 2 selama 21 hari. Hasil;periode pengamatan menunjukan 21 hari. Hasil pengamatan menunjukan bahwa tingkat efektivitas yang konsisten tinggi, berada pada rentan 42-49%, dengan kecenderungan meningkat dari awal hingga akhir penelitian. Kondisi ini menandakan bahwa ulat kandang mampu beradaptasi dengan baik terhadap jenis pakan yang beragam, seperti sisa makanan rumah tangga, karena mengandung kelembapan dan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan larva. Fluktuasi kecil yang terjadi pada beberapa titik pengamat terjadi akibat pengaruh tekstur dan kadar air sampah, dimana pakan yang mengalami kondisi lebih kering cenderung menyebabkan penurunan tingkat konsumsi sementara, sehingga memengaruhi efektivitas proses degradasi.



Gambar 4. 4 Diagram efektivitas pakan reaktor 3 (pollar)

4.1.2 Perhitungan WRI

Pada analisis perhitungan WRI (Indeks Pengurangan Limbah) yang dihasilkan pada penelitian setelah mengetahui efektivitas pakan pada tiap reaktor maka diperoleh pengurangan limbah sebagai berikut



Gambar 4. 5 Diagram WRI

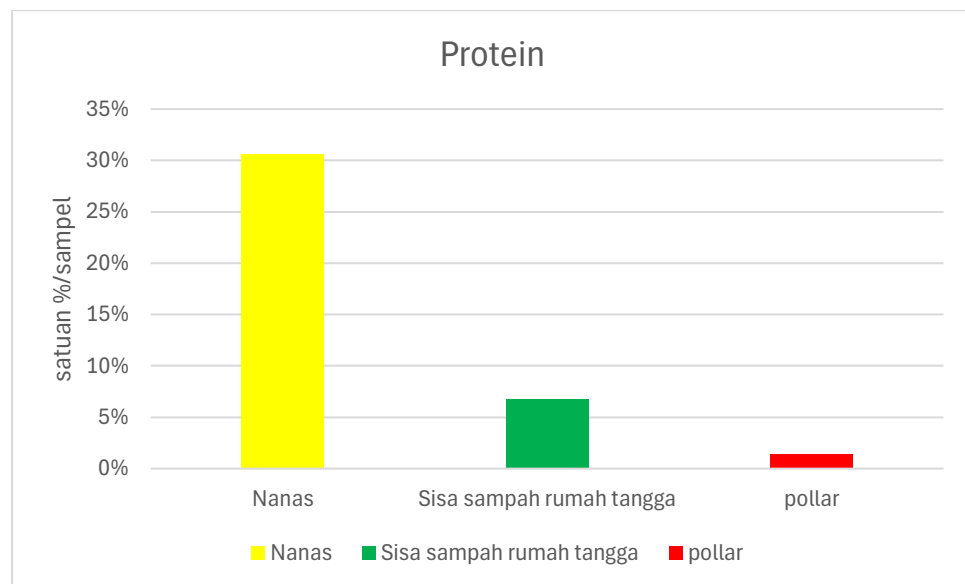
Interprestasi rentan nilai WRI		
rentan WRI	Kategori	Interprestasi
<1%/hari	sangat rendah	larva tidak aktif dalam mendegradasi sampah, kondisi lingkungan tidak cocok
1-3%/hari	rendah	penguraian lambat, pakan minim nutrisi
3-6%/hari	sedang	efisiensi pengurangan standar (moderat)
6-10%/hari	tinggi	kondisi optimal (pakan seimbang dengan kepadatan larva dan suhu ideal)
>10%/hari	sangat tinggi	penguraian cepat, pakan terkonsentrasi

Berdasarkan hasil analisis perhitungan WRI diperoleh nilai sebesar 3,17% pada reaktor 1, 3,10% pada reaktor 2, dan 0,18% pada reaktor 3. Nilai WRI yang lebih tinggi pada reaktor 1 dan reaktor 2 menunjukkan bahwa kedua reaktor tersebut memiliki tingkat efektivitas yang lebih baik dalam proses pengurangan limbah

organik rumah tangga dibandingkan dengan reaktor 3. Dengan mengacu interpretasi rentan nilai WRI reaktor 1 dan reaktor 2 termasuk pada kategori sedang / (normal), dengan efisiensi pengurangan standar (Moderat). Perbedaan nilai WRI ini mengindikasikan bahwa jenis pakan yang diberikan berpengaruh terhadap kinerja pengurangan limbah, dimana pakan dengan kandungan air yang lebih tinggi dan mudah terdegradasi mampu meningkatkan efisiensi proses biokonversi oleh ulat.

4.1.3 Kadar Protein Pada Ulat Kandang

Berdasarkan pada hasil pengujian yang dengan metode kjedahl dan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan didapatkan hasil pengujian kadar protein yang bervariasi pada masing masing reaktor sebagai berikut.



Gambar 4. 6 Diagram Protein

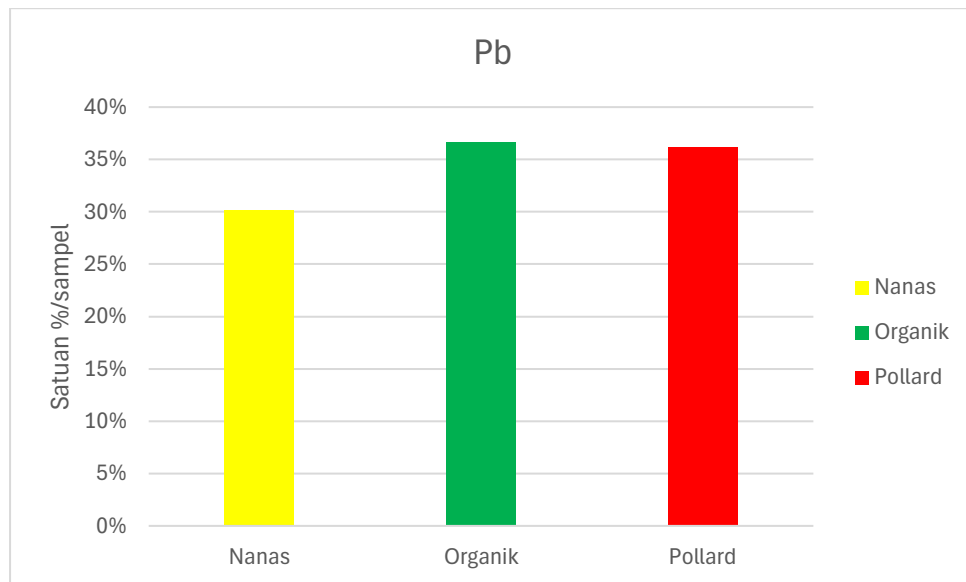
Pada Gambar 4.6 tersebut reaktor 1 menunjukkan 31%, diikuti oleh reaktor 2 sebesar 7%, sedangkan reaktor 3 memiliki persentase terendah dengan nilai 1% kadar protein. Dengan mengacu SNI 8173-3, 2015 persyaratan kadar protein untuk pakan ternak unggas dengan minimal 19% maka hanya dari reaktor 1 yang sesuai dengan persyaratannya. Hal ini menunjukkan bahwa jenis pakan yang diberikan berpengaruh terhadap kualitas nutrisi hasil biokonversi, khususnya terhadap kandungan protein yang dihasilkan oleh ulat.

4.2 Perhitungan Kadar Logam Berat

Kandungan logam berat pada ulat kandang dapat menjadi masalah serius karena sumber sumber makanan residu pestisida, bahan pengawet, dan kontaminan lainnya. Sampah organik seringkali terjadi terpaparnya logam berat selama proses pengolahan dan atau penyimpanan. Penggunaan ulat kandang dalam pengolahan sampah ini menawarkan solusi biologis yang efisien.

4.2.1 Kandungan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada ulat kandang

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam ulat kandang dapat menjadi ancaman serius pada kesehatan lingkungan. Sumber sumber kontaminan ini bisa termasuk dari makanan dan lingkungannya maka dari itu berikut diagram kandungan timbaln (Pb)

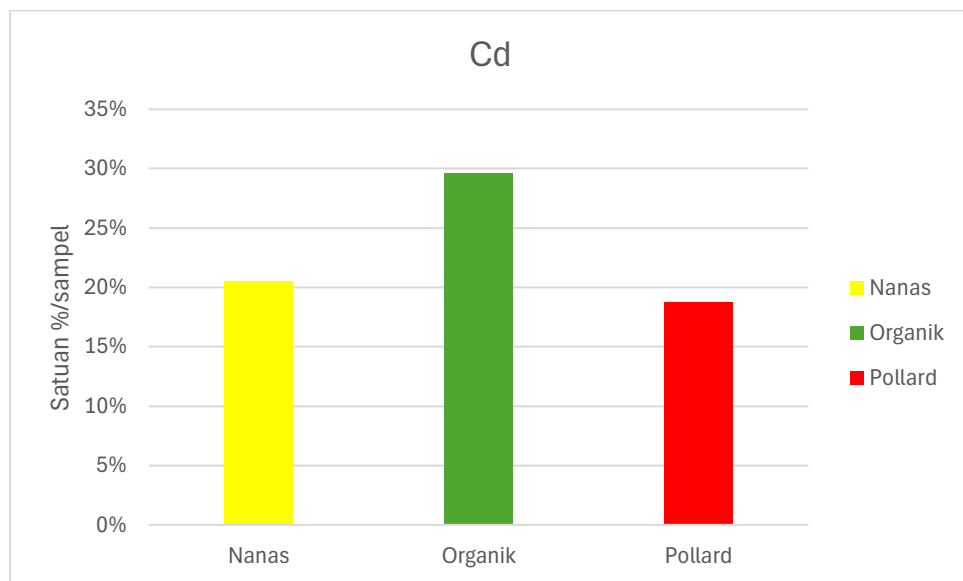


Gambar 4. 7 Diagram Kadar Pb

Berdasarkan diagram diatas maka reaktor ke 2 menjadi paling tinggi karena mencapai 0,36619 dikarenakan pada reaktor ke 2 diberi perlakuan pemberian pakan dari sampah organik rumah tangga dan disusul reaktor ke 3 dengan memiliki nilai sebesar 0,36177 yang masih berada pada kisaran tinggi, namun sedikit lebih rendah dibandingkan reaktor 2. Sementara itu, reaktor 1 menjadi paling rendah dengan kadar 0,30116 dikarenakan. Rendahnya nilai pada reaktor 1 diduga disebabkan oleh perlakuan sampelpakan yang menggunakan buah bahan spesifik berupa buah nanas, sehingga kandungan nutrien yang tersedia relatif kurang bervariasi dibandingkan dengan pakan dari sampah organik rumah tangga.

4.2.2 Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Ulat Kandang

Kadmium adalah logam berat beracun yang secara alami hadir dalam tanah sebagai hasil dari proses pembentukan mineral yang mengandung kadmium (Alloway, 1995) kadmium yang ditemukan pada ulat kandang dapat berasal dari pakan yang terkontaminasi lingkungan. Hasil pengujian kadar Cd dapat dilihat sebagai berikut

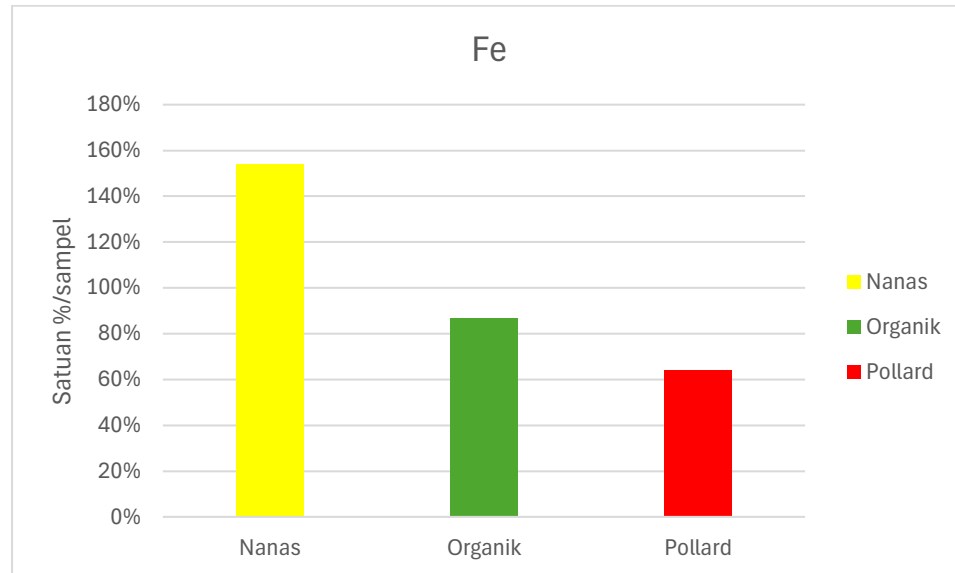


Gambar 4. 8 Diagram Kadar Cd

Dengan melihat diagram diatas maka, reaktor ke 2 menjadi paling tinggi karena mencapai nilai tertinggi dengan kadar sebesar 0,296184 dikarenakan . Hal ini diduga karena pada reaktor ke 2 diberikan perlakuan pemberian pakan berupa sampah organik rumah tangga dan yang memiliki komposisi bahan yang lebih beragam sehingga berpotensi memengaruhi peningkatan kandungan Cd pada sampel. Selanjutnya, reaktor ke 1 dengan memiliki kadar sebesar 0,204966, dengan begitu kadar Cd pada reaktor 3 menunjukkan kadar sebesar 0,186985, yang nilainya tidak jauh berbeda dengan reaktor 1 dengan kadar 0,186985, namun tetap menjadi yang terendah di antara ketiga reaktor. Perbedaan nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi jenis pakan yang diberikan pada masing masing reaktor serta karakteristik bahan organik yang digunakan.

4.2.3 Kadar Logam Berat Besi (Fe) pada Ulat Kandang

Logam berat besi (Fe) yang ditemukan pada ulat kandang umumnya berasal dari apa yang mereka konsumsi dan darimana konsumsi itu berasal. Hasil pengujian kadar logam berat Fe dapat dilihat sebagai berikut.

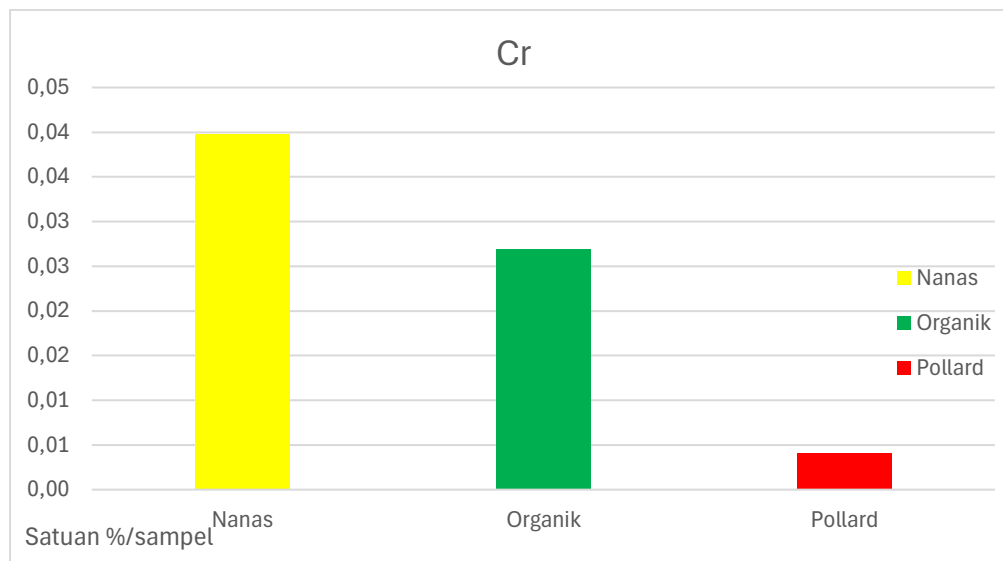


Gambar 4. 9 diagram kadar Fe

Dengan melihat perbandingan yang signifikan diatas terlihat pada reaktor ke 1 dengan nilai 1,540713 kadar besinya dan tidak jauh berbeda dengan reaktor 2 dengan nilai 0,868357, sedangkan pada reaktor 3 dengan perlakuan sampel dengan pollard mendapat nilai 0,640219.

4.2.4 Kadar Logam Berat Kromium (Cr) pada Ulat Kandang

Logam kromium sulit mengalami degradasi dalam lingkungan perairan sehingga berpotensi terakumulasi dalam tumbuh organisme (Kadim & Risjani, 2022) hasil pengujian kadar logam berat Cr dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 4. 10 Diagram Kadar Cr

Dengan melihat diagram tersebut perlakuan sampel menggunakan buah nanas menjadi yang tertinggi dengan kadar Cr 0,039744 dan tidak jauh berbeda dengan reaktor 2 yang diperlakukan sampel menggunakan sampah organik rumah tangga dengan persentase 0,026926 dan yang paling rendah pada reaktor 3 hanya 0,004065.

4.3 Perbandingan Data Dengan Data yang Lain

Pada bagian ini dilakukan analisis perbandingan antara hasil penelitian yang diperoleh dengan data dari penelitian terdahulu maupun standar acuan yang relevan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian hasil penelitian, memperkuat validitas temuan, serta mengidentifikasi adanya perbedaan yang mungkin terjadi akibat perbedaan metode, jenis sampel, maupun kondisi lingkungan selama penelitian

Kadar Logam Berat				
	Pb	Cd	Fe	Cr
San Onofre et al., 2024	0,02	0,02	0,53	0,15
Data Pribadi	0,30	0,20	1,54	0,04
	0,37	0,30	0,87	0,03
	0,36	0,19	0,64	0,00

Tabel 4. 1 Tabel perbandingan Logam berat

Pada tabel 4.1 memperlihatkan perbandingan kandungan logam berat yang diperoleh dalam penelitian ini dengan hasil penelitian San Onfre et al 2024. Hasil penelitian San Onofre menunjukkan kandungan logam berat relatif rendah, dengan kadar Pb dan Cd masing 0,02, Fe sebesar 0,53, serta Cr sebesar 0,15 sementara itu hasil penelitian ini menunjukkan kadar logam berat yang relatif lebih tinggi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi jenis sampah organik yang digunakan sebagai pakan, kondisi lingkungan reaktor, serta tingkat kontaminasi bahan yang berbeda antar penelitian.

Protein	
lemke et al 2024	50%
data pribadi	31%
	7%
	1%

Tabel 4. 2 Tabel perbandingan protein

Pada tabel 4.2 menampilkan perbandingan kandungan protein antara hasil penelitian ini dengan penelitian Lemke et al 2024. Pada penelitian lemke kandungan protein ulat kandang dilaporkan mencapai 50%, jauh lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian ini. Hal ini dapat dikaitkan dengan komposisi nutrisi pakan, kadar air, serta ketersediaan substrat organik yang dikonsumsi larva. Tingginya kadar protein pada penelitian lemke menunjukkan kondisi budidaya yang lebih terkontrol dengan pakan kaya nutrisi, sedangkan penelitian ini menggunakan limbah rumah tangga yang cenderung bervariasi kualitasnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukan bahwa ulat kandang (*Alphitobius diaperinus*) efektif dalam mendegradasi sampah organik rumah tangga, dengan efektivitas tertinggi pada perlakuan pakan berupa buah nanas sebesar 46,53% dan sampah organik rumah tangga sebesar 46,45% sedangkan pakan pollar hanya menghasilkan efektivitas 3,70%. Kandungan protein tertinggi diperoleh dari perlakuan dengan buah nanas yaitu sebesar 31%, yang memenuhi standar minimal protein pakan ternak unggas sesuai SNI. Hal ini membuktikan bahwa ulat kandang berpotensi sebagai agen biokonversi sampah organik sekaligus sumber protein alternatif. Namun demikian hasil analisis logam berat menunjukkan adanya akumulasi timbal (Pb), kadmium (Cd), besi (Fe) dan kromium (Cr) dalam tubuh ulat, sehingga penggunaannya sebagai pakan ternak memerlukan perhatian khusus terkait aspek keamanan pangan dan kesehatan lingkungan

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk melakukan kajian lebih lanjut terkait metode pengurangan kadar logam berat pada ulat kandang sehingga lebih aman digunakan sebagai pakan ternak. Selain itu, perlu dipertimbangkan penggunaan jenis sampah organik dengan risiko kontaminasi rendah agar kualitas nutrisi ulat lebih optimal. Terkait pakan yang diberikan pakan pada reaktor 3 (dedak pollar) tidak disarankan karena penguraian sangat tidak efektif. Pemerintah maupun masyarakat juga dapat menjadikan teknologi biokonversi berbasis ulat kandang sebagai alternatif pengelolaan sampah organik rumah tangga, namun tetap memperhatikan lanjutan juga perlu diarahkan pada kajian kelayakan ekonomi serta potensi penerapan pada skala besar dalam pengelolaan sampah perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Kumar, P., & Wilson, D. (2020). Biological waste Management Using Darkling Beetle Larvae: Protein Yield and Metal Accumulation Analysis. *Journal of Environmental Biology*.
- Chen, Y., Zhang, L., & Morales, R. (2021). Assessment of Protein Content and Heavy Metal Accumulation in Mealworms and Darkling Beetle Larvae During Organic Waste Degradation. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*.
- Crippen, T. L., Sheffield, C. L., Beier, R. C., & Nisbet, D. J. (2018). The horizontal transfer of Salmonella between the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and poultry manure. *Zoonoses and Public Health*.
- Hamdiani, S., Ismillayli, N., Raudhatul Kamali, S., & Hadi, S. (2018). PENGOLAHAN MANDIRI LIMBAH ORGANIK RUMAH TANGGA UNTUK MENDUKUNG PERTANIAN ORGANIK LAHAN SEMPIT PROCESSING OF HOUSEHOLD ORGANIC WASTE TO SUPPORT NARROW LAND ORGANIC AGRICULTURAL. *J. Pijar MIPA*, 13(2), 151–154. <https://doi.org/10.29303/jpm.3i2.462>
- Hidayat, et al. (2018). Dekomposisi Limbah Organik. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan*.
- Iresha, F. M., Lathifah, A. N., Maharani, S. D., & Rahmat, A. (2023). Macroorganism-Assisted Bioconversion of Organic Waste by Mealworm (*Tenebrio molitor*): An Investigation of Process Efficiency and Sustainability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1257(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1257/1/012004>
- Johnson, A., Malik, S., & Pereira, M. (2022). Utilization of Darkling Beetle Larvae for Organic Waste Reduction and Heavy Metal Bioaccumulation. *Biological Waste Management Journal*.
- Kim, S., Davila, A., & Nguyen, T. (2023). Heavy Metals and Nutritional Profile of Larvae Used in Organic Waste Bioremediation. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Li, T., Yang, W., Gao, Q., Wei, M., Li, H., Ma, X., Wen, T., Guo, J., & Jin, D. (2024). Reducing the mass and decreasing the bioavailability of heavy metals from organic wastes treated by black soldier fly larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 269.
- Renault, D., & Colinet, H. (2021). Differences in the susceptibility to commercial insecticides among populations of the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* collected from poultry houses in France. *Insects*.
- Santoro, P. H., Neves, P. M. O. J., Cavaguchi, S. A., Constanski, K., Amaro, J. T., & Alves, L. F. A. (2008). Associated control of *Alphitobius diaperinus* and effect of effective microorganisms in the development of *Beauveria bassiana*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.

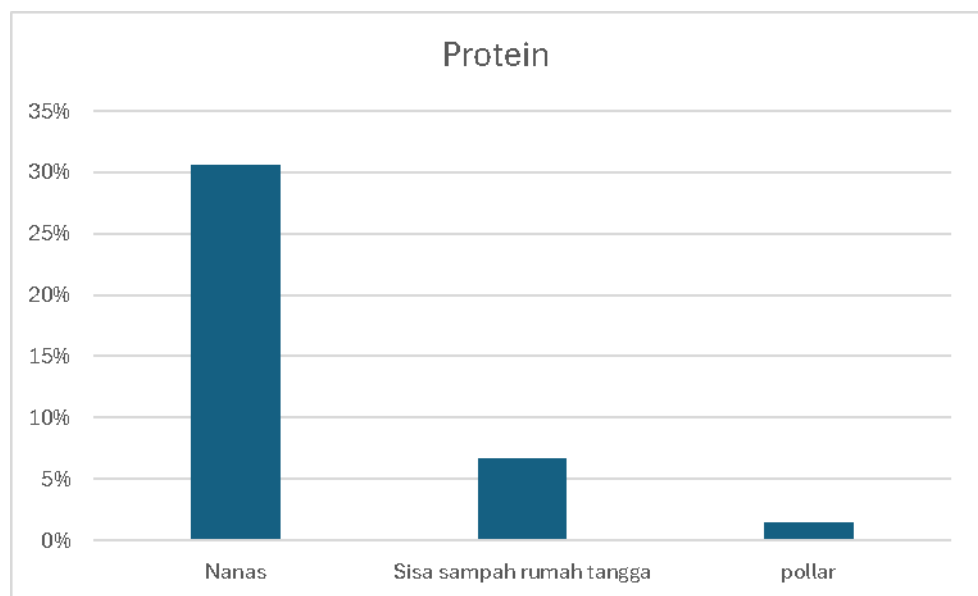
- Smith, J., Lee, K., & Hernandez, P. (2020). Larvae-based Bioconversion of Organic Waste for Sustainable Waste Management. *Waste Management and Research*.
- Utami, A., Widiarti, I. W., Asrifah, R. R. D., Astuti, F. A., Santosa, D. H., Gomareuzzaman, M., & Sungkowo, A. (2018). Indonesian Waste Management: Municipal Biowaste Inventory at Yogyakarta City in 2017. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 212(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012011>
- Zheng, S. S., Yang, Z., & Wu, Y. C. (2020). Liver transplantation for intrahepatic and perihilar cholangiocarcinoma: Current and future. *Hepatobiliary & Pancreatic Diseases International*, 19(2), 101–102.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Kadar Protein

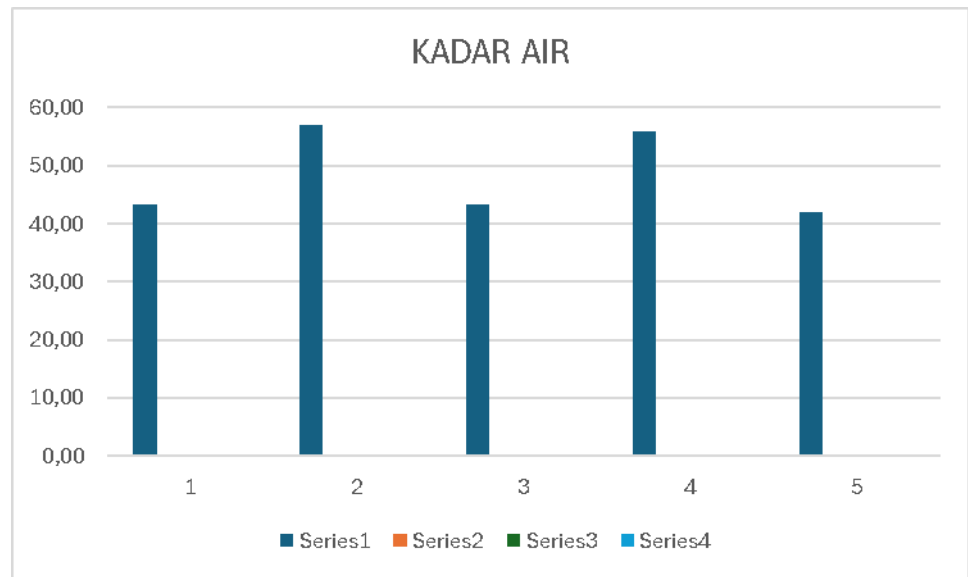
Berat Sampel (mg)	Fp	NaOH (ml)	Konsentrasi N	Pelaporan Nilai Kadar Protein
0	6	9,95		
1,0349	6	22,55	1363,610011	51135,375
1,0768	6	14,75	499,2570579	18722,140
1,0691	6	15,5	581,4236274	21803,386
1,0926	6	11,7	179,3886143	6727,073
1,1655	6	10,35	38,43843844	1441,441

Kadar Protein	
N1	51135,375
N 2	18722,140
N 3	21803,386
S	6727,073
P	1441,441

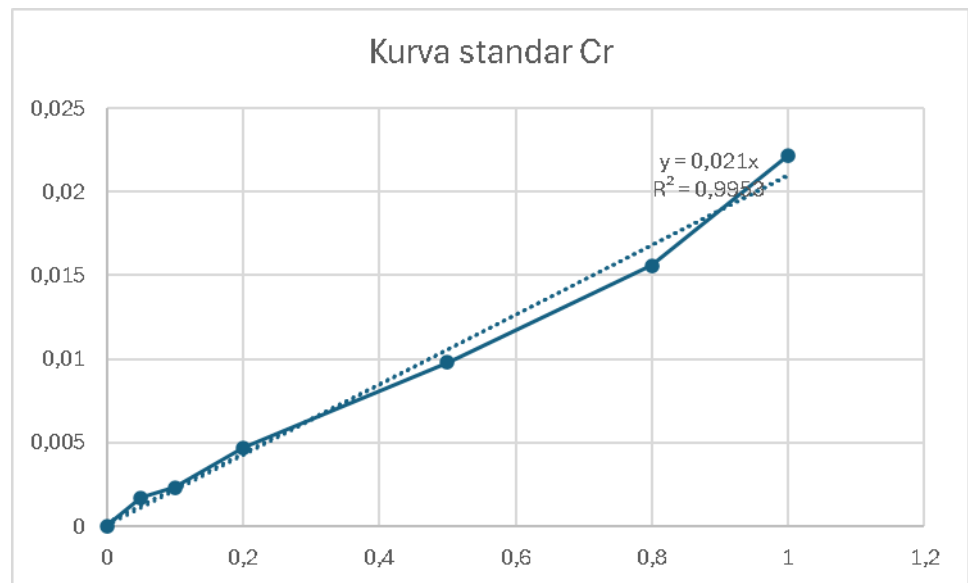


Lampiran 2 Perhitungan Kadar Air

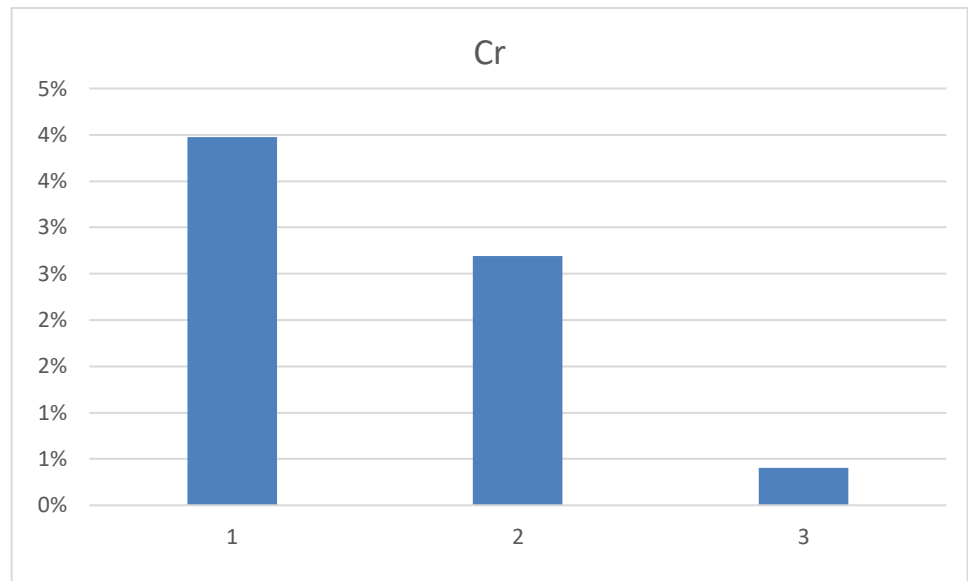
Berat cawan	
cawan 1 =	58,817
cawan 2 =	42,1782
cawan 3=	57,0485
cawan 4=	50,8679
cawan 5 =	57,1742
Berat cawan + sampel (sebelum oven)	
cawan 1 =	65,1395
cawan 2 =	48,4525
cawan 3=	63,2438
cawan 4=	56,9872
cawan 5=	63,3385
Berat cawan + sampel (sesudah oven)	
cawan 1 =	62,3975
cawan 2 =	45,9519
cawan 3=	60,5653
cawan 4=	53,5637
cawan 5 =	60,7456
Perhitungan	
Massa sampel basah (gr)	
	6,3225
	6,2743
	6,1953
	6,1193
	6,1643
Massa sampel kering (gr)	
	3,5805
	3,7737
	3,5168
	2,6958
	3,5714
Kadar air %	
	43,37
	57,03
	43,23
	55,946
	42,063



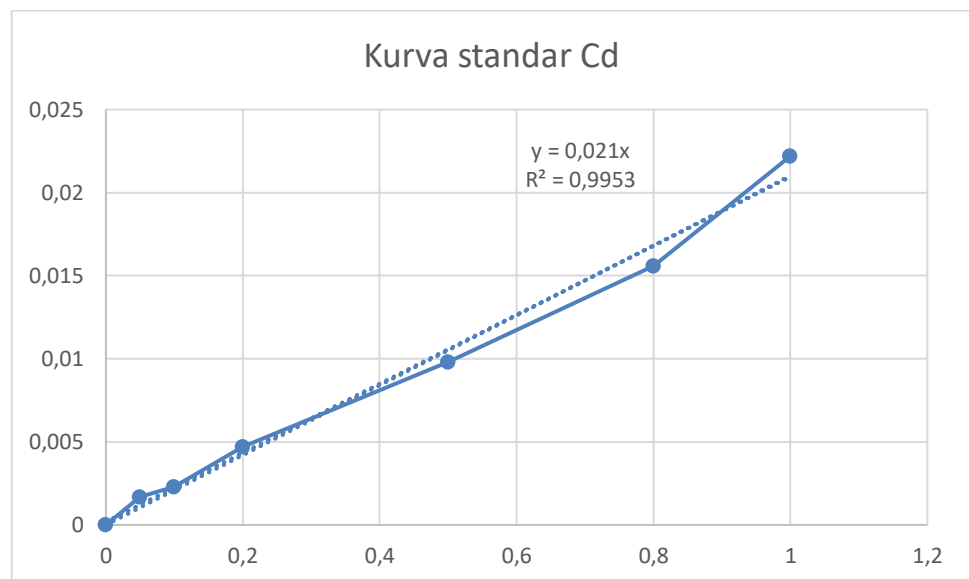
Lampiran 3 Kurva standarisasi Cr



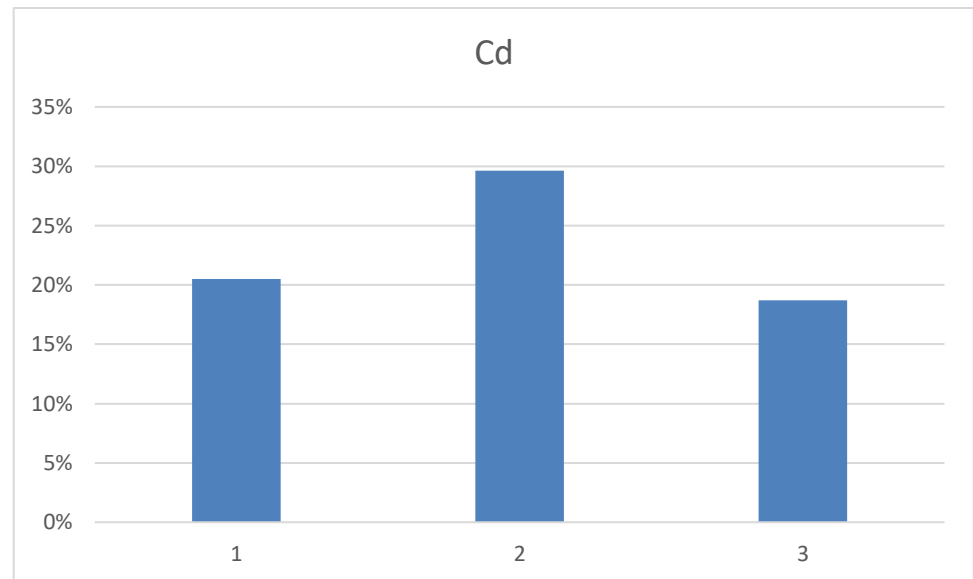
Lampiran 4 Kandungan Cr Pada Ulat Kandang



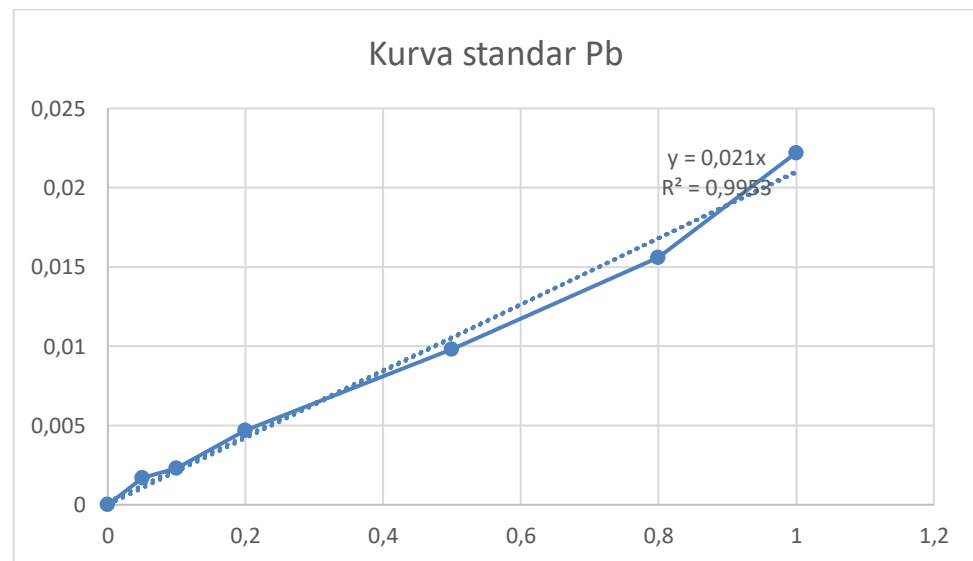
Lampiran 5 Kurva Standarisasi Cd



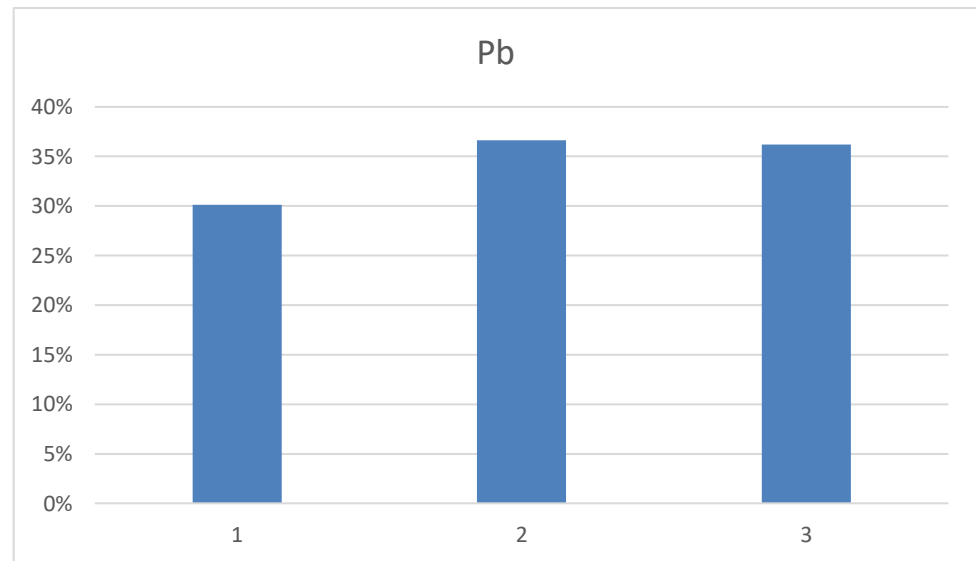
Lampiran 6 Kandungan Kadar Cd Pada Ulat Kandang



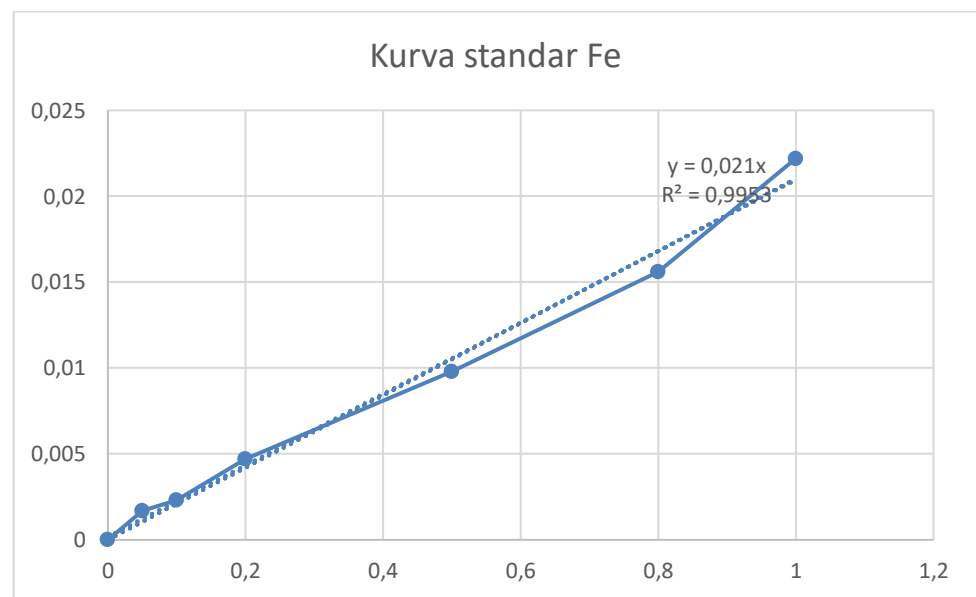
Lampiran 7 Kurva Standarisasi Pb



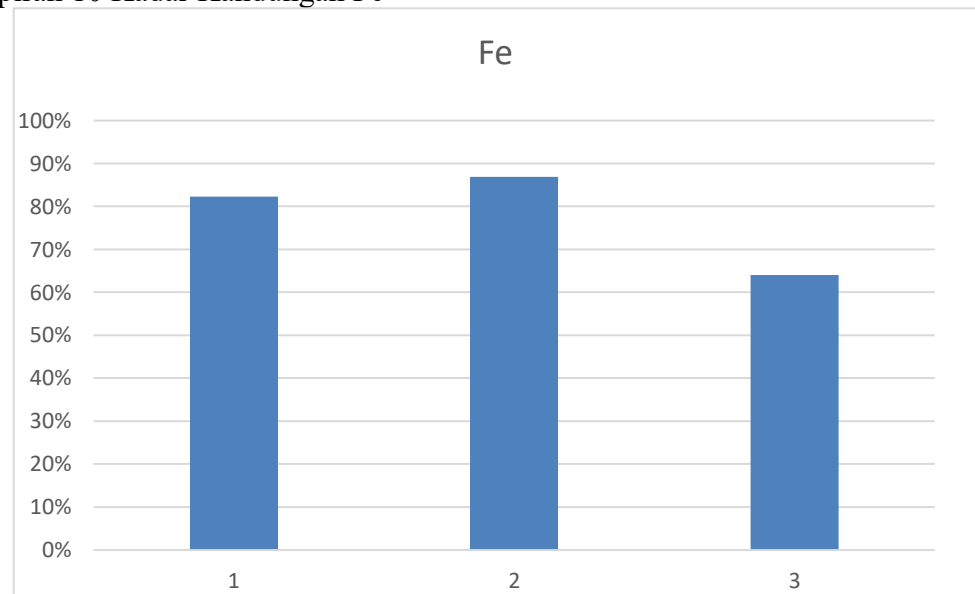
Lampiran 8 Kadar Kandungan Pb Pada Ulat Kandang



Lampiran 9 Kurva Standar Fe



Lampiran 10 Kadar Kandungan Fe



Lampiran 11 Efektivitas Pakan Reaktor 1

Hari ke-	Efektivitas Pakan (%)
1	45,20
3	43,80
6	46,20
9	47,2
12	45,8
15	48,6
18	47,8
21	47

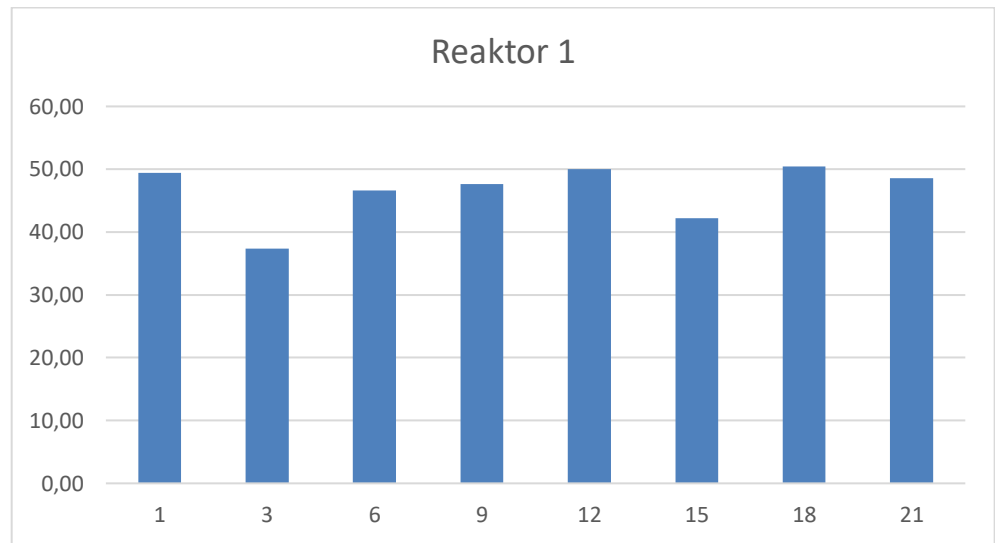
Lampiran 12 Efektivitas pakan Reaktor 2

Hari ke-	Efektivitas Pakan (%)
1	49,40
3	37,40
6	46,60
9	47,6
12	50
15	42,2
18	50,4
21	48,6

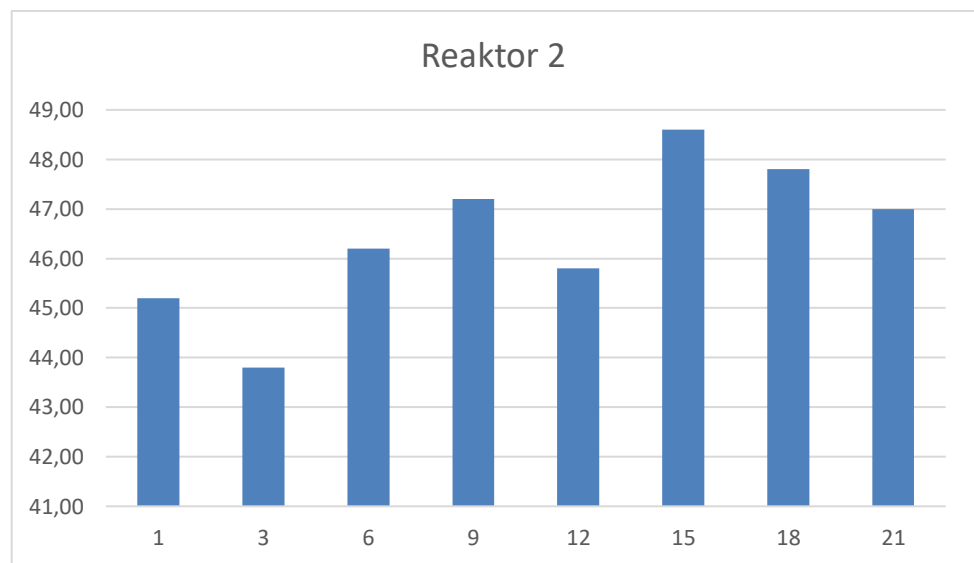
Lampiran 13 Efektivitas Pakan Reaktor 3

Hari ke-	Efektivitas Pakan (%)
1	4,80
3	3,80
6	5,80
9	3
12	3,2
15	4,6
18	2,8
21	1,6

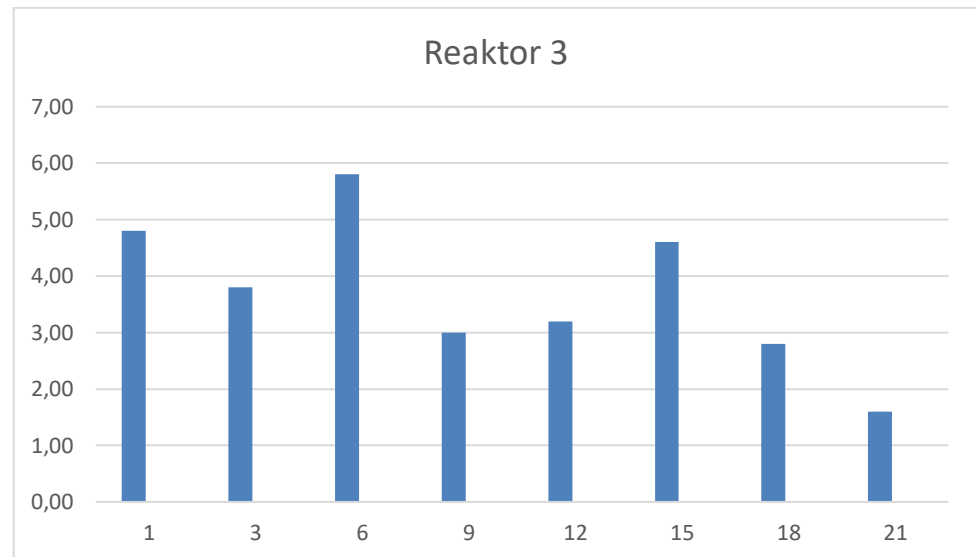
Lampiran 14 Diagram Efektivitas Pakan Reaktor 1



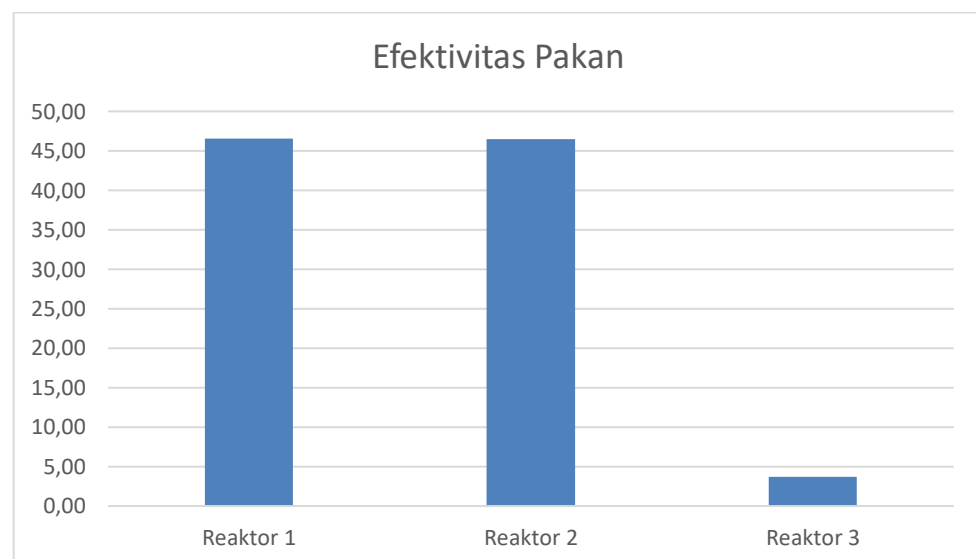
Lampiran 15 Diagram Efektivitas pakan Reaktor 2



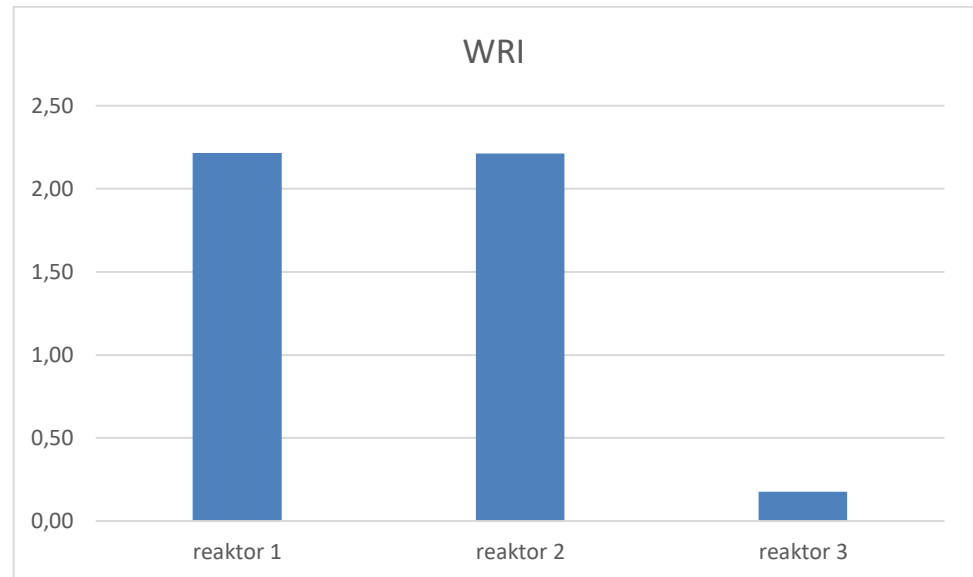
Lampiran 16 Diagram Efektivitas Pakan Reaktor 3



Lampiran 17 Diagram keseluruhan Efektivitas Pakan



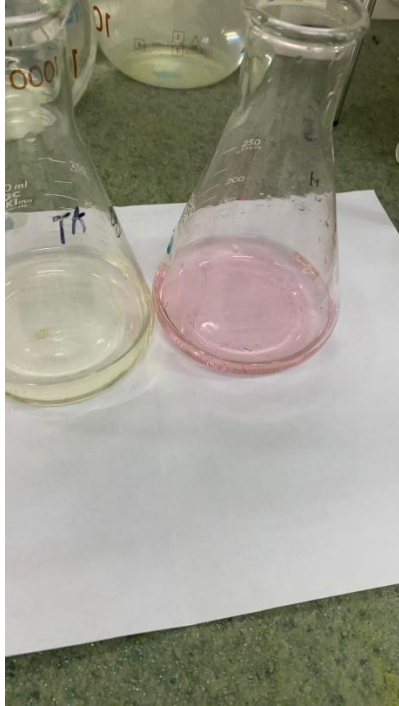
Lampiran 18 Diagram WRI

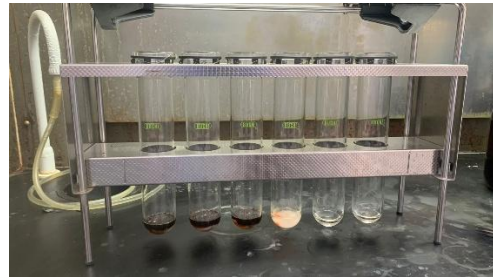


Lampiran 19 Foto Dokumentasi Penelitian















RIWAYAT HIDUP



Foto profil
terbaru
dicantumkan
di sini.

Andre daiva nugroho lahir pada tanggal 5 febuari tahun 2003 di klaten. Peneliti telah menempuh pendidikan di SD N 2 Blimbing pada tahun 2015, pada tahun 2016 melanjutkan pendidikan di SMP N 3 Klaten, dan melanjutkan pendidikan pada SMA N 1 Karangnongko dengan mengambil jurusan MIPA. Hingga tahun 2021 melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Islam Indonesia di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di jurusan Teknik Lingkungan. Peneliti aktif di kegiatan non akademik di Lembaga Eksekutif Mahasiswa Fakultas. Serta keikutsertaan pada salah satu band bergenre punk hardcore yang berada di yogyakarta. Dengan ke ikutsertaan terhadap grup band tersebut sudah melahirkan single yang akan di publis pada bulan oktober dan akan melanjutkan beberapa materi untuk diterbitkan dalam bentuk mini album atau EP.