TA/TL/2025/2084

JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Efektivitas Degradasi Sampah dan Kandungan Nutrisi Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Ahmad Sajid Al-Farrasi
21513014

Dosen Pembimbing:
Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2025

DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Analysis of the Effectiveness of Waste Degradation and Nutritional Content of Superworms (*Zophobas morio*)

Ahmad Sajid Al-Farrasi
21513014

Supervisor:
Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program
Faculty of Civil Engineering and Planning
Universitas Islam Indonesia
2025

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Analisis Efektivitas Degradasi Sampah dan Kandungan Nutrisi Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

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.

Ahmad Sajid Al-Farrasi

21513014

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 14 November 2025 dan disetujui oleh:

20/11 2025

Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing)

Dr.Ir. Kasam, M.T., I.P.U. (Penguji 1)

Supriyanto, S.T ., M.Sc., M.Eng., Ph.D. (CAND.) (Penguji 2)

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana

20/11-25

Any Juliani, S.T., M.Sc.(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,14 November 2025

Yang membuat pernyataan,

Ahmad Sajid Al-Farrasi

21513014

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul "Analisis Efektivitas Degradasi Sampah dan Kandungan Nutrisi Ulat Jerman (*Zophobas morio*) " dengan baik.

Begitu banyak bimbingan, petunjuk, dorongan dan bantuan baik secara moral maupun material. Serta doa restu dari semua pihak yang telah penulis dapatkan selama dalam penyelesaian Tugas Akhir. Maka dengan segala kerendahan hati, perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Kedua orang tua dan keluarga yang tiada henti memberikan dukungan dan doa yang membuat penulis bisa sampai dititik ini;
3. Bapak Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan saran, bimbingan dan juga penilaian kepada penulis mulai dari penyusunan proposal hingga penyelesaian tugas akhir ini;
4. Dosen dan staff teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat terhadap penulis hingga penulis dapat sampai dititik terakhir dimasa perkuliahan;
5. Teman-teman teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia angkatan 2021 yang telah memberikan semangat dalam membantu penulis selama proses perkuliahan.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang pengelolaan sampah menggunakan ulat Jerman. Penulis menyadari bahwa

skripsi ini masih memiliki keterbatasan, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata, penulis meminta maaf sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang dirugikan oleh penulis akibat ucapan maupun perbuatan penulis yang kurang berkenan secara langsung maupun tidak langsung

Sleman,14 November 2025

Ahmad Sajid Al-Farrasi

Analisis Efektivitas Degradasi Sampah dan Kandungan Nutrisi Ulat Jerman (*Zophobas morio*)

Mahasiswa	: Ahmad Sajid Al-Farrasi
NIM	: 21513014
Program Studi	: Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing	: Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. .

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas ulat Jerman (*Zophobas morio)* dalam mendegradasi berbagai jenis sampah serta menilai kandungan nutrisi hasil biokonversinya. Penelitian dilakukan dengan tiga jenis media pakan, yaitu dedak, sampah organik (nanas, pepaya, buah naga, dan tebu), serta styrofoam. Parameter yang diuji meliputi efektivitas pengurangan sampah, kandungan protein pada ulat, serta kandungan nitrogen (N), karbon organik (C-organik), dan rasio C/N pada frass (kotoran ulat). Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor styrofoam memiliki indeks pengurangan sampah tertinggi (2,26%), diikuti dedak (0,20%) dan sampah organik (0,06%). Kandungan protein ulat tertinggi diperoleh dari media dedak sebesar 30,8%, diikuti sampah organik (29,1%) dan styrofoam (26,6%), yang semuanya telah memenuhi standar SNI 8137.1:2015 untuk pakan ayam ras pedaging. Kandungan nitrogen dan C-organik pada frass telah memenuhi SNI 7763:2018, tetapi rasio C/N pada media sampah organik dan styrofoam masih di atas batas standar. Hasil ini menunjukkan bahwa *Zophobas morio* berpotensi sebagai agen biokonversi sampah menjadi produk bernilai tambah seperti pakan dan pupuk organik.

Kata kunci: *Zophobas morio*, biodegradasi, sampah organik, styrofoam, frass, protein, pupuk organik

Analysis Of The Effectiveness and Nutritional Content Of German Worms (*Zophobas morio*) From Waste

Student	: Ahmad Sajid Al-Farrasi
Student Number	: 21513014
Study Program	: Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor	: Ir. Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

This research aims to analyze the effectiveness of the superworm (*Zophobas morio*) in degrading various types of waste and to evaluate the nutritional content produced through bioconversion. The study used three feeding media: bran, organic waste (pineapple, papaya, dragon fruit, and sugarcane), and styrofoam. The parameters examined included waste reduction efficiency, protein content in the larvae, and nitrogen (N), organic carbon (C-organic), and C/N ratio in the frass. Results showed that the styrofoam reactor had the highest waste reduction index (2.26%), followed by bran (0.20%) and organic waste (0.06%). The highest protein content in the larvae was obtained from the bran medium (30.8%), followed by organic waste (29.1%) and styrofoam (26.6%), of three reactors have been fulfilled SNI 8137.1:2015 standard for poultry feed. Nitrogen and organic carbon contents in the frass met the SNI 7763:2018 standard, while the C/N ratios in organic waste and styrofoam media exceeded the limit. These findings indicate that *Zophobas morio* has potential as a biological waste converter to produce value-added products such as animal feed and organic fertilizer.

Keywords: Zophobas morio, biodegradation, organic waste, styrofoam, frass, protein, organic fertilizer

DAFTAR ISI

PRAKATA i
Abstrak iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN ix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Pengertian Sampah 5
2.2 Sampah Organik (nanas, pepaya, naga dan tebu) 5
2.3 Styrofoam 6
2.4 Ulat Jerman 7
2.5 Kandungan Nutrisi Ulat Jerman 7
2.6 Siklus Hidup Ulat Jerman 8
2.7 Penelitian Terkait Nutrisi Ulat Jerman 9
BAB III METODE PENELITIAN 11
3.1 Diagram Alir Penelitian 11
3.2 Waktu dan Lokasi 12
3.3 Alat dan Bahan 12
3.4 Metode Pengumpulan Data 13
3.4.1 Data Primer 13
3.4.2 Data Sekunder 13

3.5 Tahapan Penelitian 13
3.5.1 Reaktor Ulat Jerman 13
3.5.2 Perlakuan Sampel 13
3.6 Penentuan Reaktor 14
3.7 Metode Analisa Data 15
3.7.1 Pengujian pada Ulat Jerman 15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Pengujian Lingkungan Ulat Jerman 21
4.1.1 Kadar pH 21
4.1.2 Suhu 22
4.2 Pengujian Pada Ulat Jerman 23
4.2.1 Efektivitas Pakan Pada Ulat Jerman 23
4.2.2 Indeks Pengurangan Sampah 27
4.2.3 Kandungan Protein Pada Ulat Jerman 31
4.3 Pengujian Pada Frass 33
4.3.1 Kandungan Nutrisi Pada Frass Ulat Jerman 33
BAB V PENUTUP 39
5.1 Kesimpulan 39
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 41
LAMPIRAN 43
RIWAYAT HIDUP 47

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Penelitian Terdahulu 9
Table 3.1 Alat Pengujian..... 12
Table 3.2 Bahan Pengujian 12
Table 3.3 Perlakuan Sampel Pada Reaktor 14
Table 4.1 Perbandingan Efektivitas Pakan Dedak 24
Table 4.2 Perbandingan Efektivitas Pakan Sampah organik 25
Table 4.3 Perbandingan Efektivitas Pakan Styrofoam 26
Table 4.4 Perbandingan Indeks Pengurangan Sampah (WRI)..... 27
Table 4.5 Interpretasi Indeks Pengurangan Sampah..... 28
Table 4.6 Kategori Rentang Indeks Pengurangan Sampah..... 30
Table 4.7 Perbandingan Protein dengan SNI 8137.1:2015..... 31
Table 4.8 Perbandingan Protein dengan Penelitian Terdahulu 32
Table 4.9 Standar Deviasi Protein 33
Table 4.10 Perbandingan Nutrisi Frass dengan SNI 7763:2018..... 34
Table 4.11 Perbandingan Nitrogen dengan Penelitian Terdahulu 35
Table 4.12 Standar Deviasi Nitrogen..... 35
Table 4.13 Perbandingan c-organik dengan Penelitian Terdahulu 36
Table 4.14 Standar Deviasi C-organik..... 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka Berpikir 3
Gambar 2.1 Siklus Ulat Jerman 8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 11
Gambar 3.2 Sketsa Reaktor..... 15
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengamatan Protein 16
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengamatan Kadar Air..... 17
Gambar 3.5 Diagram Alir Pengamatan C-organik 18
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengamatan Nitrogen… 19
Gambar 4.1Grafik Kadar Ph.....21
Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Suhu…….22
Gambar 4.3Grafik Efektivitas Pakan Dedak……...23
Gambar 4.4 Grafik Efektivitas Pakan Sampah Organik…….24
Gambar 4.5 Grafik Efktivitas Pakan Styrofoam…….25
Gambar 4.6 Grafik Indeks Pengurangan Sampah……...27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan Kandungan Protein Ulat Jerman 43
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Kandungan Nutrisi Frass Ulat Jerman 44
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian 45

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan suatu proses alam yang berbentuk padat. Sampah adalah bahan padat yang dibuang dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran, hotel, rumah makan, industri dan puing bahan bangunan yang tidak berguna. Sampah sebagai sisa suatu usaha atau kegiatan manusia yang berwujud padat, baik berupa zat basah ataupun kering yang dapat terurai atau tidak dan di anggap sudah tidak berguna sehingga terbuagn ke lingkungan (Surjawo *et al.*, 2014)

Permasalahan sampah sebagai akibat rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sampah, khususnya sampah rumah tangga. Setiap hari rumah tangga meproduksi sampah baik sampah organik dan anorganik. Sampah adalah limbah yang bersifat padat yang terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan dan melindungi infestasi pembangunan berdasarkan SKSNI tahun 1990 (Subekti, 2009).

Banyak yang belum mengetahui ulat jerman (*Zophobas morio*) mempunyai potensi sebagai agen biodegradasi sampah, termasuk styrofoam. Ulat jerman (*Zophobas morio*) dapat mengolah limbah organik seperti organik, sayur, dedaunan dan sampah sisa makanan yang dirubah menjadi bahan yang lebih mudah terurai serta menghasilkan pupul organik ramah lingkungan (Haris *et al*., 2024). Studi lain menyebutkan bahwa ulat jerman (*Zophobas morio*) bisa mendegradasi plastic jenis polipropelina dan HDPE lebih efektif daripada ulat hongkong, sehingga ulat jerman (*Zophobas morio*) memiliki potensi sebagai agen pengurai limbah sampah plastic dan sampah organik (Putra & Ma'rufah, 2022).

Ulat jerman (*Zophobas morio*) mampu mencerna beragam jenis sampah kemudia diubah menjadi kandungan nutrisi seperti protein. Ulat jerman memiliki kandungan protein sekitar 19,06% yang merupakan sumber protein tinggi untuk hewan peliharaan (Nuraini,2009). Kandungan protein sangat *penting untuk*

pembentukan otot dan Kesehatan ayam sehingga ulat jerman (Zophobas morio) cocok sebagai alternatif pakan bergizi (Rohman, 2022).

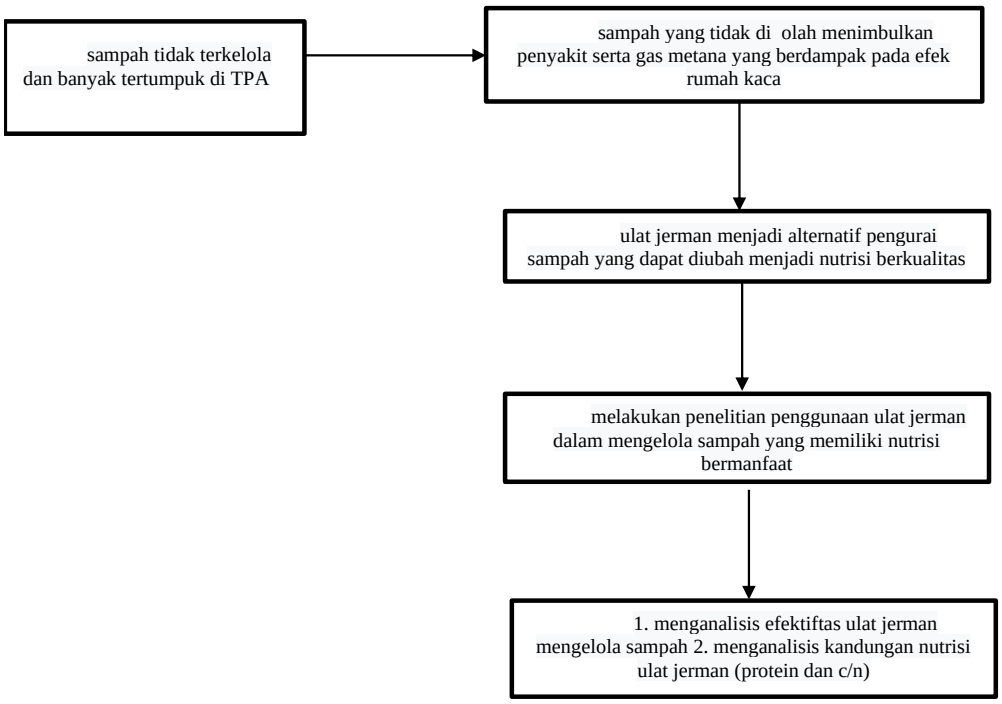
Ulat jerman (*Zophobas morio*) yang sudah mendegradasi sampah akan menghasilkan frass yang merupakan hasil dari proses pencernaan ulat jerman (*Zophobas morio*) dari bahan hasil pakan seperti dedak, frass mengandung unsur hara penting untuk kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman (Rohman, 2022). Kandungan c organik dalam frass ulat jerman cukup tinggi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah (Rohmanna *et al*., 2023).

Ulat jerman (*Zophobas morio*) mempunyai kemampuan biokonversi yang tinggi dalam mendegradasi jenis limbah. Menurut Gali dan Rajamani (2025) ulat jerman mampu mengurai limbah dapur seperti wortel, kubis, manga dan pisang menjadi biomassa dengan efesiensi konversi signifikan. Selain limbah organik ulat jerman memiliki kemampuan mendegradasi bahan non-organik seperti polistirena. Menurut Choi, Lee *et al*., (2020) menunjukan bahwa ulat jerman mampu menurunkan massa polistirena sebesar 6,5%.

Ulat jerman merupakan salah satu serangga yang sering dipakai untuk keperluan pakan alternatif berportein tinggi. Menurut Oonincx *et al*., (2015) ulat jerman memiliki kandungan metabolisme tinggi yang menjadi sumber nutrisi potensial untuk ternak dan ikan. Kandungan asam amino seperti lisin, metionin dan treonin juga cukup tinggi untuk dijadikan pakan ideal sebagai bahan berkelanjutan (Rumbos *et al*. 2020).

Ulat jerman setelah mendegradasi limbah akan menghasilkan sisa metabolism berupa campuran kotoran yang biasa disebut frass. Frass mempunyai kandungan nutrisi seperti makro nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang menjadikannya berpotensi sebagai pupuk alami. Selain unsur makro, frass juga memiliki unsur mikro seperti magnesium (Mg), kalsium (Ca) dan seng (Zn) (Brotolini *et al*., 2021).

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis mencoba melakukan penelitian pengolahan sampah menggunakan ulat jerman (*Zophobas morio*). Sampah yang di jadikan media pertumbuhan ulat jerman yaitu sampah organik dan styrofoam. Parameter yang dianalisis pada ulat jerman yaitu indeks pengurangan sampah dan kandungan c-organik, nitrogen, rasio C/N dan protein dalam ulat jerman.



Gambar1. 1 Kerangka Berpikir

1.2 Perumusan Masalah

Dalam hal ini, permasalahan yang akan dianalisis melalui pembahasan yaitu :

1. Bagaimana efektivitas ulat jerman dalam mengelola sampah
2. Bagaimana kandungan nutrisi (protein) ulat jerman yang dibudidayakan menggunakan sampah?
3. Bagaimana kandungan kotoran ulat jerman yang dibudidayakan menjadi pupuk?

1.3 Tujuan Penelitian

Terdapat tujuan dari penelitian, antara lain :

1. Menganalisis efektivitas ulat jerman dalam mengelola sampah
2. Menganalisis kandungan nutrisi (protein) ulat jerman dengan media budidaya menggunakan sampah
3. Menganalisis kandungan kotoran ulat jerman menjadi pupuk

1.4 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat, antara lain :

1. Mampu memberikan manfaat dengan menambahkan referensi metode yang efektif dalam mengolah sampah organik.
2. Memberikan manfaat dalam pengembangan penelitian ulat jerman dalam pengelolaan sampah sebagai pakan ayam

1.5 Ruang Lingkup

Batasan Pada Penelitian ini, antara lain :

1. Objek penelitian ini menggunakan ulat jerman sebagai pengurai sampah.
2. Sampah yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sampah Organik (nanas,pepaya,naga dan tebu), styrofoam dan menggunakan dedak alami sebagai makanan utama ulat jerman.
3. Ulat jerman berasal dari peternak ulat jerman. Ulat jerman yang digunakan yaitu 50 gram untuk 1 kg sampah pada setiap reaktor. Pengamatan percobaan ini dilakukan selama 21 hari.
4. Parameter yang diuji :
    a. Analisis kandungan nutrisi protein pada ulat jerman.
    b. Analisis kandungan C/N organik sebagai pupuk.
    c. Indeks pengurangan sampah.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah

Sampah merupakan material sisa yang tidak dibutuhkan setelah selesai suatu proses. Sampah dapat didefinisikan menurut derajat keterpakaiannya, dalam proses-proses alam sebenarnya tidak ada konsep sampah tetapi produk-produk yang dihasilkan setelah proses alam berlangsung. Menurut (azwar, 1990) sampah merupakan segala materi yang sudah dianggap tidak digunakan dan tidak berfungsi dan layak dibuang, namun bisa bernilai jika diolah. Sampah adalah benda padat yang berasal dari aktivitas manusia yang sudah tidak digunakan dan harus dikelola agar tidak menimbulkan dampak negatif (Dobiki,2018)

Sampah bukan hanya sekedar masalah teknis karena tidak diolah akan tetapi juga masalah sosial dan ekonomi, karena tingginya timbulan sampah akan berhubungan dengan pola konsumsi masyarakat dan tingkat kesadaran masyarakat (Arbi,2019). Menurut (Subekti, 2009) sampah sebagai limbah padat yang didapat dari zat organik maupun anorganik dan sudah tidak dianggap berguna sehingga perlu di kelola agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan maupun lingkungan.

2.2 Sampah Organik (nanas, pepaya, naga dan tebu)

Sampah merupakan bagian dari sampah organik basah yang berasal dari sisa konsumsi maupun pengolahan buah-buahan, yang mudah busuk dan membuat bau yang tidak sedap. (Subekti,2009). Menurut (Arbi, 2019) sampah organik termasuk dalam kategori limbah organik rumah tangga dan pasar dan masih mempunyai kadar kandungan air yang tinggi dan mudah terurai secara biologis. Sampah organik sendiri merupakan limbah organik segar yang bisa dimanfaatkan sebagai media pakan serangga atau hewan ternak karena masih mengandung nutrisi (Santoso dkk, 2017). Sampah organik memiliki kandungan yang kaya akan unsur karbon dan nitrogen, sehingga bisa diolah menjadi kompos dan meningkatkan kesuburan tanah.

Sampah organik dapat dimanfaatkan melalui biokonversi menggunakan serangga decomposer dan menghasilkan frass berpotensi dijadikan pupuk.

Pengolahan sampah organik menjadi kompos mampu meningkatkan kandungan C-organik,N-total serta memperbaiki rasio C/N tanah (Yuniarti dkk, 2019). Pemanfaatan sampah organik sebagai media biakan serangga decomposer berpengaruh terhadap produksi biomassa larva dan kandungan proteinnya, sehingga bagus untuk dijadikan pakan alternatif (Heny *et al*, 2023). Menurut (Santoso dkk, 2017) menjelaskan bahwa sampah organik dapat digunakan sebagai media pakan serangga yang akan meningkatkan produksi larva dengan nilai gizi tinggi.

2.3 Styrofoam

Styrofoam adalah salah satu bentuk plastik berbahan dasar dari polisterina yang digunakan secara luas sebagai kemasan dan sangat sulit terurai di lingkungan sehingga menjadi permasalahan pencemaran (Haris *et al*, 2024). Menurut (Rohmanna *et al,* 2023) styrofoam termasuk jenis plastic non-biodegredable yang merupakan material sinttis yang memerlukan waktu yang sangat lama untuk terurai secara alami. Styrofoam sendiri merupakan limbah padat anorganik yang bersal dari penggunaan wadah makanan sekali pakai yang menumpuk seiring tingginya konsumsi masyarakat. Walaupun Styrofoam ringan dan praktis sifatnya yang tahan lama di alam menjadikannya sulit ditangani dengan cara konvesional. (Haris *et al*, 2024).

Styrofoam dapat dimanfaatkan kembail melalui proses biokonversi menggunakan serangga yang dapat mendegradasi material sampah Styrofoam. Pemanfaatan Styrofoam melalui dekomposisi biologis tidak hanya mengurangi timbulan sampah tetapi menghasilkan produk samping yang baik untuk lingkungan (Rohmanna *et al,* 2023). Menurut (Jalil *et al*, 2023) Styrofoam dapat dimanfaatkan sebagai bahan uji dalam penelitian biodegradasi oleh serangga sehingga berkontribusi pada pengembangan teknologi pengelolaan sampah secara biologis. Styrofoam dapat diolah oleh serangga yang mempunyai potensi dalam pemanfaatan limbah non-biodegradable sebagai media pakan alternatif dalam skala penelitian maupun aplikasi gratis (Finke,2002).

2.4 Ulat Jerman

Ulat jerman (*Zophobas morio*) sebenarnya berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan bukan dari Eropa atau Jerman. Mereka adalah tahap larva dari kumbang gelap (*Tenebrio molitor*) dan jenis ini telah menjadi umum sebagai pakan hidup untuk berbagai jenis hewan peliharaan. Ulat jerman merupakan larva kumbang yang terkenal digunakan sebagai pakan reptil, burung, unggas, dan ternak lainnya. Ukuran tubuh bisa mencapai 5-6 cm (Santoso *et al*., 2017). Ulat jerman harus diperlakukan dengan media nutrisi yang tepat untuk pakan utama sekaligus tempat hidup dan berkembang biak, biasanya berupa dedak, pollard, onggok, serta sampah buah dan sayur-sayuran, perawatan meliputi pengaturan suhu dan kelembaban agar larva dapat tumbuh secara optimal serti pemisahan antara larva, pupa dan kumbang dewawa untuk menghasilkan populasi yang maksimal. Ulat jerman memiliki potensi sebagai biokonversi untuk mengolah sampah menjadi pupuk yang ramah lingkungan dan ulat jerman memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai untuk bertahan hidup dan berkembang biak secara optimal (Khusniati *et al*, 2023).

2.5 Kandungan Nutrisi Ulat Jerman

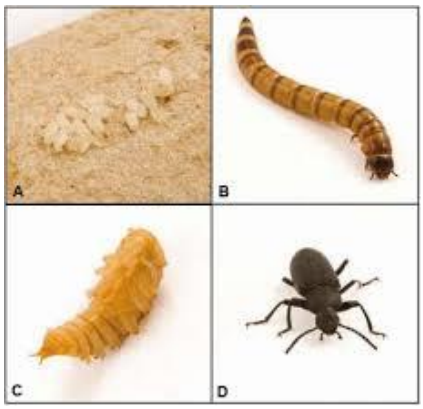
Ulat jerman merupakan serangga yang mengandung kandungan nutrisi seperti protein. Bahkan ulat jerman memiliki sistem kekebalan tubuh yang tinggi, sehingga membantu dalam menangkal berbagai penyakit virus, bakteri, dan jamur. Ulat jerman sering digunakan sebagai pakan burung kicau, reptil, dan ikan karena nilai gizinya yang tinggi terutama protein (46%) dan lemak (42%) (Finke, 2002). Selain itu ulat jerman mengandung mineral penting seperti fosfor, magnesium, kalium, sodium, dan klorida yang mendukung Kesehatan dan pertumbuhan (GDM, 2024). Kandungan nutrisi ulat jerman tidak hanya tinggi protein dan lemak tetapi mengandung serat kasar, kalsium daan dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan minyak goreng alternatif dan pangan alternatif karena nilai gizi dan kandungan minyaknya potensial (Utomo, 2024).

Menurut (Abdul Jalin, 2023) Ulat jerman yang dibudidaya dengan media ampas tahu menunjukan kandungan protein kasar sebesar 47,12 dan retensi nitrogen mencapai 63,27%, dalam hal ini menandakan bahwa tingginya kandungan nitrogen ulat jerman yangberkontribusi pada nilai proteinnya. Rasio

karbon organik C/N dalam ulat jerman di pengaruhi oleh media pakan dan kondisi budidaya yang dimana perimbangan rasio C/N dalam ulat jerman yang tepat dapat mendukung efisiensi metabolism dan pertumbuhan ulat. Kandungan nitrogen yang optimal memberikan nutria yang baik pada ulat jerman (Rohman *et al*, 2022)

2.6 Siklus Hidup Ulat Jerman

Fase hidup ulat jerman terdiri dari 4 fase yaitu telur, larva, pupa, dewasa. Telur Betina mampu bertelur hingga 2.200 selama masa hidupnya. Jumlah telur tersebut berbanding terbalik dengan usia induk betina (Tshinkel, 1969). Semakin tua usia indukan maka telur yang dihasilkan semakin sedikit. Telur yang dihasilkan berwarna putih dan berbentuk lonjong dengan lebar telur 0,7 mm dan panjang 1,7 mm (Fursov & Cherney, 2018). Larva Z. morio panjangnya mencapai 55 mm (Friederich & Volland, 2004). Larva berwarna kuning dengan bagian kepala dan ekor berwarna coklat tua (Fusov & Cherney, 2018). Larva umumnya dapat hidup selama 5 bulan atau lebih. Kepadatan larva dalam suatu wadah menjadi faktor yang mempengaruhi jumlah dan durasi instar larva. Umumnya, larva yang dipelihara secara terisolasi berubah menjadi pupa setelah 11-18 instar (Quennedey *et al*., 1995).Pupa dapat memutar segmen perutnya saat distimulasi dengan sentuhan sebagai mekanisme pertahanan kepompong (Ichikawa *et al*., 2012), Proses menjadi pupa umumnya berlangsung selama 13-15 hari dengan suhu idealnya yaitu 25ºC. Durasi menjadi pupa dipengaruhi oleh berat pupa dan temperatur (Quennedey dkk., 1995). Dewasa saat menjadi kumbang dewasa, kumbang ulat jerman memiliki antena, sayap, kaki, dan sistem reproduksi. Kumbang mengkonsumsi makanan yang sama saat fase larva. Kumbang ulat jerman menyukai tempat yang lembab, sejuk, dan gelap.



Gambar 2. 1 Siklus Ulat Jerman

2.7 Penelitian Terkait Nutrisi Ulat Jerman

Table 2. 1 Penelitian Terdahulu

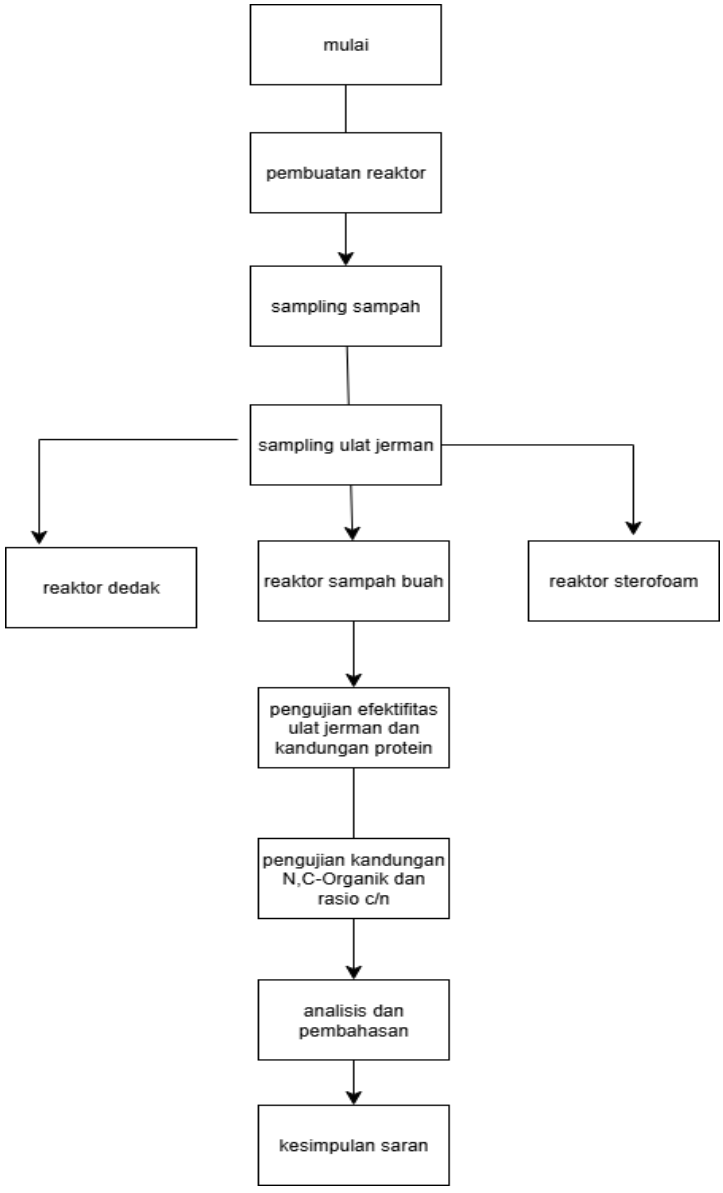
No	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil	Keterkaitan dengan Tugas Akhir
1.	Efektivitas Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dalam Mendegradasi Sampah Organik Rumah Tangga	Sari *et al.*, 2022	Menganalisis laju dekomposisi sampah organik oleh ulat jerman	Ulat jerman mampu mendegradasi 500 gram sampah dalam 7 hari dengan efisiensi degradasi mencapai 68	Menganalisis terkait degradasi sampah menggunakan ulat jerman
2.	Rasio C/N Ulat Jerman dan Frass-nya Sebagai Indikator Kualitas Pupuk Organik	Wicaksono *et al*., 2021	Menganalisis kandungan karbon, nitrogen, dan rasio C/N pada tubuh ulat jerman dan frass	Rasio C/N tubuh ulat jerman sebesar 8.5, sementara frass menunjukkan rasio 17.2, yang sesuai dengan standar pupuk organik matang	Menganalisis kandungan nutrisi yang ada di ulat jerman serta kandungan nutrisi pada frass ulat jerman
3.	Pengaruh Variasi Jenis Sampah Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Nutrisi Ulat Jerman	Nuraini dan Yusuf, 2023	Menganalisis pengaruh jenis sampah terhadap biomassa dan nutrisi ulat jerman	Pertumbuhan terbaik terjadi pada media ampas tahu dengan biomassa rata-rata 1.87 gram/ekor dan kandungan protein 52.3%	Menganalisis efektivitas ulat jerman mengetahui pertumbuhan ulat jerman
4.	Potensi Ulat Jerman sebagai Agen Biokonversi dan Produk Bernilai	Hadi *et al*., 2024	Mengkaji efektivitas ulat jerman dalam biokonversi sampah dan	Ulat jerman menghasilkan frass dengan kandungan NPK total 3.5%, cocok	Menganalisis kandungan frass ulat jerman seperti nitrogen yang cocok di

	Tambah		hasil turunannya	untuk dijadikan pupuk organik granul	jadikan pupuk
5.	Superworm (Zophobas morio) degradation of UV-pretreated expanded polystyrene (EPS)	Yang *et al*., 2023	Mengevaluasi kemampuan ulat jerman mendegradasi styrofoam (EPS) dan menganalisis frass yang dihasilkan	Ulat jerman mampu mengurangi massa EPS secara signifikan dalam 28 hari; frass mengandung nitrogen dan fosfor yang berpotensi sebagai pupuk organik	Menganalisis efektivitas ulat jerman dalam mendegradasi sampah dan kandungan yang ada pada frass ulat jerman
6.	Effect of stocking density on performance, survival and nutrient composition of superworm *Zophobas morio*	Harsányi *et al*., 2024	Menilai pengaruh kepadatan larva terhadap pertumbuhan, survival, dan kandungan nutrisi	Kandungan protein tertinggi diperoleh pada kepadatan rendah (sekitar 46–47% protein dan 42% lemak, basis kering)	Mengetahui kandungan protein pada ulat jerman
7.	Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *Zophobas morio, Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements	Oonincx *et al.*, 2020	Menguji berbagai limbah organik sebagai pakan larva dan dampaknya pada nutrisi serta frass	Diet limbah organik miskin nutrisi menurunkan kadar protein larva dan meningkatkan lemak; rasio C/N frass berbeda menurut jenis substrat	Mengetahui kadar protein yang ada pada ulat jerman dan rasio C/N pada frass ulat jerman menurut jenis substrat

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk mengetahui cara atau langkah-langkah dalam penelitian, penelitian ini dilakukan mengikuti langkah-langkah diagram alir dibawah:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan di *workshop* di Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Waktu penelitian dilaksanakan selama 1 bulan untuk mengamati proses dan mengumpulkan data sehingga hasil yang didapat maksimal.

3.3 Alat dan Bahan

Alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian sesuai dengan tabel di bawah ini:

- Alat

Table 3. 1 Alat Pengujian

Alat	Satuan	Buah
Reaktor	Buah	3
Thermometer	Buah	1
Timbangan Digital	Buah	1
Alat Destilasi	Buah	1
Erlenmeyer	Buah	1
Pipet 5 ml	Buah	1
Labu Kjedahl	Buah	1
Alat Destruksi	Buah	1
Plastik ziplock	Buah	1
Spektofotometri	Buah	1
Desikator	Buah	1
Oven	Buah	1

- Bahan

Table 3. 2 Bahan Pengujian

Bahan	Satuan	Jumlah
Ulat Jerman	g	150
Dedak	Kg	5
Sampah Buah	Kg	5
styrofoam	Kg	5
K_2SO_4	g	7.5
Hg0	g	0.2
H_2SO_4	ml	15
Aquadest	ml	60
NaOH	ml	20
Asam Sulfat	ml	0.75

3.4 Metode Pengumpulan Data

3.4.1 Data Primer

Teknik yang diterapkan dalam pengumpulan data utama dalam penelitian ini yaitu diperoleh dari hasil pengujian data yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian data selanjutnya diolah dan dianalisa. Data primer pada penelitian ini seperti indeks pengurangan sampah dan kandungan nutrisi (protein) pada ulat jerman serta kandungan nutrisi (Nitrogen, C-organik dan Rasio C/N) pada frass ulat jerman.

3.4.2 Data Sekunder

Data Sekunder dari penelitian ini diperoleh dari jurnal ilmiah, SNI 8173.3:2015 terkait Standar pakan ayam ras pedaging (*Broiler*) dan SNI 7763:2018 terkait syarat pupuk organik padatan.

3.5 Tahapan Penelitian

3.5.1 Reaktor Ulat Jerman

Reaktor ulat jerman dalam penelitian ini ditaruh pada box. Pada penelitian ini, reaktor budidaya ulat jerman terdapat 3 reaktor budidaya ulat jerman yang berbeda-beda. Reaktor satu yaitu reaktor dedak, reaktor dua yaitu sampah organik, dan reaktor tiga yaitu styrofoam.

3.5.2 Perlakuan Sampel

Ulat jerman dari ketiga reaktor diberi pakan sampah pada pengujian. Sampah yang digunakan dalam pengujian ini yaitu sampah organik yang diambil pada toko buah sekitar Universitas Islam Indonesia dan sampah styrofoam diambil di sekitar lingkungan Universitas Islam Indonesia. Selain itu dedak sebagai pakan alami digunakan sebagai sumber pakan ulat jerman dibeli pada toko pakan burung di sekitar lokasi pengujian. Dedak dijadikan sampel kontrol bertujuan untuk menjadi perbandingan antara sampel limbah organik dan limbah styrofoam.

Table 3. 3 Perlakuan Sampel Pada Reaktor

No	Instalasi	Deskripsi Perlakuan Ulangan
1	Reaktor Dedak	Dedak yang ditambahkan setiap 3 hari sekali dengan penambahan 1 Kg
2	Reaktor Sampah Organik	Sampah organik (nanas, pepaya, naga, dan tebu) yang ditambahkan setiap 3 hari sekali dengan penambahan 1 Kg
3	Reaktor Styrofoam	Sampah styrofoam yang ditambahkan setiap 3 hari sekali dengan penambahan 1 Kg

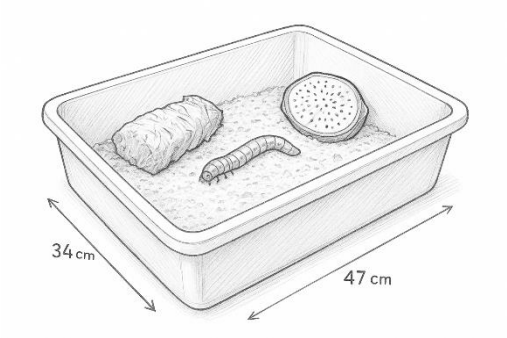
Parameter yang diamati pada sampe ulat jerman yaitu kandungan nutrisi (protein) pada ulat jerman serta kandungan C/N organik dan hasil indeks pengurangan sampah yang didegradasi. Pengujian ini dilakukan selama 30 hari. Pemanfaatan ulat jerman sebagai alternatif dalam megelola sampah merupakan salah satu upaya inovatif dan memiliki banyak manfaat.

3.6 Penentuan Reaktor

Pada penelitian ini menggunakan reaktor berupa box yang berukuran kurang lebih sekitar (47x34x15) cm yang nanti akan ditutupi oleh kain berjaring yang bertujuan untuk melindungi ulat jerman dari gangguan luar seperti serangga dan faktor lain yang mempengaruhi. Reaktor dalam melakukan penelitian berupa wadah box yang terbuat dari plastik. Spesifikasi ukuran reaktor tersebut adalah sebagai berikut:

- Panjang: 47 cm
- Lebar: 34 cm
- Tinggi: 15 cm

Reaktor	Keterangan
1	Dedak
2	Sampah organik
3	Styrofoam



Gambar 3. 2 Sketsa Reaktor

3.7 Metode Analisa Data

3.7.1 Pengujian pada Ulat Jerman

1. Pengujian indeks pengurangan sampah pada ulat jerman

Pengujian pada ulat jerman menghitung pada berat sampah yang diberikan dan sampah yang telah terdegradasi dengan kurun waktu tertentu. Pengujian efisiensi dilakukan di *workshop* yang berlokasi di Universitas Islam Indonesia. Pengujian efisiensi pada rayap dilakukan pada setiap 3 hari 1 kali. Pengujian indeks pengurangan sampah pada ulat jerman menggunakan timbangan digital untuk melihat perbedaan awal sampah yang diberi dan yang sudah didegradasi oleh ulat jerman. Metode penyamplingan ulat jerman dilakukan dengan menentukan beberapa area yang mencakup berbagai titik, yang bertujuan untuk memperoleh sampel yang mewakili seluruh populasi ulat jerman secara akurat. Jumlah yang diambil untuk penyamplingan 10 ekor tiap-tiap media dengan mengukur ulat jerman setiap pengujiannya. Prosedur pengujian efektivitas ulat jerman dilakukan sebagai berikut :

$$WRI = \frac{d}{t} X\ 100 .....(1)$$

$$D = \frac{W-R}{W} .....(2)$$

Keterangan :

W : Jumlah umpan total (mg)

T : Total waktu larva memakan umpan (hari)

R : Sisa umpan total setelah waktu tertentu (mg)

D : Penurunan umpan total

WRI : Indeks pengurangan limbah (*Waste reduction index*)

2. Pengujian Kandungan Protein pada Ulat Jerman

Metode untuk menentukan kandungan nutrisi protein dalam sampel ulat jerman adalah dengan menggunakan metode kjedahl. Pengujian kandungan protein dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Prosedur analisis kadar protein dilakukan sebagai berikut

Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengamatan Protein

Adapun rumus menghitung kadar protein menurut *Association Of Official Agricurtural Chemist*, (2005) adalah sebagai berikut:

$$\%N=\frac{(mLNaOH)\times(NNaOH)\times(14.800)}{mg\ sampel}\times 100\%$$

% Protein = % Factory konversi (6.25)

Keterangan:

mLNaOH = Volume Titrasi Sampel – Volume Titrasi Blanko

NNaOH = Normalitas larutan NaOH

14.800 = Faktor Konversi

3. Pengujian Kadar air

Pengujian kadar air pada ulat jerman sebagai berikut:

Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengamatan Kadar Air

$$\frac{a-b}{a} \times 100$$

Rumus perhitungan kadar air (%) :

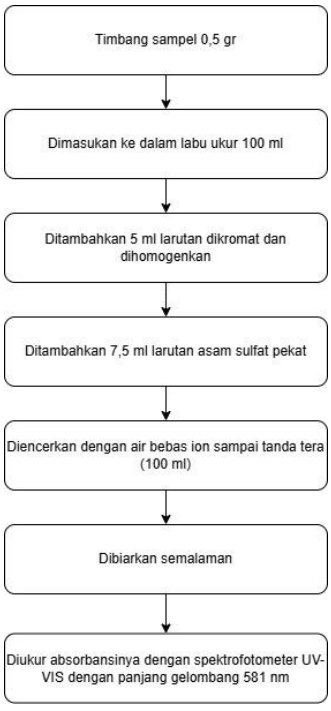
Keterangan :

a = berat sampel sebelum dipanaskan

b = berat sampel setelah dipanaskan

4. Pengujian C Organik

Karbon organik adalah komponen penting dari materi organik dalam tanah. Karbon organik memberikan nutrisi bagi mikroorganisme tanah dan menyediakan energi serta bahan bangunan untuk pertumbuhan tanaman. Kehadirannya juga penting dalam menjaga kesuburan tanah dan keseimbangan biologi tanah. Pengujian C-Organik dengan menggunakan metode *walkley & black*. Berikut adalah proses pengujian C-Organik:



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengamatan C-organik

Setelah pengujian sampel dengan Spektrofotometri UV-VIS, kadar C-Organik dihitung dengan rumus sebagai berikut :

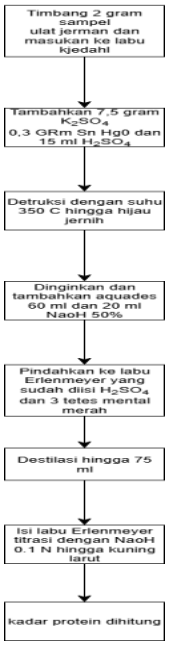
$$C - Organik = ppm\ kurva\ x\ \frac{100}{mg\ contoh}\ x\ \frac{100\ ml}{1000\ ml}\ x\ fk$$

Keterangan:

- Ppm kurva = Kadar contoh yang di dapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacanya setelah dikurangi blanko
- Fk = Faktor koreksi kadar air = 100/(100-% kadar air)
- 100 = Faktor konversi ke %

5. Pengujian N organik

Metode untuk menentukan kandungan nitrogen dalam sampel frass adalah dengan menggunakan prinsip kjedahl. Pengujian nitrogen pada frass ulat jerman dilakukan ketika frass sudah panen yaitu pada hari ke-21. Berikut adalah prosedur pengujian kandungan nitrogen pada frass ulat jerman:



Gambar 3. 11 Diagram Alir Pengamatan Nitrogen

Adapun rumus menghitung kadar N yaitu:

Kadar N (%) = (A ml – A1 ml) x 0,05 x 14 x 100 / mg contoh x fk

Keterangan:

A ml = ml titran untuk contoh (N-org + N-NH4)

A1 ml = ml titran untuk blanko (N-org + N-NH4)

14 = bobot setara N

fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 – % kadar air)

6. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan perbandingan masa karbon terhadap masa nitrogen dalam kasgot. Hubungan konsentrasi karbon (C) dan nitrogen (N) yang ada pada kompos dinyatakan dalam terminologi rasio Karbon Nitrogen (C/N). Rasio C/N dari substrat sangat penting karena rasio yang sebanding antara makronutrien dan mikronutrien dibutuhkan tumbuhan untuk memastikan proses pertumbuhan yang stabil. Berikut adalah rumus menghitung rasio C/N yaitu:

$$\text{Rasio C/N} = \frac{\text{Kandungan c-organik}}{\text{Kandungan Nitrogen}}$$

7. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan pengukuran seberapa besar variasi atau penyebaran data dari nilai rata-ratanya., Adapun rumus untuk standar deviasi adalah :

$$s = \sqrt{(\Sigma (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1))}$$

Keterangan :

s :Standar deviasi sampel

x_i : Nilai data ke-i

$\bar{x}$: Rata-rata (mean) dari seluruh data

n : Jumlah data (banyaknya sampel)

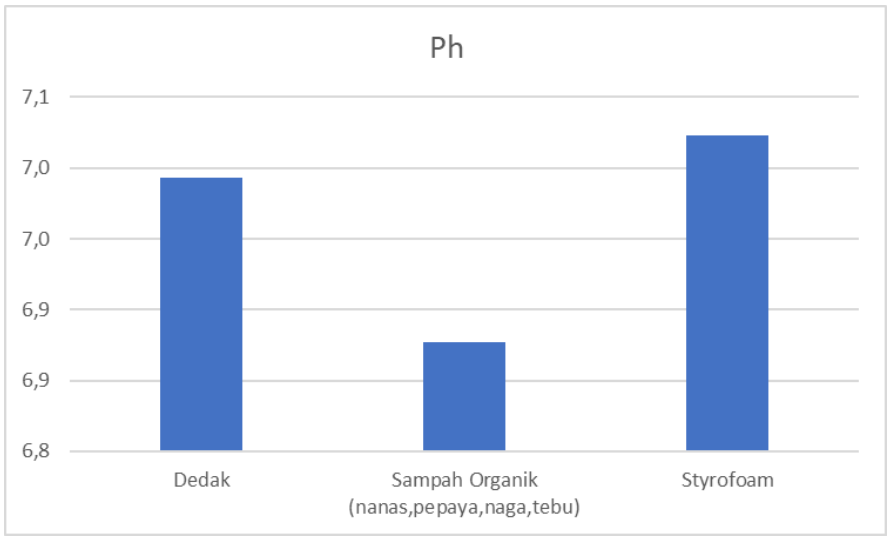
Σ : Simbol penjumlahan untuk semua data

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Lingkungan Ulat Jerman

4.1.1 Kadar pH

Berdasarkan hasil pengujian pH yang dilakukan di workshop Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Mendapatkan hasil sebagai berikut:

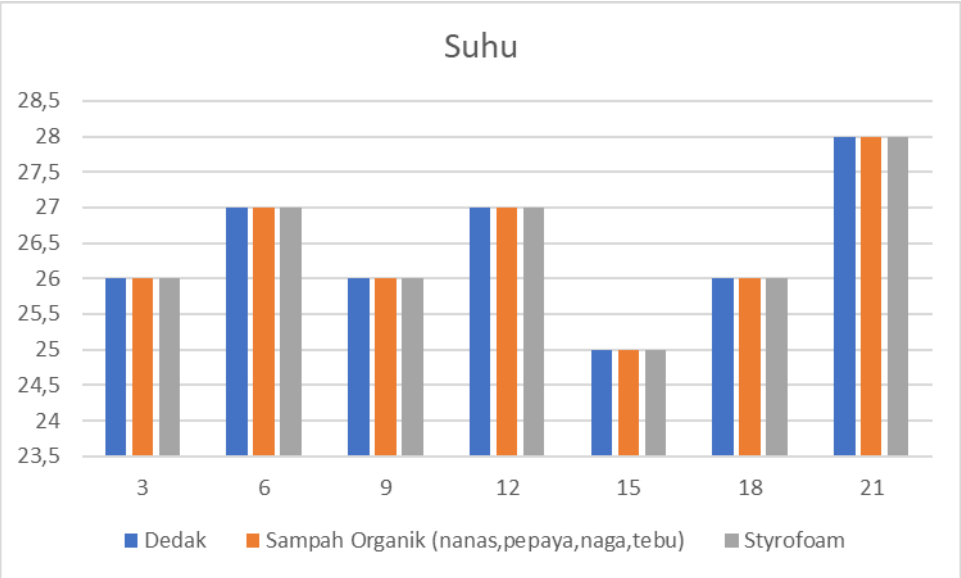


Gambar 4.1 Grafik Kadar pH

Dari hasil yang didapatkan dari pengujian pH dari ketiga reaktor yaitu reaktor dedak, reaktor sampah organik dan reaktor styrofoam didapatkan hasil untuk kandungan pH pada reaktor dedak sebesar 6,9, untuk hasil dari reaktor sampah organik 6,8 dan untuk hasil dari reaktor styrofoam adalah 7. Berdasarkan hasil yang didapat hasil pengujian pH pada reaktor dedak, sampah organik dan styrofoam kisaran 6,8 hingga 7.

4.1.2 Suhu

Berdasarkan hasil pengujian suhu yang dilakukan di *workshop* Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Mendapatkan hasil sebagai berikut:



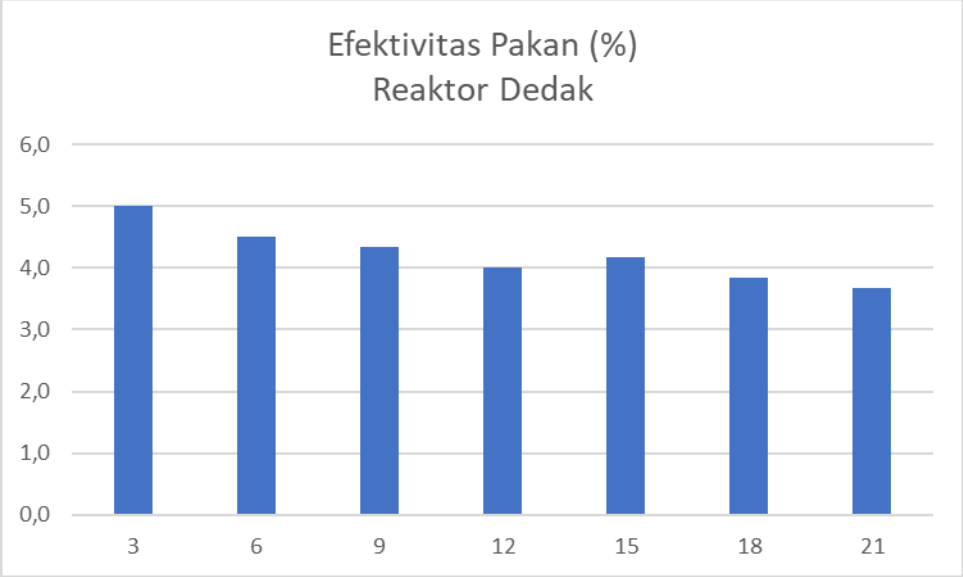
Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Suhu

Dari hasil yang didapatkan dari pengujian suhu dari ketiga reaktor yaitu reaktor dedak, reaktor sampah organik dan reaktor styrofoam didapatkan hasil untuk kandungan suhu pada reaktor dedak pada hari ke-3,9,12,15,18,21 adalah 26,27,26,27,25,26,28, untuk hasil dari reaktor sampah organik pada hari ke-3,9,12,15,18,21 adalah 26,27,26,27,25,26,28 dan untuk reaktor styrofoam pada hari ke-3,9,12,15,18,21 adalah 26,27,26,27,25,26,28. Berdasarkan hasil yang didapat hasil pengujian suhu pada reaktor dedak, sampah organik dan styrofoam berkisar sama.

4.2 Pengujian Pada Ulat Jerman

4.2.1 Efektivitas Pakan Pada Ulat Jerman

Berdasarkan hasil pengujian efektivitas pakan ulat jerman yang dilakukan di *workshop* Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Mendapatkan hasil dari pengujian efektivitas pakan ulat jerman sebagai berikut:



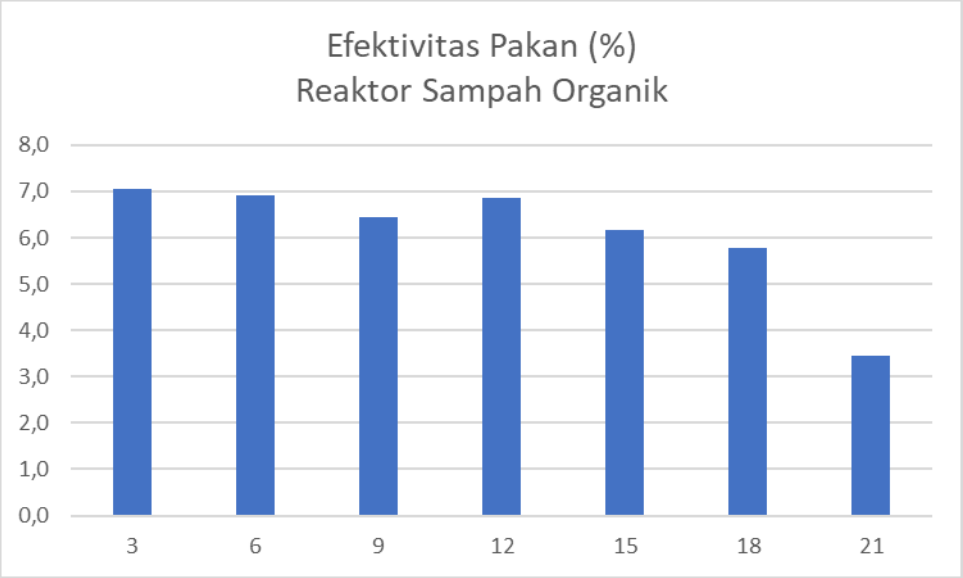
Gambar 4.3 Grafik Efektivitas Pakan Dedak

Berdasarkan hasil pengujian efektivitas pakan ulat jerman yang dilakukan mendapatkan hasil dari reaktor dedak dari hari ke 3 sampai hari ke 21 mendapatkan hasil yaitu pada hari ke 3 sebesar 5%, pada hari ke 6 sebesar 4,5%, pada hari ke 9 sebesar 4,3%, pada hari ke 12 sebesar 4%, pada hari ke 15 sebesar 4,1%, pada hari ke 18 sebesar 3,8% dan di hari ke 21 mendapatkan hasil sebesar 3,6%. dari data diatas didapatkan hasil pada hari ketiga efektivitas ulat jerman paling tinggi sebesar 5%.

Perbandingan penelitian terkait efektivitas pakan ulat jerman menggunakan media dedak sebagai berikut:

Table 4. 1 Perbandingan Efektivitas Pakan Dedak

Tujuan	Hasil Penulis	Penelitian terkait uji efektiftas pakan dedak
Uji efektivitas pakan media dedak	Hari-3 sebesar 5%	Menurut (Rohman, 2022) konsumsi pakan dedak selama 30 hari oleh ulat jerman mendapatkan rata-rata 3,8%.
	Hari-6 sebesar 4,5%	
	Hari-9 sebesar 4,3%	
	Hari-12 sebesar 4%	
	Hari-15 sebesar 4,1 %	
	Hari ke -18 sebesar 3,8%	
	Hari ke-21sebesar 3,6 %	



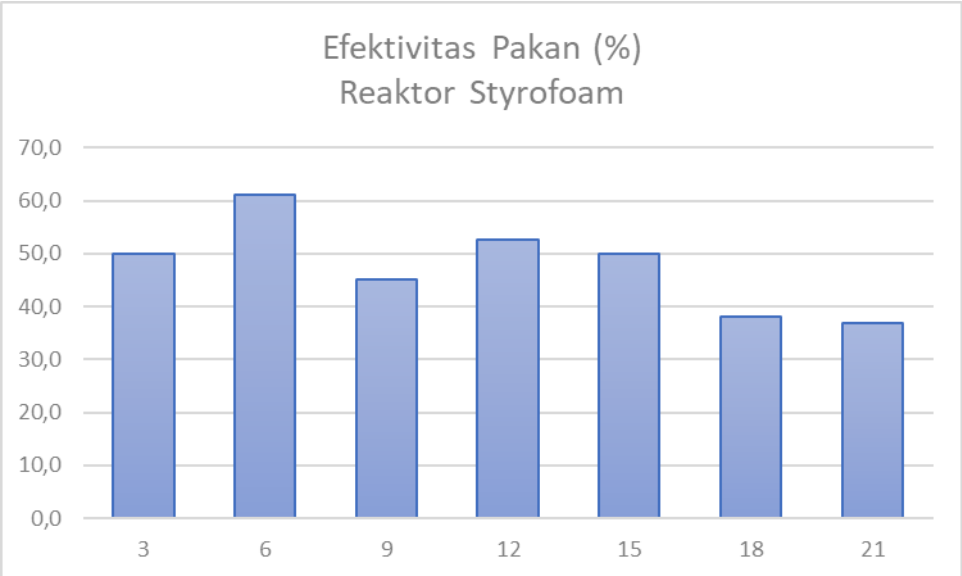
Gambar 4.4 Grafik Efektivitas Pakan Sampah Organik

Berdasarkan hasil pengujian efektivitas pakan ulat jerman yang dilakukan mendapatkan hasil dari reaktor sampah organik dari hari ke 3 sampai hari ke 21 mendapatkan hasil yaitu pada hari ke 3 sebesar 7%, pada hari ke 6 sebesar 6,9%, pada hari ke 9 sebesar 6,4%, pada hari ke 12 sebesar 6,8%, pada hari ke 15 sebesar 6,1%, pada hari ke 18 sebesar 5,7% dan di hari ke 21 mendapatkan hasil sebesar 3,4%. dari data diatas didapatkan hasil pada hari ketiga efektivitas ulat jerman paling tinggi sebesar 7%.

Perbandingan penelitian terkait efektivitas pakan ulat jerman menggunakan media sampah organik sebagai berikut:

Table 4. 2 Perbandingan Efektivitas Pakan Sampah organik

Tujuan	Hasil Penulis	Penelitian terkait uji efektiftas pakan Sampah organik
Uji efektivitas pakan media sampah organik	Hari-3 sebesar 7%	Menurut (Daniel, 2020) hasil rata-rata untuk pakan sampah organik adalah 10%.
	Hari-6 sebesar 6,9%	
	Hari-9 sebesar 6,4%	
	Hari-12 sebesar 6,8%	
	Hari-15 sebesar 6,1 %	
	Hari ke -18 sebesar 3,8%	
	Hari ke-21 sebesar 3,4 %	



Gambar 4.5 Grafik Efektivitas Pakan Styrofoam

Berdasarkan hasil pengujian efektivitas pakan ulat jerman yang dilakukan mendapatkan hasil dari reaktor sampah organik dari hari ke 3 sampai hari ke 21

mendapatkan hasil yaitu pada hari ke 3 sebesar 50%, pada hari ke 6 sebesar 61,1%, pada hari ke 9 sebesar 45%, pada hari ke 12 sebesar 52,6%, pada hari ke 15 sebesar 50%, pada hari ke 18 sebesar 38% dan di hari ke 21 mendapatkan hasil sebesar 36,8%. dari data diatas didapatkan hasil pada hari keenam efektivitas ulat jerman paling tinggi sebesar 61,1%.

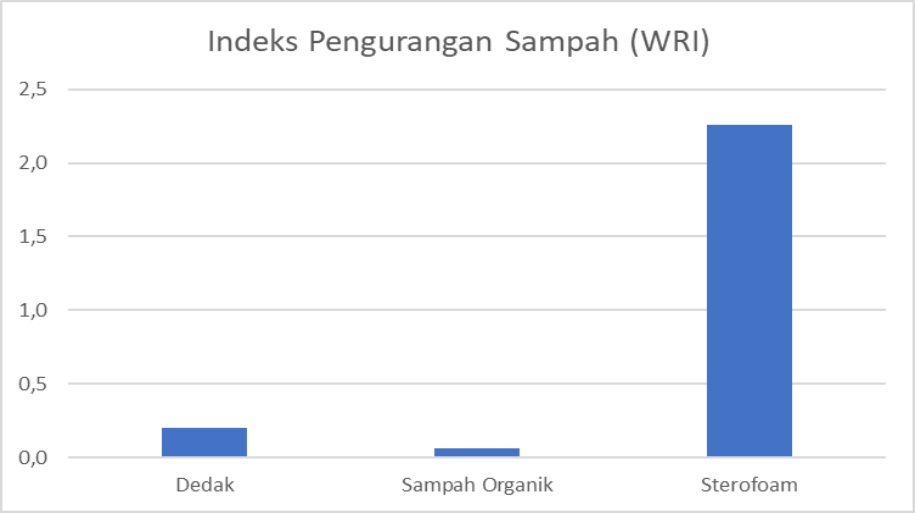
Perbandingan penelitian terkait efektivitas pakan ulat jerman menggunakan media sampah organik sebagai berikut:

Table 4. 3 Perbandingan Efektivitas Pakan Styrofoam

Tujuan	Hasil Penulis	Penelitian terkait uji efektivitas pakan dedak
Uji efektivitas pakan media styrofoam	Hari-3 sebesar 5%	-
	Hari-6 sebesar 4,5%	
	Hari-9 sebesar 4,3%	
	Hari-12 sebesar 4%	
	Hari-15 sebesar 4,1 %	
	Hari ke -18 sebesar 3,8%	
	Hari ke-21sebesar 3,6 %	

4.2.2 Indeks Pengurangan Sampah

Berdasarkan hasil pengujian indeks pengurangan limbah yang dilakukan di workshop Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Mendapatkan hasil dari pengujian indek pengurangan limbah sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik Indeks Pengurangan Sampah

Berdasarkan hasil dari gambar diatas untuk perhitungan indeks pengurangan limbah pada ketiga reaktor yaitu reaktor dedak, sampah organik dan styrofoam didapatkan hasil paling tinggi yaitu reaktor styrofoam. Reaktor dedak untuk pengujian indeks pengurangan limbah sebesar 0,20%, reaktor sampah organik sebesar 0,06% dan untuk reaktor styrofoam sebesar 2,26%.

Setelah didapat untuk hasil diatas, selanjutnya perbandingan indeks pengurangan sampah dengan media dedak, sampah organik dan styrofoam pada ulat jerman sebagai berikut:

Table 4. 4 Perbandingan Indeks Pengurangan Sampah (WRI)

No	Hasil Indeks Pengurangan Sampah (WRI) penulis	Hasil Indeks Pengurangan Sampah (WRI) penelitian terkait
1.	Hasil Indeks Pengurangan Sampah media dedak didapatkan sebesar 0,20%	Menurut (Yulianto, 2022) hasil WRI rata-rata untuk media dedak sekitar 0,60 – 0,75%.
2.	Hasil Indeks Pengurangan Sampah media sampah organik	Menurut (Putri, 2021) hasil WRI rata-rata untuk media sampah

	didapatkan hasil 0,06%	organik sekitar 0,45 – 0,65%.
3	Hasil Indeks Pengurangan Sampah media styrofoam didapatkan hasil sebesar 2,26%	Menurut (Hidayat, 2022) hasil rata-rata untuk media styrofoam sekitar 0,10 – 0,25%.

Dari tabel di atas menunjukan bahwa hasil rata-rata indeks pengurangan sampah dari penelitian ini masih rendah di media dedak dan sampah organik serta tinggi pada bagian styrofoam.

Interpretasi data indeks pengurangan sampah (WRI) pada ketiga reaktor sebagai berikut :

Table 4. 5 Interpretasi Indeks Pengurangan Sampah

No.	Media Pakan	Nilai WRI (%)	Kategori Efektivitas	Interpretasi	Sumber Pendukung
1	Dedak	0,2	Rendah	Aktivitas degradasi berjalan lambat namun stabil. Kandungan lignoselulosa pada dedak membuat proses penguraian membutuhkan waktu lebih lama, namun masih dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon.	Gali & Rajamani (2025)
2	Sampah Buah	0,06	Sangat Rendah	Proses degradasi berjalan sangat lambat. Kadar air tinggi dan pH asam dari buah menghambat aktivitas makan larva sehingga tingkat penguraian rendah.	Rakhmawati *et al*. (2021)
3	Styrofoam	2,26	Tinggi	Terjadi degradasi signifikan pada bahan polistirena. Menunjukkan kemampuan ulat Jerman beradaptasi dan menghasilkan enzim pendegradasi plastik.	Choi, Lee, & Chung (2020)

Table 4. 6 Kategori Rentang Indeks Pengurangan Sampah

Kategori	**Rentang WRI (%)**	**Deskripsi Umum**
Sangat Rendah	0,00 – 0,10	Aktivitas degradasi sangat minim, bahan tidak cocok atau sulit diurai.
Rendah	0,11 – 0,50	Degradasi berjalan lambat, namun stabil pada bahan dengan kadar serat sedang.
Sedang	0,51 – 1,50	Terjadi degradasi cukup baik, larva aktif dan kondisi media mendukung.
Tinggi	1,51 – 3,00	Penguraian signifikan; efisiensi pencernaan tinggi terhadap bahan kompleks.
Sangat Tinggi	> 3,00	Degradasi sangat cepat dan efisien; bahan sangat mudah diurai.

4.2.3 Kandungan Protein Pada Ulat Jerman

1. Kandungan Protein

Berdasarkan hasil uji kandungan protein pada ulat jerman yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Univeristas Islam Indonesia. Hasil dari pengujian kandungan nutrisi protein ulat jerman mendapatkan hasil sebagai berikut:

Table 4. 7 Perbandingan Protein dengan SNI 8137.1:2015

Reaktor	%Protein	Baku Mutu SNI 8137.1:2015 terkait Standar pakan ayam ras pedaging (Broiler)
	Hari-21	
Dedak	30,8	Minimum 22%
Sampah Organik	29,1	
Styrofoam	26,6	

Protein merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan pertumbuhan dan perkembangan ulat jerman. Kebutuhan protein yang diperlukan dalam perkembangan ulat jerman minimal kandungan protein kasar yang di konsumsinya sekitar 20% berdasarkan penelitian finke (2002). Kandungan protein ulat jerman bisa mencapai 46%, dimana protein penting sebagai sumber energi dan untuk pertumbuhan optimal ulat jerman. Protein pada ulat jerman yang diberi pakan sampah organik lebih tinggi dari pada styrofoam, karena sampah organik lebih mengandung protein dan lemak. Sampah organik seperti nanas, buah naga, pepaya, dan tebu memberikan nutrisi yang lebih banyak dan beragam sehingga meningkatkan kandungan protein dalam ulat jerman. Sebaliknya, styrofoam merupakan sampah anorganik yang tidak memiliki nutrisi yang beragam seperti sampah organik, styrofoam bahkan tidak memberikan nilai gizi. Styrofoam yang di makan oleh ulat jerman tidak benar-benar dicerna tetapi hanya dilubangi dan digerogoti, walaupun ulat jerman memakan styrofoam secara fisik hal tersebut dapat membuat kematian Sebagian ulat jerman hingga 10% (Khusniati *et al*.,

2023). Menurut (Rohman, 2022) dedak mengandung protein kasar sekitar 7, 20% karena hasil dari samping penggilingan padi yang mengandung nutrisi berupa protein dan energi. Kandungan protein ini cukup untuk mendukung pertumbuhan ulat jerman.

Berdasarkan Tabel 4.7 kandungan protein hasil uji protein ulat jerman pada hari ke 21 menunjukan bahwa kandungan protein ulat jerman pada media dedak mengandung protein 30,8%. Kandungan protein ulat jerman pada media sampah organik pada hari ke 21 sebesar 29,1% dan kandungan protein ulat jerman pada media styrofoam sebesar 26,6%. Hasil dari penelitian menunjukan bahwa ulat jerman pada reaktor dedak memiliki kandungan lebih tinggi dibanding ulat jerman pada reaktor dedak dan styrofoam.

Setelah didapat untuk hasil diatas, selanjutnya perbadingan kandungan protein dengan media dedak, sampah organik dan styrofoam pada ulat jerman sebagai berikut:

Table 4. 8 Perbandingan Protein dengan Penelitian Terdahulu

No.	**Jenis Media Pakan**	**Kadar Protein (%)**	**Keterahngan Singkat**	**Sumber / Referensi Jurnal**
1	Dedak padi / gandum (Wheat bran)	45 – 55	Pakan standar dengan nutrisi tinggi, mendukung pertumbuhan optimal larva.	Ng *et al*. (2009); Rumpold & Schlüter (2013)
2	Limbah buah / sayuran (Food waste)	40 – 50	Kandungan air tinggi, tetapi tetap mendukung sintesis protein.	Yang *et al*. (2021); Kurniawati *et al.* (2023)
3	Styrofoam (Polystyrene)	20 – 35	Pakan miskin nutrisi, hanya sebagian kecil nitrogen dimanfaatkan.	Yang *et al*. (2015); Brandon et *al*. (2018)

Dari hasil tabel diatas menunjukan bahwa hasil kandungan protein pada penelitian ini mendapatkan hasil dari ketiga jenis pakan ulat jerman dari dedak masih di bawah dari penelitian lain begitu juga dari sampah organik dan styrofoam.

Berdasarkan hasil pengujian protein pada setiap reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.6. Ketiga reaktor memiliki kandungan protein sebesar 30,8%±26,6%. Kadar protein ulat jerman yang di hasilkan untuk semua perlakuan telah memenuhi persayaratan kadar protein untuk pakan ayam ras pedaging menurut SNI 8137.1:2015 yaitu minimum 22%.

Selanjutnya adalah standar deviasi dari setiap sampel yaitu sampel dedak, sampah organik dan sampel styrofoam, sebagai berikut :

Table 4. 9 Standar Deviasi Protein

Jenis Sampel	Data 1	Data 2	Data 3	Rata-rata (%)	Standar Deviasi (s)
Dedak	31,1	37,5	23,6	30,73	6,96
Sampah organik (pepaya , nanas, buah naga dan tebu)	24,9	29,5	32,8	29,07	3,97
Styrofoam	22,4	30,4	26,8	26,53	4,01

4.3 Pengujian Pada Frass

4.3.1 Kandungan Nutrisi Pada Frass Ulat Jerman

1. Kandungan Nitrogen, C-Organik, Rasio C/N

Berdasarkan hasil uji kandungan nutrisi ulat jerman seperti nitrogen (N), rasio C/N dan C-Organik yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian pada kandungan ulat jerman mendapatkan hasil sebagai berikut:

Table 4. 10 Perbandingan Nutrisi Frass dengan SNI 7763:2018

Parameter	Hasil Analisa			
	Reaktor Dedak	Reaktor Sampah Organik (nanas,pepaya,naga,tebu)	Reaktor Styrofoam	Baku Mutu SNI 7763:2018 (tentang syarat pupuk organik padatan)
N	3,27	0,60	0,63	Min 2%
C-Organik	26,80	20,9	26,2	Min 15%
Rasio C/N	8,2	34,6	41,6	8 sampai 25
Kadar Air	16,45	9,71	12,43	Max 25
pH	6,99	6,88	7,0	4 sampai 9

Frass merupakan hasil dari degradasi makanan yang di makan oleh ulat jerman yang kemudian menjadi kotoran. Frast sendiri memiliki kaya akan unsur hara yang dimiliki seperti Nitrogen (N), C-Organik dan lain-lain. Frass direkomendasikan untuk menjadi pupuk organik dikarenakan kandungan nutrisi seperti nitrogen dan unsur hara lainnya yang baik dan membantu menyuburkan tanah dengan meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan memperbaiki struktur tanah (Raraningsih, 2024).

Kandungan nitrogen (N) pada frass berasal dari pakan yang dicerna oleh ulat jerman dan diolah oleh ulat jerman sebagai metabolit sisa yang bermanfaat untuk kesuburan tanah (Jalil, 2023). Menurut Heny *et al*., (2023) nitrogen merupakan unsur penting dalam tanaman, apabila tanaman yang memiliki ketersediaan N yang baik akan tumbuh dengan cepat dan membantu proses pelapukan lebih baik. kandungan nitrogen yang tinggi, yang berkontribusi pada pengurangan pencemaran nitrat di tanah (Setiawan *et al*., 2024). Kandungan nitrogen yang rendah akan berdampak pada tanaman menjadi kecil, daun menguning dan sistem perakaran terbatas sehingga menghambat hasil, sebaliknya kelebihan nitrogen menyebabkan pertumbuhan vegetatif menjadi berlebihan, memperlambat masa panen, mudah rebah (Kaya, 2013). Menurut (Noverita, 2005) pemberian dosis nitrogen yang optimal penting untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan menjaga keseimbangan penyerapan nitrogen di tanah. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil pengujian kadar nitrogen dari ketiga reaktor tersebut

pada reaktor dedak 3,27%, pada reaktor sampah organik 0,60% dan reaktor styrofoam 0,63%. Kandungan reaktor telah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan SNI 7763:2018 yaitu minimum 2%.

Setelah didapat untuk hasil diatas, selanjutnya perbandingan kandungan nitrogen dengan media dedak, sampah organik dan styrofoam pada ulat jerman sebagai berikut:

Table 4. 11 Perbandingan Nitrogen dengan Penelitian Terdahulu

No.	Jenis Media Pakan	Kadar Nitrogen (%)	Keterangan Singkat	Sumber / Referensi Jurnal
1	Dedak padi / gandum (Wheat bran)	7.0 – 8.8	Media standar tinggi protein; nitrogen tinggi mendukung pertumbuhan optimal.	Ng *et al.* (2009); Rumpold & Schlüter (2013)
2	Limbah buah / sayuran (Food waste)	6.4 – 8.0	Nitrogen cukup baik dari sisa organik buah/sayuran fermentatif.	Yang *et al*. (2021); Kurniawati *et al.* (2023)
3	Styrofoam (Polystyrene)	3.2 – 5.5	Nitrogen rendah karena pakan miskin nutrisi; hanya sebagian kecil nitrogen terserap.	Yang *et al*. (2015); Brandon *et al*. (2018)

Selanjutnya standar deviasi dari setiap sampel nitrogen yang telah diuji dari sampel dedak, sampah organik dan styrofoam sebagai berikut :

Table 4. 12 Standar Deviasi Nitrogen

Jenis Sampel	Data 1	Data 2	Data 3	Rata-rata (%)	Standar Deviasi (s)
Dedak	2	2,1	3,6	2,6	0,9
Sampah Buah	0,4	0,6	0,6	0,5	0,1
Styrofoam	0,9	0,4	0,5	0,6	0,3

Kandungan C-organik mempunyai manfaat dalam mendukung aktivitas mikroorganisme tanah yang membantu dekomposisi bahan organik dan penyediaan nutrisi bagi tanaman. Ketersediaan nitrogen dalam tanah bergantung pada C-organik, semakin tinggi C –organik maka semakin tinggi pula populasi bakteri N di dalam tanah (Simanungkalit *et al*., 2004). Hasil pengujian c-organik pada reaktor dedak sebesar 26,8%, pada reaktor sampah organik mendapatkan kandunga c-organik sebesar 20,9%, pada reaktor styrofoam mendapatkan sebesar 26,2%. Hasil pengujian c-organik telah sesuai dengan standar baku mutu SNI 7763:2018 yaitu minimum 15%.

Setelah didapat untuk hasil diatas, selanjutnya perbadingan kandungan C-organik dengan media dedak, sampah organik dan styrofoam pada ulat jerman sebagai berikut:

Table 4. 13 Perbandingan c-organik dengan Penelitian Terdahulu

No.	**Jenis Media Pakan**	**Kadar C-Organik (%)**	**Keterangan Singkat**	**Sumber / Referensi Jurnal**
1	Dedak padi / gandum (Wheat bran)	42 – 48	Mengandung karbon tinggi dari serat dan lignoselulosa dedak.	Ng *et al*. (2009); Fitriani *et al*. (2022)
2	Limbah buah / sayuran (Food waste)	38 – 45	Kandungan C-Organik sedikit lebih rendah karena kadar air tinggi.	Yang *et al*. (2021); Kurniawati *et al*. (2023)
3	Styrofoam (Polystyrene)	60 – 70	Karbon tinggi dari polimer, tetapi tidak seluruhnya dapat didegradasi menjadi C-organik aktif.	Yang *et al*. (2015); Brandon *et al.* (2018)

Selanjutnya standar deviasi dari setiap sampel c-organik yang telah diuji dari sampel dedak, sampah organik dan styrofoam sebagai berikut :

Table 4. 14 Standar Deviasi C-organik

Jenis Sampel	Data 1	Data 2	Data 3	Rata-rata (mg/g)	Standar Deviasi (s)
Dedak	283,8	360,3	161,1	268,4	100,489
Sampah Buah	183,3	245,6	197,3	208,7333	32,68583
Styrofoam	261,7	185,3	300,9	249,3	58,78911

Kandungan rasio C/N merupakan salah satu unsur hara yang bermanfaat pada tumbuhan. Menurut Yuniarti *et al*. (2019) apabila rasio C/N memiliki nilai yang rendah, kandungan tersebut optimal untuk pertumbuhan tanaman karena memiliki hara N yang tinggi. Kandungan rasio C/N yang tinggi akan menyebabkan pengomposan lebih lama dan menghasilkan kualitas kompos yang rendah (Arsyad, 2023). Hasil rasio C/N yang didapatkan pada reaktor dedak sebesar 8,2, reaktor sampah organik mendapatkan sebesar 34,6 dan untuk reaktor styrofoam mendapatkan 41,6. Hasil pengujian kandungan rasio C/N yang sesuai dengan standar baku mutu SNI 7763:2018 yaitu hanya reaktor dedak sedangkan reaktor sampah organik dan styrofoam tidak sesuai rentang standar baku mutu SNI 7763:2018 yaitu 8-25.

Dari ketiga reaktor tersebut, kandungan nutrisi seperti nitrogen dan c-organik telah memenuhi baku mutu SNI 7763:2018. Kandungan nutrisi pada frass yang tidak memenuhi baku mutu dari SNI 7763:2018 yaitu rasio C/N. Kandungan rasio C/N pada ketiga reaktor tersebut yang tidak memenuhi standar baku mutu yaitu makasimal 25 pada reaktor sampah organik sebesar 34,6 dan styrofoam 41,6. Frass ulat jerman adalah residu organik yang kaya akan unsur hara seperti nitrogen dan lain-lain yang bermanfaat untuk menyuburkan tanah. Kandungan c-organik yang tinggi juga menjadi sumber energi untuk mikroba tanah, sehingga membuat aktivitas mikroorganisme pengurai dan kesuburan tanah meningkat (Digitani IPB, 2025).

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Analisis Efektivitas dan Kandungan Nutrisi Ulat Jerman (*Zophobas morio*) dari Sampah, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. indeks pengurangan sampah oleh ulat jerman (WRI) pada ketiga reaktor yaitu reaktor dedak mendapatkan 0,2%, reaktor sampah organik mendapatkan sebesar 0,06% dan reaktor styrofoam mendapatkan 2,26%. efektivitas pakan ulat jerman untuk ketiga reaktor yaitu pada reaktor dedak sebesar hari ke 3 sampai hari ke 21 mendapatkan hasil yaitu pada hari ke 3 sebesar 5%, pada hari ke 6 sebesar 4,5%, pada hari ke 9 sebesar 4.3%, pada hari ke 12 sebesar 4%, pada hari ke 15 sebesar 4,1%, pada hari ke 18 sebesar 3.8% dan di hari ke 21 mendapatkan hasil sebesar 3,6%. reaktor sampah organik sebesar hari ke 3 sampai hari ke 21 mendapatkan hasil yaitu pada hari ke 3 sebesar 7%, pada hari ke 6 sebesar 6,9%, pada hari ke 9 sebesar 6,4%, pada hari ke 12 sebesar 6,8%, pada hari ke 15 sebesar 6,1%, pada hari ke 18 sebesar 5.7% dan di hari ke 21 mendapatkan hasil sebesar 3,4% dan reaktor styrofoam mendapatkan hasil sebesar hari ke 3 sampai hari ke 21 mendapatkan hasil yaitu pada hari ke 3 sebesar 50%, pada hari ke 6 sebesar 61,1%, pada hari ke 9 sebesar 45%, pada hari ke 12 sebesar 52,6%, pada hari ke 15 sebesar 50%, pada hari ke 18 sebesar 38% dan di hari ke 21 mendapatkan hasil sebesar 36,8%.

2. Kandungan nutrisi (protein) pada ulat jerman dari ketiga reaktor yaitu reaktor dedak, sampah organik dan styrofoam dengan kandungan protein berkisar 30,8%±26,6%. Kadar protein tersebut telah sesuai dengan SNI 8173-3-2015 yaitu Minimum 22%.

3. Kandungan nutrisi dari ketiga reaktor memiliki kandungan nutrisi seperti Nitrogen,C-Organik dan Rasio C/N pada masing-masing reaktor masih ada yang belum sesuai dengan baku mutu SNI 7763:2018. Kandungan Rasio C/N pada

reaktor sampah organik dan reaktor styrofoam tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan SNI 7763:2018.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya yang akan meneliti efektivitas ulat jerman dan kandungan nutrisi dari frass ulat jerman lakukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan kondisi terbaik bagi kelangsungan ulat jerman misalnya seperti ulat jerman tidak tahan terhadap suhu ruang yang panas serta ulat jerman tidak bisa memakan pakan yang memiliki kandungan air yang tinggi atau pakan yang basah. Menemukan kondisi kepadaran populasi ulat jerman ideal, ukuran dan umur ulat jerman serta menemukan kadar pH yang ideal dalam waktu pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

Arbi, A. (2019). Kajian pengelolaan sampah berbasis masyarakat. Jurnal Lingkungan dan Pengelolaan Sampah.

Arsyad, F., dkk. (2024). Pengaruh pemberian pupuk organik cair limbah udang-kotoran ayam dan pupuk kandang ayam broiler terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman sawi pada entisol.

Azwar, A. (1990). Pengantar ilmu kesehatan lingkungan. Jakarta: Rineka Cipta.

Dobiki, J. (2018). Analisis ketersediaan prasarana persampahan di Pulau Kumo dan Pulau Kakara. Jurnal Spasial.

Finke, M. D. (2002). Nutritional values of insects as food and feed.

Haris, A., Khusniati, M., Heriyanti, A. P., Fariz, T. R., & Tirtasari, N. L. (2024). Pemanfaatan larva ulat jerman (*Zophobas morio*) sebagai agen biodegradasi stirofoam yang ramah lingkungan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(2), 296–301. https://doi.org/10.14710/jil.22.2.296-301

Heny, A., *et al*. (2023). Pengaruh komposisi media biakan terhadap produksi segar, protein kasar, dan retensi nitrogen ulat jerman (*Zophobas morio*). Skripsi, Universitas Andalas.

Kaya. (2013). Peran nitrogen dalam pertumbuhan tanaman dan dampak pemupukan berlebihan. Jurnal Ilmu Tanah.

Khusniati, M., Jalil, A., *et al*. (2023). Pengaruh komposisi media biakan terhadap produksi segar, protein kasar, dan retensi nitrogen ulat jerman *(Zophobas morio*). Skripsi, Fakultas Peternakan, Universitas Andalas.

Noverita, S. V. (2005). Pengaruh konsentrasi pupuk pelengkap cair Nipka-Plus dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman baby kaylan secara vertikultur. Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian.

Nuraini. (2009). Ampas tahu sebagai contoh sumber protein tinggi dari sampah organik.

Putra, G. M., & Ma'rifah, A. (2022). Pengelolaan limbah dapur dengan pendekatan pengolahan terpadu ramah lingkungan: Studi kasus di lingkungan rumah tangga.

Raraningsih, S. D. (2024). Pemanfaatan ulat jerman (superworm) dalam pengolahan limbah organik dan potensi frass sebagai pupuk organik. Jurnal Penelitian Pertanian.

Rohman, F. (2022). Pengaruh pemberian media nutrisi yang berbeda terhadap pertambahan bobot badan, efisiensi pakan, dan daya hidup ulat jerman (*Zophobas morio*). Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan. Universitas Padjadjaran.

Rohmanna, N., Fitriana, N., dkk. (2023). Optimasi ekstraksi minyak dari larva black soldier fly (Hermetia illucens) dan potensi penggunaan frass ulat jerman sebagai pupuk organik. Jurnal Agroindustri, 14(1).

Santoso, E. P., Afrila, A., & Fitasari, E. (2017). Peningkatan produksi ulat jerman melalui kombinasi pemanfaatan limbah sayuran pasar pada formulasi media pakan yang berbeda. Jurnal SHES.

Setiawan, *et al*. (2024). Pengaruh dosis nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy. Jurnal GREEN.

Simanungkalit, R. D. M., Saraswati, R., Hastuti, R. D., & Husen, D. E. (2004). Bakteri penambat nitrogen. Balittanah Litbang Pertanian, 2(1), 27.

Subekti, S. (2009). Pengelolaan sampah rumah tangga 3R berbasis masyarakat. Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Sujarwo, T., Tristanti, & Widyaningsih. (2014). *Pengelolaan Sampah Organik & Anorganik*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Luar Sekolah, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Yogyakarta.

Yuniarti, A., Damayani, M., & Nur, D. M. (2019). Efek pupuk organik dan pupuk NPK terhadap kandungan C-organik, N-total, dan rasio C/N tanah serta serapan hara pada tanaman jagung di tanah inceptisol. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 24(1).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan Kandungan Protein Ulat Jerman

1. Kandungan Protein Ulat Jerman

Sampel	Kadar protein
Dedak	34,377
Sampah Buah	29,139
Sterofoam	24,628

Adapun rumus menghitung kadar protein menurut Association Of Official Agricurtural Chemist, (2005) adalah sebagai berikut :

$$\%N=\frac{(mLNaOH)\times(NNaOH)\times(14.800)}{\text{mg sampel}}\times 100\%$$

% Protein = % Factory konversi (6.25)

Keterangan

MlNaOH = Volume Titrasi Sampel – Volume Titrasi Blanko

NNaOH = N larutan

Diketahui

Ml NaOH = 10.85

NNaOH = 0.8

Penyelesaian :

$$\%N=\frac{(mLNaOH)\times(NNaOH)\times(14.800)}{\text{mg sampel}}\times 100\%$$

$$\%N=\frac{(10.85)\times(0.8)\times(14.800)}{1394.6}\times 100\%$$

%N = 0.8312

% Protein = % N × 6.25

= 0.8312 × 6.25 = 31.170 %

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Kandungan Nutrisi Frass Ulat Jerman

Parameter	Hasil Analisa			
	Reaktor Dedak	Reaktor Sampah organik	Reaktor Styrofoam	Baku Mutu SNI 7763:2018
N	2,89	0,69	0,46	Min 2%
C-Organik	22,20	21,2	22,3	Min 15%
Rasio C/N	7,7	30,7	48,6	Max 25
Kadar Air	16,45	9,71	12,43	8 sampai 25
pH	6,99	6,88	7,0	4 sampai 9

1. Kadar Air

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{(Cawan sebelum oven)-(Cawan setelah oven)}}{\text{(Cawan sebelum oven)-(Cawan Kosong)}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{(46.35)-(46.17)}{(46.35)-(45.25)} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = 16.32\ \%$$

2. Nitrogen

$$\text{N (\%)} = (\text{A ml} - \text{A1 ml}) \times 0.1026 \times 14 \times \frac{100}{\text{mg contoh} \times \text{fk}}$$

$$\text{N (\%)} = (0.95\ \text{ml} - 0.02\ \text{ml}) \times 0.1026 \times 14 \times \frac{100}{100 \times \frac{2028}{100-16.32}}$$

$$\text{N (\%)} = 4.035\ \%$$

3. C-organik

$$\text{C-Organik\%} = \textit{ppm kurva} \times \frac{100}{\text{mg contoh}} \times \frac{100}{1.000\ \text{ml}} \times \textit{fk}$$

$$\text{C-Organik\%} = \textit{72.45} \times \frac{100}{200} \times \frac{100}{1.000\ \text{ml}} \times \frac{100}{100-22.35} \times \textit{2}$$

$$\text{C-Organik\%} = 23.33\ \%$$

4. Rasio C/N

$$\text{Rasio C/N} = \frac{\text{C-organik \%}}{\text{N\%}}$$

$$\text{\Rasio C/N} = \frac{22.2\ \%}{2.9\%} = 7.6$$

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

Perbedaan sebelum dan sesuan Titrasi Protein

Reaktor Dedak

Reaktor Sampah organik

Reaktor Styrofoam

Destilasi Protein

Perbedaan Titrasi sebelum dan sesudah Nitrogen

Proses Pemanasan sampel untuk uji Kandungan Protein

RIWAYAT HIDUP

Ahmad Sajid Al-Farrasi merupakan penulis yang lahir di Timika, 19 Juli 2003. Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara yang lahir dari orang tua bernama Suryadi dan Umi Famiati. Penulis memulai pendidikan di Tk Yayasan Pendidikan Jayawijaya (YPJ) dan melanjutkan sekolah dasar di SD YPJ Kuala Kencana. Pendidikan selanjutnya penulis bersekolah di Madrasah tsanawiyah Pondok Pesantren Modern Islam Assalaam dan Madrasah Aliyah Pondok Pesantren Modern Islam Assalaam. Penulis menempuh pendidikan strata-1(S1) di program studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Selain berprestasi dalam bidang akademik, penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan di non-akademik.